

GRB 系統編號：PG11105-0073
機關計畫編號：111-MOL-010301

111 年度「人與機械人協作趨勢與 勞動權益保障之國際經驗研析」

勞動部編印

中 華 民 國 1 1 2 年 3 月

111年度「人與機械人協作趨勢與 勞動權益保障之國際經驗研析」

受委託單位：社團法人勞動與發展協會

研究主持人：辛炳隆

協同主持人：陳秋蓉、林金玲、葉俊偉

研究期程：中華民國111年04月至112年01月

勞動部委託研究報告
中華民國112年03月

（本報告內容純係作者個人之觀點，不應引申為本機關之意見）

摘要

本計畫旨在藉由文獻蒐集、問卷調查、企業深度訪談研析人與機器人協作於我國發展現況與趨勢，以及所面臨之勞動條件與工作環境改變、人力資源及職能需求變動與職業安全衛生等影響，進行勞動權益議題之分析。再透過三場專家諮詢會議蒐集各面向可能產生之問題與解決策略，進而提出有關勞動權益保障之政策建議。

透過文獻蒐集可以得知在工業 4.0 的趨勢影響下，許多國家產業對於人機協作的應用已經擴增不同場域，例如製造業、餐飲業、醫療業等等。而由於各國對於人機協作的主题多集中在職業安全衛生規定，故第三章主要蒐集各國個別企業經驗作為國際資料來源，從中了解協作機器人在勞動現場可以提供人員甚麼協助，以及對勞工工作條件與環境產生的影響。第四章則是蒐集各先進國家整合各項產、官、學、訓等資源，投入人機協作等各項新興科技之相關措施；例如德國預計於 2025 年產生 96 萬個工作機會，極力協助勞工轉型成為較高技術等級的工作。最後，第五章整理各國對於協作機器人於產業應用時所應注意之相關安全規範。

從問卷調查及企業深度訪談可以得知我國的兩產業(包含電子零組件製造業及金屬製品製造業)的協作機器人導入情形，情形為導入協作機器人企業的比例較低，而企業未導入協作機器人的主要原因是「工作內容無法使用人機協作取代」。至於人機協作工作模式針對三個面向的影響略述如下：第三章的發現為(1)對勞動條件之影響，主要是工作負荷之減輕；(2)對工作環境之影響較不明顯或難以觀察；(3)企業導入人機協作較不見一般對於自動化導致科技性失業的疑慮。第四章的發現為(1)人機協作對於企業人力資源策略的變化，受到「企業規模」及「運用人機協作的基本思維」兩個關鍵因素很大的影響；(2)人機協作的定義若採取廣義角度，將人機協作中「機器」的形式更加擴展；(3)大企業經驗能作為導入人機協作後人力資源發

展的借鏡。第五章的發現為(1)企業導入協作機器人減少職業災害或不變。在職業疾病方面，人因性危害最為顯著；職業傷害則是以夾傷、撞傷、壓傷之減少較明顯；(2)企業對於現行工業用機器人危害預防標準的遵守方面，多數表示無窒礙難行之處。至於針對人機協作應用設計的七項安全評估報告，推測執行撰寫報告之情形並不普遍；(3)對於勞工心理的影響，問卷調查顯示多無負面影響，惟個案企業的勞工於訪談時有不同表示。認為在導入之初，的確產生被機器取代工作的擔心，以及對於新技術能否勝任的壓力。

根據上述研究結論，本計畫對於勞工工作環境與勞動條件方面提出三項建議：1.加強宣傳企業建立溝通管道的重要性；2.協助企業擬定設備整合規劃，縮短導入人機協作的摸索期；3.探詢弱勢就業者之需求，提供人機協作相關之訓練機會。就企業人力資源發展與職能需求方面提出四項建議：1.針對各種不同面向進行探究與分析；2.建立職能內容、職能標準與課程地圖；3.提出更積極完整的法規制度與配套措施；4.善用各項政策工具，提出不同的策略方案。最後就職業安全衛生方面提出四項建議：1.強化業界對於人機協作的認知；2.加強人機協作於職業安全衛生的適法性與驗證；3.建議研究人機協作互動樣態與職業安全衛生相關議題；4.深入探討人機協作對職業安全衛生的實際影響。

目錄

摘要.....	i
目錄.....	iii
圖次.....	v
表次.....	vii
第一章 緒論	11
第一節、研究緣起與目的	11
第二節、研究內容.....	12
第三節、研究方法與步驟	13
第四節、章節安排.....	34
第二章 人機協作之發展趨勢	35
第一節、人機協作的內涵與興起背景	35
第二節、主要先進國家推動人機協作的發展現況與趨勢	41
第三節、我國人機協作的現況與未來發展趨勢	58
第四節、小結.....	90
第三章 人機協作對勞工勞動條件與工作環境之影響與因應	92
第一節、國際與主要先進國家經驗之蒐集分析	93
第二節、我國人機協作對勞動條件與工作環境影響之現況與問題分析	132
第三節、問題及因應策略	156
第四節、小結.....	160
第四章 人機協作對人力及職能需求的影響與因應	162
第一節、國際與主要先進國家經驗之蒐集分析	163
第二節、我國人機協作對人力及職能需求影響之現況與問題分析	177
第三節、問題及因應策略	206
第四節、小結.....	214

第五章 人機協作對職業安全衛生的影響與因應	216
第一節、國際與主要先進國家經驗之蒐集分析	217
第二節、我國人機協作對職業安全衛生影響之現況與問題分析	257
第三節、問題及因應策略	283
第四節、小結	287
第六章 結論與建議	292
第一節、結論	292
第二節、建議	303
第三節、研究限制與後續研究建議	310
參考文獻	311
附錄 1、問卷題目設計	326
附錄 2、交叉分析表	336
附錄 3、初步深度訪談題目大綱	375
附錄 4、初步深度訪談紀錄	377
附錄 5、企業深度訪談紀錄	399
附錄 6、勞工深度訪談紀錄	437
附錄 7、專家諮詢會議紀錄	444
附錄 8、期中報告審查會議紀錄	477
附錄 9、期中審查意見修正情形二欄表	484
附錄 10、期末報告審查會議紀錄	489
附錄 11、期末審查意見修正情形二欄表	494

圖次

圖 1-1	研究步驟圖	33
圖 2-1	人與機器人協作之範疇	39
圖 2-2	2021 年全球製造業機器人密度	43
圖 2-3	YuMi IRB 14000 協作型機器人	45
圖 2-4	Mech-Mind AI+3D Industrial Robot Solution	45
圖 2-5	使用 Pickit 3D 視覺系統裝附冰箱門	46
圖 2-6	在 Gusto 家庭餐廳的 BellaBot	46
圖 2-7	顧客與 Pepper 用一般會話溝通之情形	47
圖 2-8	2014 年至 2018 年德國產業外延邊際增長趨勢	48
圖 2-9	LBR iiwa 協作型機器人	49
圖 2-10	KMR iiwa 無人搬運車	49
圖 2-11	賓士 EQS AR 系統	50
圖 2-12	汽車生產線中的點焊機器人	51
圖 2-13	Amazon Proteus robot	52
圖 2-14	Amazon AR ID	53
圖 2-15	ReWalk 穿戴式外骨骼	53
圖 2-16	Moxi 機器人	54
圖 2-17	「起源計畫」車輛模擬敵方機器人	55
圖 2-18	美國陸軍協會展出的武裝四足機器人	56
圖 2-19	「行政院生產力 4.0 發展方案」6 項主軸策略	58
圖 2-20	發展智慧聯網與人機協作架構	60
圖 2-21	免模具金屬鈑件摺邊機器人	61
圖 2-22	類人雙臂機器人	61
圖 2-23	上銀科技餅乾包裝自動化生產線	65
圖 2-24	上銀科技 SCARA 機器人	65
圖 2-25	上銀科技 Delta 機器人	65

圖 2-26	Cubot ONE AMR.....	66
圖 2-27	國防部外骨骼動力服.....	67
圖 2-28	導入協作機器人的年份.....	83
圖 3-1	RITA 在生產線上，幫助組裝汽車的預裝.....	105
圖 3-2	協作機器人手臂在汽車生產線上，將汽車表面進行打磨..	107
圖 3-3	協作機器人進行車門門板的安裝作業.....	109
圖 3-4	協作機器人進行引擎蓋的安裝作業.....	109
圖 3-5	操作員進行施紬塑型作業的測試.....	111
圖 3-6	醫師使用控制台操作的情形.....	113
圖 3-7	員工使用操作介面操縱機械手臂.....	114
圖 3-8	機器人按摩師 Emma.....	119
圖 3-9	章魚燒機器人 OctoChef.....	122
圖 3-10	協作機器人進行填充後壓接作業.....	125
圖 3-11	協作機器人透過簡易的操作介面使員工快速上手.....	125
圖 3-12	員工使用操作介面設定機器人運行.....	127
圖 3-13	協作型機器人操作完整的射出成型機械流程.....	128
圖 3-14	達文西手術機器人三個組成部分.....	130
圖 3-15	生產機械手臂工件的自動化生產線.....	138
圖 3-16	生產機械手臂中內氣壓缸的工站.....	139
圖 3-17	人員施作螺絲鎖附的動作.....	140
圖 4-1	日本政府描繪的機器人產業革命－聚焦製造業.....	171
圖 4-2	我國三階段人口推估圖.....	178
圖 4-3	我國高齡化時程推估圖（2022）.....	179
圖 4-4	2022-2024 年智慧機械產業發展趨勢對人才發展的需求示意	208

表次

表 1-1	全體有效樣本導入協作機器人之情形	15
表 1-2	企業產業別分布(全體)	16
表 1-3	企業規模分布(全體)	17
表 1-4	企業所在地區(全體)	17
表 1-5	企業產業別分布(未導入協作機器人)	18
表 1-6	企業規模(未導入協作機器人)	18
表 1-7	企業所在地區(未導入協作機器人)	19
表 1-8	企業員工年齡層分布(未導入協作機器人)	19
表 1-9	企業員工相對老化程度(未導入協作機器人)	20
表 1-10	企業產業別分布(已導入協作機器人)	20
表 1-11	企業規模(已導入協作機器人)	21
表 1-12	企業所在地區(已導入協作機器人)	21
表 1-13	企業員工年齡層分布(已導入協作機器人)	22
表 1-14	企業員工相對老化程度(已導入協作機器人)	22
表 1-15	初步訪談企業名單整理表	25
表 1-16	個案企業深度訪談名單整理表	26
表 1-17	專家諮詢會議出席名單	32
表 2-1	協作機器人與傳統工業機器人之比較	38
表 2-3	事業單位整體生產過程由傳統工業機器人來完成的比例	73
表 2-4	是否會擔心事業單位競爭力不足	73
表 2-5	擔心事業單位競爭力不足的原因(複選題)	74
表 2-6	是否因擔心競爭力不足而採行因應措施	74
表 2-7	事業單位擔心競爭力不足而採行的因應措施(複選題)	75
表 2-8	事業單位對於競爭力不足所採行的因應措施之效果	75
表 2-9	未導入協作機器人的原因(複選題)	76
表 2-10	未導入協作機器人的最主要原因	77

表 2-11	未來是否會採行人機協作	78
表 2-12	事業單位預期人機協作模式帶來的效益(複選題)	78
表 2-13	政府提供協助的種類(複選題)	79
表 2-14	新冠肺炎是否會加速人機協作的進程	79
表 2-15	事業單位整體生產過程由傳統工業機器人來完成的比例交叉分析表	80
表 2-16	未來事業單位是否會考慮採行人機協作的工作模式交叉分析表	81
表 2-17	未來導入協作機器人，需要政府提供何種協助交叉分析表	82
表 2-18	協作機器人數量(1/2)	83
表 2-19	協作機器人數量(2/2)	84
表 2-20	生產過程由協作機器人來完成的比例	84
表 2-21	協作機器人的種類(複選題)	85
表 2-22	協作機器人的用途(複選題)	86
表 2-23	人機協作模式穩定所需時間	86
表 2-24	導入協作機器人的原因(複選題)	87
表 2-25	未能得到預期效果的主因(單選)	87
表 3-1	日本三家製造業工廠導入人機協作之效果	116
表 3-2	日本兩家服務業廠商導入人機協作之效果	121
表 3-3	產線員工的工作環境是否產生改變	147
表 3-4	產線員工的工作環境產生的改變(複選)	147
表 3-5	產線員工的工作型態與內容的改變(複選題)	148
表 3-6	導入人機協作前是否對產線員工進行說明	148
表 3-7	產線員工出現擔心或反彈的反應	149
表 3-8	員工能否適應人機協作模式	149
表 3-9	對不適應的員工所提供的協助(複選題)	149

表 3-10	基層人力投入減少情形	150
表 3-11	基層人力投入減少的情形(百分比群組)	150
表 3-12	基層人力投入減少的情形(依填答者回答列表)	151
表 3-13	減少人力是否發生的勞資爭議	151
表 3-14	導入人機協作後員工的勞動條件有無調整	152
表 3-15	對勞動條件調整情形 (複選題)	152
表 3-16	專家諮詢座談會專家名單及單位職稱 (依姓名筆畫排序)	152
表 4-1	ARM 所列三種不同層級工作之職能內涵	165
表 4-2	我國以數位科技解決工作年齡人口減少與老化優先議題之重要政策	180
表 4-3	既有基層員工的人力需求改變	193
表 4-4	多餘人力的安排(複選題)	194
表 4-5	教育訓練(複選題)	194
表 4-6	原有生產線員工的職能需求改變	195
表 4-7	原有生產線員工的職能需求改變種類 (複選題)	196
表 4-8	新職能需求的應對措施 (複選題)	197
表 4-9	人機協作後，新招募的員工職能需求有無改變	197
表 4-10	新招募員工的職能需求改變項目 (複選題)	198
表 4-11	導入人機協作後，公司有無產生新職務	198
表 4-12	導入人機協作後產生的新職務職稱項目 (複選題)	199
表 4-13	導入人機協作後，公司有無特別考量科系	199
表 4-14	會考慮優先聘用的科系 (複選題)	200
表 4-15	導入人機協作後，公司有無增設的新部門	200
表 4-16	會考慮增設的新部門 (複選題)	201
表 4-17	專家諮詢座談會專家名單及單位職稱 (依姓名筆畫序)	203
表 4-18	智慧機械相關職能基準排序	210

表 5-1	ISO10218-1:2011 關於協同機器人單機之安全要求(章節 5.10)	224
表 5-2	ISO10218-2:2011 關於協同機器人系統之安全要求(章節 5.11)	225
表 5-3	安全額定監控停止對照表	230
表 5-4	ISO15066:2016 關於協同機器人系統之設計要求(章節 4)..	232
表 5-5	協作機器人的內建安全裝置(複選題)	274
表 5-6	協作機器人的外部安全措施	274
表 5-7	協作機器人的外部安全措施(複選題)	274
表 5-8	「工業用機器人危害預防標準」規定窒礙難行之處	275
表 5-9	七項安全評估報告對於公司的指引效果	276
表 5-10	人機協作工作模式對職業災害的影響	276
表 5-11	人機協作工作模式減少的職業災害(複選題)	277
表 5-12	人機協作工作模式是否對勞工的心理造成負面影響	278
表 5-13	人機協作工作模式對勞工的心理負面影響(複選題)	278
表 5-14	專家諮詢座談會專家名單及單位職稱（依姓名筆畫序）	278
表 5-15	個案企業訪談與問卷調查分析	288
表 5-16	專家意見彙整	289
表 6-1	各主題建議整理表格	308

第一章 緒論

第一節、研究緣起與目的

自 1960 年代第一台工業機器人在美國誕生，機器人已發展超過 60 年，而隨著數位科技的發展，人類對機器人的運用模式也明顯改變。過去工業機器人主要應用於生產線自動化，亦即透過「人機分工」，勞動者與機器人分開的製造場域，生產期間各司其職無須互動。例如「無人工廠」、「關燈工廠」，即是完全以機器進行大量生產、標準化的供應鏈，是機器人與勞動者實體隔離的作業模式。雖然自動化技術可以提高生產效率，但隨著少量多樣、彈性生產需求席捲製造業，傳統生產模式慢慢轉為接獲訂單才開始生產製作的按需製造模式。為因應市場變化，「人機協作」(Human-robot collaboration, HRC) 的製造模式開始被廣泛討論，而企業也開始導入人機協作機器人 (Collaborative Robot, Cobot)。

在「人機協作」的工作模式之下，勞動者與協作機器人在特定應用中，必須同一時間在同一工作區內互動，並且透過經驗及工作交流，使機器可依據人類導入的資訊及流程執行作業，而人類再根據機器產出的成果進行調整，最後形成一種人機互動的協作模式。如此可以兼具人的彈性思考、靈活判斷，以及協作機器人的精準度與品質。對於企業來說，採用人機協作模式能大幅縮短工作時程、提高準確度、節省企業人力成本，最終產出更具人性化的產品設計與服務，故逐漸受到市場青睞。根據工研院的分析，2020 年全世界導入人機協作的比例約 5%，未來 5 年內有協同作業需求的場域將成長至 23%。此外，工研院產業科技國際策略發展所的分析也指出協作機器人全球市場規模由 2015 年 4,432 台增加為 2022 年 18,000 台。

當人機協作模式逐漸被運用於工作場域，雖可帶來產業革新，提高生產效率與滿足客製化需求，但衍生的勞動議題卻不容忽視。

首先人機協作對於人力與職能需求的影響，亦即一方面是否產生新的人才需求而有新的職務、工作釋出；另一方面原先較低技術的工作是否會因此流失。其次，人機協作的模式有別於自動化機器，採取嚴格劃分機器與人類工作場域範圍以減少危害，人機協作係透過視覺、觸覺科技等感應裝置避免在人機協作的操作過程中對人體造成傷害。因此，現階段須檢視的是國內工業用機器人危害預防標準對於勞動者工作實務上是否有足夠的保障，以及人機協作模式所可能衍生的勞動環境與條件變化之議題亦是相關單位未來必須面對的重要課題。

基於上述研究背景，本研究旨在研析機械人協作於我國發展趨勢以及面臨之勞動條件與工作環境改變、人力資源及職能需求變動與職業安全衛生等影響，進行勞動權益議題之分析。並綜合評估各面向產生之問題與解決策略，提出有關勞動權益保障之政策建議。

第二節、研究內容

為達成上述研究目的，本研究主要研究內容如下：

- 一、蒐集國際組織及各國有關人機協作之發展趨勢，面臨之勞動條件與工作環境改變、人力資源及職能需求變動與職業安全衛生等各面向產生之問題與政府相關勞動政策與協助措施。
- 二、了解我國目前主要導入人機協作之製造業，有關應用協作機器人之情形、產生之問題，及其對於勞動市場之影響。
- 三、綜合評估機械人協作於我國發展趨勢以及面臨之勞動條件與工作環境改變、人力資源及職能需求變動與職業安全衛生等各面向產生之問題與解決策略，提出有關勞動權益保障之政策建議。

第三節、研究方法與步驟

一、研究方法

(一) 文獻蒐集

本研究的文獻蒐集將分成國外文獻與國內文獻二部分。在國外文獻部分，首先是針對人機協作的全球發展趨勢與可能衍生的勞動議題，蒐集相關文獻與統計數據；其次是針對美國、德國、日本及韓國等在人機協作發展較為先進的國家，蒐集相關文獻，以瞭解人機協作對這些國家的勞動條件、工作環境、人力供需調整、職能需求與職業安全衛生所產生的影響，以及上述國家的政府為因應這些影響所採行的勞動政策與協助措施之實施經驗。由於上述國家對人機協作的應用已不侷限於工業領域，也擴及服務業領域，故本研究在這方面的文獻蒐集也同時包含工業型及服務型協作機器人。除個別國家的文獻蒐集外，本研究也將就相同議題蒐集國際勞工組織、歐盟、OECD 等國際組織出版的文獻與統計資料，包括相關公約與建議書。

國內文獻部分，本研究主要是針對人機協作在我國的發展趨勢、面臨之勞動條件及工作環境改變、人力及職能需求變動與職業安全衛生等影響，蒐集相關文獻與統計資料。與其他國家相似，服務型協作機器人於我國非製造業中的應用亦相當廣泛，如醫療產業、支援服務業等。故在我國的發展趨勢中亦加入我國服務業對於協作機器人應用情形之探討。

(二) 問卷調查

1. 調查對象與主要項目

由次級資料得知金屬製造業與電子零組件製造業是國內人機協作應用面最廣的二個產業。因此，本研究針對該等產業的企業進行問卷調查，調查對象包含已經導入與未導入的廠商。問卷調查的題項設計的依據是依照不同主題之文獻蒐集的內容與初步深度訪談內容，透過初步深度訪談的受訪者所給予之回答來推斷採用人機協作的企業可能遇到的情況，再將其內容轉化為問卷題項。

問卷調查內容，除受訪廠商基本資料外，針對已經導入的廠商，除了基本資料，主要調查項目對應到本研究所欲探究的各個議題，分為四個部分（1）公司導入協作機器人之情形：主要探詢公司導入協作機器人的用途、類型與數量、預期效果、是否達到預期效果等；（2）人機協作模式對勞動者工作環境及工作型態之改變與因應：主要探詢導入人機協作後員工的工作環境、工作內容與類型、員工的反應與勞資關係方面的變化等；（3）人機協作之導入對於企業人力資源發展策略及職能需求之變化與因應：主要探詢導入人機協作後對於人力需求、職能需求、對新聘人員的專業背景需求；（4）人機協作之導入對於企業職業安全衛生措施之變化與因應：主要探詢導入人機協作後對員工職業災害發生、員工心理方面的影響，以及現行「工業用機器人危害預防標準」相關規定之執行情形等。（完整問卷題目設計見附件 1）

針對未導入的廠商，除了基本資料，主要調查項目分為兩個部分：（1）企業概況：主要欲了解企業整體生產過程使用傳統工業機器人之情形、未導入協作機器人的情況下，是否會擔

心公司競爭力與同業相比較為不足，對此是否採取因應措施；

(2) 對人機協作生產模式之看法：主要欲了解公司未導入協作機器人的主因、未來導入人機協作的可能性與需要政府提供的協助。(完整問卷題目見附件 1)

2. 抽樣與問卷回收情形

本研究問卷調查將金屬製造業與電子零組件製造業二項產業之勞保投保單位名冊為抽樣架構進行抽樣，樣本分配是以所在地區與企業規模為準，其中所在地區將分為北中南三區，企業規模將分為大型企業、中型與小型企業三類。依需求書規定有效樣本數不得少於 1000 份，而為配合本研究研究主旨，問卷調查對象應包含有導入者與未導入者。由於國內目前實際上有導入人機協作的廠商並不多，故在問卷調查進行過程中較難調查到這類受訪者，惟為確保有足夠樣本可供分析，本研究對於有導入人機協作的企業設定最低回收有效樣本數為 100 份。

(1) 全體有效樣本基本屬性

本研究對企業的電話訪問調查總共撥號 7,471 筆，排除訪問失敗與無效電話後，共計訪問成功 1,065 筆有效樣本，其中有導入協作機器人的企業為少數，只有 103 家，占比約 9.7%；而尚未導入者為 962 家(占比 90.3%)。(如下表 1-1 所示)

表 1-1 全體有效樣本導入協作機器人之情形

	家數	有效百分比
有導入	103	9.7%
未導入	962	90.3%
總計	1065	100%

就產業別，本次問卷發放對象以電子零組件製造業及金屬製品製造業兩個產業的事業單位為對象，在抽樣及回收上希望平均分配，故整體有效回收問卷裡兩個產業大致各占一半。從細分類來看「其他電子零組件製造業」的事業單位數量較多，占全體 35.2%；其次分別為「其他金屬製品製造業」(占 22.5%)、「金屬加工處理業」(占 13.3%)，金屬容器製造業比例最少，僅有 0.8%。(見下表 1-2)

表 1-2 企業產業別分布(全體)

選項(產業別細分類)	家數	有效百分比
金屬製品製造業	545	51.2%
金屬刀具、手工具及模具製造業	130	12.2%
金屬結構及建築組件製造業	44	4.1%
金屬容器製造業	8	0.8%
金屬加工處理業	130	12.2%
其他金屬製品製造業	233	21.9%
電子零組件製造業	520	48.8%
半導體製造業	23	2.2%
被動電子元件製造業	40	3.8%
印刷電路板製造業	54	5.1%
光電材料及元件製造業	28	2.6%
其他電子零組件製造業	375	35.2%
總計	1065	100%

就企業規模，回收問卷中以不到 100 人的公司規模數量最多，共有 812 家(占 76.2%)。其次則是 100 人以上不到 200 人的公司共有 151 家(占 14.2%)，200 人以上的企業則有 102 家(占 9.6%)。(見下表 1-3)

表 1-3 企業規模分布(全體)

選項(員工人數)	家數	有效百分比
不到 100 人	812	76.2%
100 人以上不到 200 人	151	14.2%
200 人以上	102	9.6%
總計	1065	100%

就企業的所在地，回收的問卷若將縣市以北部、中部、南部作區分，受訪公司最多屬於北部地區，共 460 家(占 43.2%)。其次是中部地區(占 28.4%)；南部地區占了 28.2%。(見下表 1-4)

表 1-4 企業所在地區(全體)

選項(縣市別)	家數	有效百分比
北部地區	460	43.2%
中部地區	302	28.4%
南部地區	300	28.2%
東部地區(宜蘭縣)	3	0.3%
總計	1065	100%

(2) 未導入協作機器人之企業樣本基本屬性

在問卷回收的 962 家未導入協作機器人之企業中，就產業別，金屬製品製造業及電子零組件製造業回收有效問卷各占一半。其中小分類以「其他電子零組件製造業」之樣本數最多，占了 38%，其次為「其他金屬製品製造業」，占了 20%。最少的是金屬容器製造業，僅有 0.8%。(見下表 1-5)

表 1-5 企業產業別分布(未導入協作機器人)

選項(產業別細分類)	家數	有效百分比(%)
金屬製品製造業	463	48.1
金屬刀具、手工具及模具製造業	113	11.7
金屬結構及建築組件製造業	39	4.1
金屬容器製造業	8	0.8
金屬加工處理業	111	11.5
其他金屬製品製造業	192	20.0
電子零組件製造業	499	51.9
半導體製造業	23	2.4
被動電子元件製造業	38	4.0
印刷電路板製造業	48	5.0
光電材料及元件製造業	24	2.5
其他電子零組件製造業	366	38.0
總計	962	100.0

就企業規模，回收問卷中以員工人數不到 100 人的企業規模最多，占了全體 77.5%。員工人數 200 人以上最少，僅占 9.1%。(見下表 1-6)

表 1-6 企業規模(未導入協作機器人)

選項(員工人數)	家數	有效百分比(%)
不到 100 人	746	77.5%
100 人以上不到 200 人	128	13.3%
200 人以上	88	9.1%
總計	962	100%

就企業的所在地，回收問卷以北部地區數量最多，約占 45.6%；其次為南部地區(占 27.1%)；中部地區的事業單位與南部地區相差無幾(占 26.9%)。(見下表 1-7)

表 1-7 企業所在地區(未導入協作機器人)

選項(縣市別)	家數	有效百分比(%)
北部地區	439	45.6
中部地區	259	26.9
南部地區	261	27.1
東部地區	3	0.3%
總計	962	100.0

若以企業受僱員工年齡分布來看，年齡層群組分別為「30 歲以下」、「31-44 歲」、「45-54 歲」、「55 歲以上」，企業員工年齡層落在「31-44 歲」的百分比，平均值約為 39.25%，高於其他三個年齡層群組（見下表 1-8）。為了使年齡層分佈更能呈現事業單位員工老化程度，將「45-54 歲」、「55 歲以上」的比例相加，形成一個新變項「45 歲以上」，並取得此新變項的中位數為 40(%)。將此中位數當作基點，檢視企業員工落在「44 歲以上」此新變項的占比，小於中位數者歸類為「較年輕」；大於中位數的樣本歸類為「較老化」。從表 1-9 可以看出整體樣本年齡層的被歸類為較為老化的企業數量超過半數，共有 572 家，占了 59.5%。(見下表 1-9)

表 1-8 企業員工年齡層分布(未導入協作機器人)

單位：百分比

	30 歲以下	31-44 歲	44 歲以上		
				45-54 歲	55 歲以上
未導入協作機器人的事業單位	15.86	39.25	44.89	28.79	16.20

表 1-9 企業員工相對老化程度(未導入協作機器人)

選項(年齡別)	家數	有效百分比
較老化	572	59.5%
較年輕	390	40.5%
總計	962	100%

(3) 已導入協作機器人之企業樣本基本屬性

在已導入協作機器人的 103 份有效回收問卷中，就產業別來看，以金屬製品製造業的企業 82 家為多數，約占八成；電子零組件製造業的企業則是僅有 21 家，約占兩成。問卷中所有已導入協作機器人的企業中，以細分類來看又以其他金屬製品製造業最多，占 39.8%；其次為金屬加工處理業，占了 18.4%。最少的是被動電子元件製造業，僅有 2 家(1.9%)。(見表 1-10)¹

表 1-10 企業產業別分布(已導入協作機器人)

選項(產業別細分類)	家數	有效百分比(%)
金屬製品製造業	82	79.6
金屬刀具、手工具及模具製造業	17	16.5
金屬結構及建築組件製造業	5	4.9
金屬加工處理業	19	18.4
其他金屬製品製造業	41	39.8
電子零組件製造業	21	20.4
被動電子元件製造業	2	1.9
印刷電路板製造業	6	5.8
光電材料及元件製造業	4	3.9
其他電子零組件製造業	9	8.7
總計	103	100

¹ 問卷調查樣本中，有導入協作機器人的企業缺乏半導體產業是調查的實際結果，主要是半導體產業的業者多半不願接受訪問。

就公司規模，受試企業的員工人數以不到 100 人為最多，共有 66 家(占 64.1%)；其次則是 100 人以上不到 200 人的公司共有 23 家(占 22.3%)；200 人以上的公司則有 14 家(占 13.6%)。(見表 1-11)

表 1-11 企業規模(已導入協作機器人)

選項(員工人數)	家數	有效百分比(%)
不到 100 人	66	64.1
100 人以上不到 200 人	23	22.3
200 人以上	14	13.6
總計	103	100

就企業所在地，受試企業所在位置以中部地區最多，占了 41.7%；其次為南部地區較，占了 37.9%。位在北部地區的企業則較少，僅有 20.4%。(見表 1-12)

表 1-12 企業所在地區(已導入協作機器人)

選項(縣市別)	次數	有效百分比(%)
北部地區	21	20.4
中部地區	43	41.7
南部地區	39	37.9
總計	103	100

若以企業內部勞工年齡層分布來看，四個年齡層分別為「30 歲以下」、「31-44 歲」、「45-54 歲」、「55 歲以上」，問卷結果顯示整體受訪企業的員工年齡層集中在「31-44 歲」，平均有 41.42%的員工年齡是落在此區間（見表 1-13）。同樣，為了使年齡層分佈更能呈現事業單位員工老化程度，形成一個新變項「45 歲以上」，並取得此新變項的中位數為 40(%)。將此中位數當作

基點，檢視各個企業在「44 歲以上」此新變項的數值，小於中位數者歸類為「較年輕」；大於中位數的樣本歸類為「較老化」。結果如下表 1-15 所呈現，有 50 家企業屬「較老化」；另外 53 家企業屬「較年輕」，大致各占一半(見表 1-14)。簡單比較未導入與已導入協作機器人的二類受試企業，可以發現前者員工年齡結構相對較老化。

表 1-13 企業員工年齡層分布(已導入協作機器人)

單位：百分比

	30 歲以下	31-44 歲	44 歲以上		
				45-54 歲	55 歲以上
有導入協作機器人的企業	18.85	41.42	39.73	24.94	14.79

表 1-14 企業員工相對老化程度(已導入協作機器人)

選項(年齡別)	家數	有效百分比
較老化	50	48.5%
較年輕	53	51.5%
總計	103	100%

(三) 個案企業研究

1. 目的

由於我國現有學術文獻與網路資料較少針對人機協作之應用情形進行研究與探討，特別是與勞工有關的議題更是缺乏。為能深入瞭解我國企業導入人機協作之情形，除進行問卷調查外，本研究亦針對我國協作機器人應用面較廣的兩個產業：金屬製品製造業及電子零組件製造業，擇定各兩家有採用人機協作生產模式之企業，進行個案訪視與深度訪談。訪談的對象希望為對於企業導入人機協作過程、管理、操作有相當瞭解之負責人或管理者，且不限定為一人。除以深度訪談方式探詢導入協作機器人後，勞工的工作環境與勞動條件之改變、企業人力資源策略之調整與勞動者職能需求之變化，以及職業安全衛生事項等相關議題，研究團隊亦對該企業導入人機協作之歷程、預期效果、困難點等進行通盤了解。並以實地訪視檢視廠區協作機器人之配置、空間環境與勞動現場等。其中關於勞動者對於協作機器人的看法、工作環境與勞動條件的變化，以及心理變化等與勞工切身之事項，如經受訪企業同意，研究團隊在訪視時或其他時間亦會安排進行勞工訪談。

2. 個案研究企業之擇定

本研究之個案研究對象為金屬製品製造業及電子零組件製造業各兩家有採用人機協作之生產模式之企業。在確定個案研究的對象前，研究團隊先與有參與意願之企業進行一次訪談，就企業引入機協作生產模式之相關議題做初步的了解，以確定是否適合作為個案企業之研究對象。然而，在約訪過程中研究團隊嘗試透過「台灣智慧自動化與機器人協會(TAIROA)」、「工業技術研究院機械所」及「金屬工業研究發展中心」等對

於國內業界引進先進製造較有經驗之組織單位詢問相關資訊，結果皆難以從中獲得合適研究對象的資訊。原因在於我國產業導入人機協作機器人之產業並不多，即使是上述在機器人與智慧製造具有專業背景的單位對廠商資訊亦缺乏掌握。後續透過委辦單位與經濟部工業局接洽，給予部分製造業名單才得以順利選擇合適的受訪廠商。

如前述，在確定個案研究的對象前，研究團隊先與可能參與的企業進行初步訪談，以決定是否適合成為個案企業之研究對象。在過程中共訪談了五家企業，分別為三家電子零組件製造業及兩家金屬製品製造業；除了導入協作機器人之個別企業外，研究團隊亦特別針對我國協作機器人供應商「達明機器人公司」，及另一家國內的機器人系統整合商(受訪廠商 B)進行深度訪談，主要目的是借助受訪者經驗，探究目前國內產業引進協作機器人的趨勢與實際情形。其中達明機器人公司除本身為協作機器人製造與系統整合商，在其製造部門亦有使用協作機器人手臂之產線，故針對達明機器人公司，研究團隊規劃進行兩場訪談，分別以「導入人機協作之企業」以及「機器人供應商」兩個不同類型，進行兩次深度訪談。茲將初步訪談的廠商名單整理如下表 1-15。

透過初次的深度訪談的過程（訪談內容與訪談紀錄見附錄 3、4），研究團隊最終決定個案研究的企業，金屬製品製造業為「盈錫精密工業股份有限公司」與「本土股份有限公司」兩家；電子零組件製造業為「友達光電股份有限公司」及「群創光電股份有限公司」兩家半導體產業的企業。整理個案企業訪談之名單如下表 1-16 所示。

表 1-15 初步訪談企業名單整理表

產業別	企業名稱	初步訪談日期
電子零組件 製造業	受訪廠商 A(半導體產業)	7/10 下午 (視訊進行)
	友達光電股份有限公司(半導體產業)	8/9 上午 (視訊進行)
	群創光電(半導體產業)	8/18 下午 (現場訪視)
金屬製品 製造業	盈錫精密工業股份有限公司 (其他機械製造修配業、工具機及五金相關業)	7/14 下午 (現場訪視)
	本土股份有限公司 (汽車及其零件製造業)	7/19 下午 (現場訪視)
協作機器人 設備供應/集成商	達明機器人股份有限公司 (廣達電腦股份有限公司關係企業)	8/8 下午 (現場訪視) 8/31 上午 (視訊進行)
	受訪廠商 B (專業生產機械製造配修業)	8/10 上午 (視訊進行)

表 1-16 個案企業深度訪談名單整理表

產業別	企業名稱	協作機器人類型、用途	正式深度訪談日期	勞工訪談日期
電子零組件製造業	友達光電股份有限公司(半導體產業)	協作機器人的用途	11/9 下午(現場訪視)	無
		1. 包裝作業：主要是物料的取放。 2. 光阻自動補給系統的作業：自主移動機器人(AMR)協助處理與搬運危險化學物質的容器。 3. 主要功能在透過影像辨識系統，機械手臂可以只透過二維條碼作出 3D 定位。		
		協作機器人類型		
		1. 達明機器人公司的協作型機械手臂 2. 加裝人工皮膚於發那科(FANUC)的小型工業機器人		
	群創光電有限公司(半導體產業)	協作機器人的用途	12/21 下午(現場訪視)	無
		1. 汽車用顯示器生產線，主要是機械手臂用來幫忙搬運重物、測試 2. 半導體生產線，主要使用 AGV 與機械手臂組裝成 AMR 在無塵室運送晶圓		
		協作機器人類型		
		大部分使用達明機器人的協作型機械手臂，少部分使用 UR 的機械手臂		
金屬製品製造業	盈錫精密工業股份有限公司(其他機械製造修配業、工具機及五金相關業)	協作機器人的用途	10/27 上午(現場訪視)	10/27 上午(現場訪視)
		主要的功能都是在物料的取放、產品外觀的檢查。		
		協作機器人類型		
		日本發那科公司(FANUC)協作機器人，型號各有 M10iA，共五台；M-10iD，共三台；M-20iD，共一台；M-20iD/25L，共七台；M-710iC/20L，共兩台，		
	本土股份有限公司(汽車及其零件製造業)	協作機器人的用途	10/27 上午(現場訪視)	10/28 下午(線上訪問)
		主要於不同過程進行上下料或品質檢驗的動作，員工則在一旁使用操控面板進行動作指導		
		協作機器人類型		
		大部分使用 UR 的機械手臂		

3. 個案研究流程

首先，研究團隊將針對受訪企業導入人機協作與勞工相關議題進行第一次的初步訪談，主要目的是了解個別企業導入人機協作之大致情況，加上現場訪視拍照(如訪視企業允許)並做成紀錄，作為是否擇定為個案研究之對象之依據。由於本案討論的議題不僅是人機協作的運用，尚有與勞工權益、勞動環境、人力資源策略以及職業安全衛生等多方面的議題需要深入了解。研究團隊於進行正式的個案研究時，不僅有單次的訪談與訪視，後續亦持續與聯繫方詢問相關問題以補足尚未蒐集完整的重要資訊。基本上，整個企業個案研究，至少需包含第一次的訪談與實地訪視以及第二次的訪談。另外，作成報告前研究團隊也會先詢問受訪企業以匿名方式或是揭露公司名稱呈現。

根據委託契約書的研究期程，本案期中查核時點為 111 年 8 月 27 日，在此之前已完成個案研究的規劃及確定訪談企業名單；研究流程及訪談大綱已於期中審查會議的審查通過。正式的訪談與訪視係於 111 年 10 月至 12 月期間進行。

4. 企業訪談內容

個案企業研究主要以深度訪談方式進行資訊蒐集，過程中擇定國內有導入人機協作的企業，針對本研究所關切的主題詢問企業相關負責人以取得可供後續分析的資料。個案企業的訪談題項是依據文獻蒐集內容以及企業初步訪談內容之結果（完整訪談紀錄見附錄 4），透過受訪者所給予之回答來推斷採用人機協作的企業實務情況再將其轉化為正式訪談的題項。

深度訪談與問卷調查的差別有三個，首先深度訪談法可以使受訪者提供豐富詳盡的資料，並解答敏感性的問題，訪員也可以隨時

觀察者受試者的反應，並調整訪問方式與提出額外的問題，引出更為詳細的資訊，甚至觀察和挖掘出一些研究者始料未及的新發現，以獲得研究所需要的資料。第二，環境可控制性高是訪問法的一大優點，當訪問對象對問題不理解或誤解時，訪問者可及時引導和解釋，或被訪問者的回答不完備或不準確時，訪問者可以當面追問，當回答出現明顯錯誤時，亦可當場糾正，且能夠確保受訪問者獨立回答問題不受干擾。故可提高調查工作的可靠性，並可對獲得的資料進行效度和信度的評估。第三，相較於問卷調查，深度訪談則具有更大的靈活性和對意義有較大的解釋空間，因為問卷是使用研究者的語言，向被研究者詢問研究者認為重要的問題，訪談則可詢問受訪者對問題的看法，用受訪者的語言表達其對問題的看法。例如訪談大綱中提問的「導入協作機器人的過程中有無困難之處」，若訪談對象為企業的管理層人員或第一線操作員，可能會因為對困難的定義不同，導致答案不一樣。

針對有導入人機協作的企業，研究團隊主要的訪談對象為對於訪談內容設定之議題熟悉，能提供給予充足資訊之企業負責人、相關管理與監督人員。深度訪談的內容除了第一部分為基本資料，訪談內容依據研究目的與主要探討的四個議題，分別以第二部分至第五部分呈現。另外，研究團隊亦針對與勞工較切身相關的事項，設計勞工深度訪談大綱。兩類訪談大綱內容如下所列：

(1). 企業深度訪談

第一部份、基本資料	
題號	題目內容
1	產業別(含細分類)
2	公司規模(員工人數)
3	公司所在地(縣市)
4	公司成立年份

第二部份、公司導入協作機器人之情形	
題號	題目內容
1	導入協作機器人的數量、種類、用途為何?人類與機器人之間的協作程度如何?(例如一部機器同時與幾位工作人員配合、與機器的距離、人與機器可以同時動作或是兩者依序動作等)。
2	導入協作機器人主要動機為何?是否達到預期效果?(例如減少人力成本、提升產品品質、增加其他附加價值等)原因為何?
3	導入協作機器人的過程中有無困難之處(例如廠房空間、技術上、成本上、員工接受度等)?如何因應?
第三部份、人機協作模式對勞動者工作型態及工作環境之改變與因應	
題號	題目內容
1	導入協作機器人後，員工的工作環境有何改變?
2	導入協作機器人後，員工的工作內容與型態有何改變?
3	公司導入協作機器人之前是否有對員工進行溝通與說明?員工初次的反應如何?對於無法適應人機協作工作模式的員工，公司會如何因應?
4	公司導入協作機器人的初期，是否因為某些工序交由機器人執行或是等待作業期間過長而有人員閒置的情形?若有，公司如何因應?是否會安排員工從事其他的工作內容?
5	公司是否因為導入人機協作，在生產規模沒有變動的情況下有減少產線配置的基層人力?對於這些空出的人力，公司是否會安排或鼓勵其從事其他高價值、技術含量更高的工作?這些人員的薪資是否因此有所提升?
第四部分、人機協作之導入於企業人力資源發展策略及職能需求之變化與因應	
題號	題目內容
1	導入人機協作後，組織在整體人力資源發展策略上，有什麼樣的改變?
2	導入人機協作後，組織對於員工的核心職能、專業職能與管理職能，有什麼樣的因應與變化?
3	導入人機協作後，公司是否產生職務職稱?名稱為何?主要的工作內容為何?所需的能力有哪些?
4	導入人機協作後，公司是否有若干職務職稱趨向減少甚至消失?名稱為何?主要的工作內容為何?

5	導入人機協作後，實際操作機器人是交由原有勞工透過教育訓練後進行操作，還是新聘相關專業人員進行操作？或者兩者各占一定的比例？這樣安排的原因為何？
6	導入人機協作後，參與整個人機協作生產供應鏈上的員工，工作內容有什麼樣的轉變？公司透過何種方式的教育訓練，提供什麼樣的協助？除了機台的操作之外，公司有無針對機器的障礙排除提供訓練？
7	導入人機協作後，公司在招募甄選新進人力、中高階主管升遷以及績效考核等面向上，有什麼新的想法？
第五部分、人機協作之導入對於企業職業安全衛生措施之變化與因應	
題號	題目內容
1	公司目前所使用的協作機器人本身內建的安全裝置為何？在管理面有無特別針對協作機器人操作採行安全措施或程序？
2	現行的「工業用機器人危害預防標準」在公司導入協作機器人的過程中，有無窒礙難行之處？如何因應？
3	現行的「工業用機器人危害預防標準」在公司導入協作機器人的過程中，7項安全評估報告是否符合現行需求？是否達到機械設備本質安全需求的設計？
4	因應公司導入人機協作工作模式是否增加對勞工的額外的職能專業訓練？增加哪些訓練？是否造成員工額外增加的工作壓力？
5	公司導入人機協作工作模式對職業災害影響方面，增加或降低了哪一類職業災害？職業相關疾病(骨骼肌肉傷病、過勞等)增加或降低了？增加或降低的原因如何？
6	人機協作工作模式是否對公司員工凝聚力、向心力與士氣造成影響？若有這些影響如何因應？
7	人機協作工作模式是否對勞工的心理方面(員工互動減少、疏離感增加)造成影響？若有負面影響如何因應？

(2). 勞工訪談內容

題號	題目內容
1	在得知公司決定導入協作機器人後，未正式運作前，您是否對於自己有關就業保障、職業安全、技術勝任度方面有所疑慮?在人機協作工作模式運作一段時間後，這些疑慮是否有所改變?
2	公司導入協作機器人後對於您原本的工作內容及工作負荷是否有所影響?如有，具體來說有哪些?
3	公司導入協作機器人後您是否有學習新技術及知識的需要?如有，請說明學習的內容。
4	人機協作的工作模式是否造成您與同事間的互動減少、人際疏離感增加?主要原因是什麼?
5	整體來說，人機協作的工作模式是否助於提升您的工作效率及工作滿意度?除此之外，人機協作工作模式對您是否造成其他方面的影響?

(四) 專家諮詢會議

為能集思廣益、豐富議題觀點，透過專家學者之知識專業為本案初步發現進行提點。在研究期程的後半段(111 年 12 月)，即完成問卷調查與個案企業訪談之初步結果後，辦理三場次專家諮詢會議。每場次依據討論主題，邀請熟悉機械、人工智慧產業發展與應用，以及勞動與人力資源等相關領域之專家、學者代表，就有關人機協作趨勢與現狀、國際經驗、問卷調查結果及個案訪談結果等進行探討，俾利蒐集彙整有關人機協作工作模式對於勞動權益保障方面之意見，形成最後的結論建議。依據本研究三個主要議題，將三場專家諮詢會議題目分別訂為：第一場：「人機協作趨勢與工作型態及工作環境之改變與因應」；第二場：「人機協作之導入對企業人力及職能需求之影響與因應」；第三場：「人機協作之導入對企業職業安全衛生措施之影響與因應」。茲將三場專家學者諮詢會之出席名單整理如下表 1-17：

表 1-17 專家諮詢會議出席名單

第一場：「人機協作趨勢與工作型態及工作環境之改變與因應」 辦理日期：111 年 12 月 26 日		
	服務單位	出席者
	金屬工業研究發展中心	邱振璋 代理處長
	國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系	張文龍 兼任教授
	龍華科技大學資訊管理系暨碩士班	張吉成 教授
	國立政治大學勞工研究所	張其恆 副教授
	工業技術研究院機械研究所	游鴻修 組長
	達明機器人股份有限公司	黃錫建 經理
第二場：「人機協作之導入對企業人力及職能需求之影響與因應」 辦理日期：111 年 12 月 27 日		
	服務單位	姓名與職稱
	佳研智聯股份有限公司	江家昇 資深工程師
	義守大學工業管理學系	徐祥禎 教授
	國立台灣師範大學國際人力資源發展研究所	蔡錫濤 退休教授兼前所長
	國立台灣師範大學國際人力資源發展研究所	賴志樑 教授
	盈錫精密工業智慧製造推動聯盟	劉軒佑 副召集人
	104 人力銀行	鍾文雄 資深副總
第三場：「人機協作之導入對企業職業安全衛生措施之影響與因應」 辦理日期：111 年 12 月 28 日		
	服務單位	姓名與職稱
	長榮大學職業安全與衛生系	李永輝 教授
	長榮大學職業安全與衛生系	莊侑哲 副教授
	勞動部職業安全衛生署	莊昊翰 技正
	中正大學勞工關係學系	許繼峰 教授(退休)
	達明機器人股份有限公司	蕭鼎亞 資深工程師
	財團法人精密機械研究發展中心	蕭仁忠 技術總監
	原見精機股份有限公司	蘇瑞堯 董事長
	台達電子工業股份有限公司	鍾文敬 資深課長

二、 研究步驟

依上述研究內容與研究方法，本研究之研究步驟如下圖，以此作為本研究之執行流程：

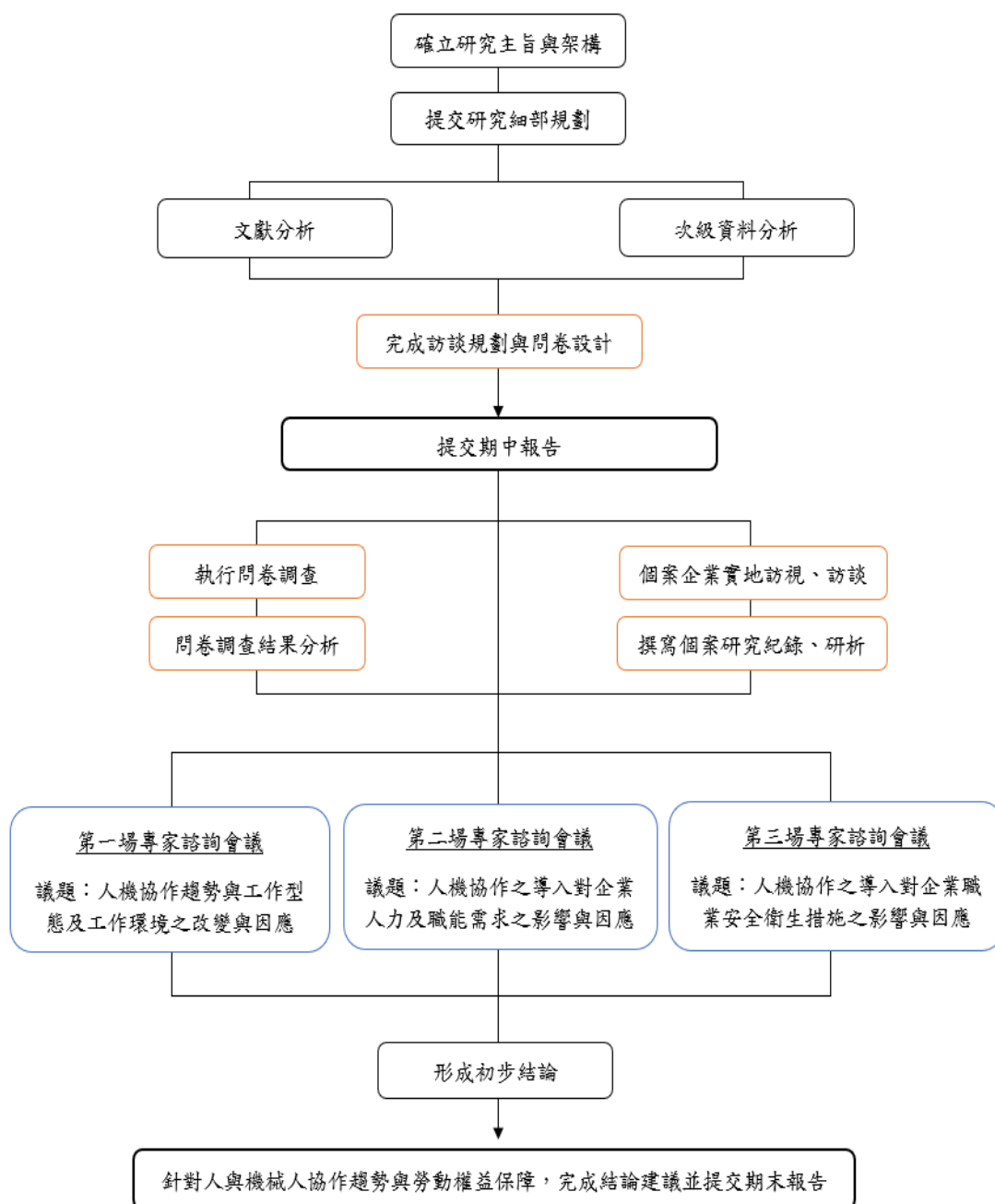


圖 1-1 研究步驟圖

第四節、章節安排

根據研究主旨，本研究計畫依人機協作工作模式對於各個議題面向之影響，將研究報告分為六章。其中，第一章緒論主要說明本研究研究緣起、研究目的、研究內容、研究方法與章節安排；第二章為人機協作之發展趨勢，主要內容將包含人機協作的內涵與興起的原因、全球人機協作的發展趨勢、主要先進國家推動人機協作的政策措施與實際發展情況，以及人機協作在國內的現況與未來發展趨勢；第三章至第五章則分別探討人機協作對勞動條件與工作環境、人力及職能需求，以及職業安全衛生的影響與因應，主要內容將包含國際與主要先進國家經驗的蒐集分析以及國內現況與問題分析，而後者的研究素材除文獻分析外，也將納入針對各章研究議題之問卷調查結果分析、個案企業研究發現與專家諮詢會議的討論內容之彙整；第六章則是本研究的結論與政策建議。

本研究因涉及協作機器人技術與發展趨勢、勞動權益與政策、人力資源管理與職業安全衛生等不同領域之議題探討，每章之安排也針對不同議題，由各專業背景之計畫主持人與協同主持人進行主要報告內容之撰寫。其中，第二章、第四章與第五章依序分別由林金玲博士、葉俊偉博士與陳秋蓉博士主筆，其餘各章由計畫主持人與研究團隊其他成員負責完成。

第二章 人機協作之發展趨勢

本章就我國及全球各國人機協作的實施現況及發展趨勢進行說明。第一節說明人機協作的定義及其興起的背景；第二節則針對全球人機協作的發展現況與趨勢作說明，主要針對國內外相關文獻與資料進行蒐集分析，先以國家的角度進行分析，分別是日本、韓國、德國、美國，後以產業角度進行分析，分別是製造業、餐飲業、教育業、醫療業、畜牧業；我國人機協作的發展現況及未來趨勢則於第三節作討論；第四節為本章小結。第三節、四節主要為四家個案企業深度訪談結果、問卷調查結果與專家諮詢會議結果，藉此充實我國有關人機協作發展現況之資料。

第一節、人機協作的內涵與興起背景

本小節將就協作機器人的興起背景及人機協作的定義作說明。

一、協作機器人的興起背景

自 1960 年代工業機器人問世，機器人發展至今已超過 60 年，而隨著數位科技的發展，人類對機器人的運用模式也明顯改變。自 1970 年代以來，資訊科技進入企業。隨著跨公司或國界的全球網路發展，生產的數位化正在獲得新的品質：網路、機器對機器通訊和日益智慧化的生產設施正在預示著一個新時代——第四次工業革命，即德國提出的工業 4.0 概念。借助資訊和通訊技術實現在工業中機器和流程的智慧網路²，進而在生產製造中具有更高度的彈性，能夠彈性生產以及客製化生產等，也因此彈性生產為工業 4.0 的一大主題³。人機協作被視為可擴展組裝自動化的重要槓桿，也是工業 4.0 的一個

² Was Ist Industrie 4.0? . Bundesministerium Für Wirtschaft Und Klimaschutz. <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html>

³ Safe Robotics MRK – MENSCH-ROBOTER-KOLLABORATION, S.1

組成部分⁴，以因應工業 4.0 在工業製造中，對靈活、自主機器的需求不斷增長，協作機器人可以快速輕鬆地適應不斷變化的生產條件⁵。

人機協作機器人是近年來全球相當受到注目的機器人應用，所謂人機協作（Human Robot Collaboration, HRC）指的是人類與機器人透過互動，來完成工作的一種行為模式。機器人可由人類導入的資訊或是動作來行動，或是依照機器學習的模組進行自主行為的學習，最終形成一種可以改善工作流程以及降低人力成本開銷的協作模式。然而人機協作的概念早在 2008 年就已逐漸成形，調查分析指出⁶，機器人在人類生活當中可以輔助工作的範圍已不是以往的重工業範疇，在當今製造業以及服務業，甚至到教育、醫療都有所貢獻。

二、人機協作之界定

人機協作的工作模式是由協作機器人從事精準且重複性高的作業流程，而工人在其輔助下進行較具創意、靈活性的工作。人機協作機器人的使用，使企業的生產配置獲得了更大的彈性空間，也提高了產品品質。以智慧工廠來說，工廠自動化生產線大多偏向「人機分工」，即人與機器各司其職、無密切互動，像是自動化機器手臂、關燈工廠，皆是以完全自動化生產為目標。然而，「人機協作」是指人與機器透過經驗及工作交流，持續改善工作流程的過程；亦即，機器可依據人類導入的資訊及流程執行作業，人類再根據機器產出的成果進行調整，形成一種協作模式。⁷

在今日現代化工廠中，已經有大量的生產活動由機器完成。人類則透過知識、智慧、靈活性、創造性確保生產流程的品質和生產流程順暢進行。若將投入生產的機器人大致區分為傳統工業機器人與協作機器人，透過比較兩者的特性則可以更清楚的界定協作機器

⁴ D, kremer, & S, H. (2018). Arbeitsplätze Für Die Mensch-Roboter-Kollaboration Inklusionsförderlich Und Wirtschaftlich Gestalten. Dundesanstalt Für Arbeitsschutz Und Arbeitsmedizin., S.1.

⁵ Safe Robotics MRK – MENSCH-ROBOTER-KOLLABORATION. Sensor Intelligence., S.1

⁶ Bauer, A., Wollherr, D., & Buss, M. (2008). Human-robot collaboration: a survey. International Journal of Humanoid Robotics, 5(01), 47-66.

⁷ 張智奇、連瑋鑫（2021）。人機協作對於人力需求及技能發展的影響及挑戰。勞動部台灣勞工季刊，第 65 期，頁 24-33。

人。工業機器人通常是大型固定設備，專為大批量、極高精度和高速度生產而設計。由於其機械手臂運動的速度，給人類工人帶來安全隱憂，因此它們通常需要柵欄或籠子等安全措施，使人類遠離機器人的工作範圍。這樣的設備集成會大大提高成本，同時需要專業服務來對這些複雜的機器人進行編程，並將它們與其他生產設備和機器整合。這些特性使傳統工業機器人適合多年保持不變的生產過程，其中需要數年時間才可能回本。⁸

與傳統工業型機器人不同，協作機器人非常適合小批量、多品種生產或是需要與人類工人一起安全進行自動化流程的製造商。其中可能包括將重複性任務自動化，並將零件交給人工進行檢查或完成複雜的裝配過程。協作機器人通常具有較低的前期成本，並且在沒有經驗的情況下易於編程，因此它們提供了快速的投資回報。並且，協作機器人體積較小、重量較輕，可以輕鬆移動和重新部署，能夠在整個製造設施中實現不同流程的自動化。這些多功能、經濟高效且用戶友善的機器使得幾乎任何規模及任何技術專長水準的企業都能藉此提高生產力、產品質量並更靈活地響應不斷變化的客戶需求。⁹

協作型機器人與傳統的工業機器人最大的不同，即是作為從旁協作工人的角色，直接與生產部門的員工精準合作。它們可以承擔繁重、單調且不符合人體工學的操作任務，並減輕員工的身體負擔，例如仰頭作業或執行重複的操作。其設計具有多種技術特徵，可確保在工人故意或意外直接接觸時不會造成傷害。做法諸如使用輕質材料、圓形輪廓、填充物、安全皮膚（帶有嵌入式傳感器的填充物）和機器人底座或關節處的傳感器，用於測量和控制施力和速度，並確保在發生接觸時不超過設定的閾值。有關協作機器人與傳統工業機器人之比較見下表 2-1。

⁸ Cobots vs. Industrial Robots: What Are the Differences? (n.d.). Collaborative Robotics Trends. <https://www.cobottrends.com/cobots-vs-industrial-robots-what-are-differences/>

⁹ Cobot Basics: 5 Differences Between Collaborative Robots and Traditional Robots. (2019). Elixir. <https://www.elixirphil.com/cobot-basics-differences-collaborative-robots-traditional-robots/>

表 2-1 協作機器人與傳統工業機器人之比較

	協同作業機器人	傳統工業機器人
本質	成本低、較經濟	成本高、需要較大的投資
	速度低(類同人動作速度)	高速
應用	與人並肩工作， 可協助人員進行危險、繁雜、 重複性且須高度準確性等工作	單獨作業， 取代人員達到自動化的目標， 必須以安全圍籬與人分隔
	靈活的部署	固定地點和任務
	易於編程和訓練	需要較高的編寫程序技巧
	作業空間緊湊	需較大的占用空間和圍籬
	功能彈性、應用擴展性高	功能單一、應用擴展成本和限制高
安全維護	可與人並肩作業、安全性較高	需要與人隔離
	須具有內置的安全感測功能	除隔離圍籬外，較少的安全感測裝置
危害預防	出力低(大約 5~15 公斤左右)， 碰撞危害小	出力高，碰撞危害大
	可自動感測障礙物減速或停止， 亦可直接用手觸碰停止	只能強制按鈕停止

資料來源：勞動部勞動及職業安全衛生研究所(2020)工業機器人人機協同作業安全及現場輔導

人與機器人協作的範疇若以協作程度來區分可形成一個光譜，從人與機器人沒有直接接觸、任務同步的共享工作空間，到技術較為複雜而機器人可以即時調整動作以適應人類工人操作活動的響應式協作(responsive collaboration)，有關人與機器人協作的範疇見下圖 2-1。目前，從 IFR 成員的使用狀況，可以發現最常見的協作機器人應用是共享工作空間，其中機器人和員工彼此並肩工作，按順序完成任務。通常協作機器人會執行重複性、高負重或不符合人體工學的任務，例如擰緊螺釘。至於機器人及時回應工人動作的應用（例如，改變夾具的角度以匹配工人展示零件的角度）在技術上最具挑戰性。由於機器人需要根據工人的動作進行調整，其動作並非完全可預測，因此最終操作者必須確保其潛在運動範圍的全部參數皆符合安全要

求。大多數製造業部門不太可能馬上就在生產環境中導入此種響應式協作，多數部門依賴其精確度和可重複性來實現生產力提升的目標。¹⁰

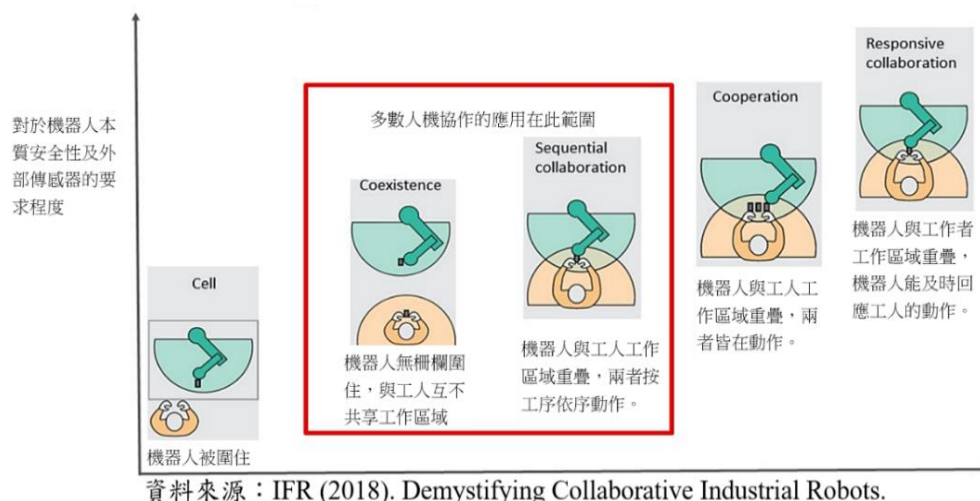


圖 2-1 人與機器人協作之範疇

協作機器人的操作型定義可參考國際機器人聯合會 (The International Federation of Robotics, IFR) 針對兩個為協作使用而設計的機器人類型，即協作型機器人 (Collaborative Robot, Cobots) 給予的定義。一類涵蓋符合國際標準組織 (ISO) 所規範的 ISO-10218-1，該規範規定了工業機器人使用的固有安全設計、保護措施、資訊要求和指南。另一類涵蓋為協作使用而設計但不滿足 ISO10218-1 要求的機器人。後者並不意味著這些機器人缺乏安全，而是可能遵循如國家或內部標準等不同的安全標準。¹¹如服務型的協作機器人。

ISO/TS 15066 作為規定協作式工業機器人系統和工作環境的安全要求，並補充 ISO10218-1 和 ISO10218-2 中對協作式工業機器人操作的要求和指南。ISO/TS 15066 列出了四種協作模式，可根據具體應用需求和機器人系統設計單獨或組合使用：1. 受到監控的安全停止：在不移除電源下能確保停止；2. 手動引導：在安全減速的情況

¹⁰ International Federation of Robotics. (2018). Demystifying Collaborative Industrial Robots. Frankfurt, Germany.

¹¹ International Federation of Robotics. (2018). Demystifying Collaborative Industrial Robots. Frankfurt, Germany.

下由人員手動引導機器人，保障人機協作的安全性；3.力量和功率限制：機器人速度、扭矩、受控運動不會造成操作員的傷害；4.距離與速度監控：在機器人和任何侵入的分隔間，其運動速度受到控制。¹²ISO/TS 15066 中的設計原則對 ISO10218-1/-2 中已規定的要求加以補充，同時為協作機器人應用的設計創造基礎。亦可增加使用者對於協作機器人在操作上的具體的輪廓。關於協作機器人的國際安全標準規範，於本研究報告第五章有詳細的說明。

¹² 蘇恒立(2017)。「協同作業機器人國際標準技術重點介紹」。財團法人安全衛生技術中心。
取自：

[https://www.asmag.com.tw/roadshow/download/2017/\(\(%E7%B0%A1%E5%A0%B112\)%E5%8D%94%E5%90%8C%E4%BD%9C%E6%A5%AD%E6%A9%9F%E5%99%A8%E4%BA%BA%E5%9C%8B%E9%9A%9B%E6%A8%99%E6%BA%96%E6%8A%80%E8%A1%93%E9%87%8D%E9%BB%9E%E4%BB%8B%E7%B4%B9_%E8%98%87%E6%81%92%E7%AB%8B%E8%99%95%E9%95%B7.pdf](https://www.asmag.com.tw/roadshow/download/2017/((%E7%B0%A1%E5%A0%B112)%E5%8D%94%E5%90%8C%E4%BD%9C%E6%A5%AD%E6%A9%9F%E5%99%A8%E4%BA%BA%E5%9C%8B%E9%9A%9B%E6%A8%99%E6%BA%96%E6%8A%80%E8%A1%93%E9%87%8D%E9%BB%9E%E4%BB%8B%E7%B4%B9_%E8%98%87%E6%81%92%E7%AB%8B%E8%99%95%E9%95%B7.pdf)

第二節、主要先進國家推動人機協作的發展現況與趨勢

目前協作機器人的應用模式正逐步由執行層面向交互性服務轉變，協作機器人開始從實驗室以及重工業工廠走出，從貼近生活的產業切入，漸漸推廣到中小企業以及服務領域應用，最後普及到具體細分場景領域的應用。目前實施人機協作這種工作模式中，最主要的國家有，美國、日本、韓國以及德國，以下分析說明先進國家推動人機協作的相關現況。

在工業 4.0 成為全球工業發展目標下，時任日本經濟產業大臣世耕弘成（せこう ひろしげ）推行了「互聯產業」的概念，旨在將日本的工業推向透過 IoT 及 AI 連接各種數據、技術、人員及組織，創造新型態的日本工業架構。故基於機器人在日本產業上逐漸廣泛的使用，許多企業分別制定了有關於機器人操作使用的安全指南，2018 年起，Panasonic 以及 Toyota 兩間公司聯合開發了「手指安全評估技術」¹³，為的是避免人類在與機械共同操作的過程中所發生的傷害。自 2005 年以來，Panasonic 一直在對自家的機械設備進行安全性評估，如防夾機制及自主搬運機器人的安全性，而與 Toyota 共同開發的「假手指」可以模擬人體手指的骨骼肌肉結構，用來測試機械在運作過程中，萬一發生意外，是否會對人體造成嚴重的傷害。

然而，相較於其他國家，日本為世界上人口老化最為嚴重的國家，在許多國家推動工業 4.0 的路上，日本前首相安倍晉三選擇推行了社會 5.0 的政策，目的在 2030 年前在以人為本的基礎上，創建串聯 AI、機器人、IoT 等網路科技的後現代化社會。社會 5.0 被視為日本現代版明治維新，已掀起從產業、政府到民間改革浪潮，在推動社會 5.0 的過程中，包括現行產業，到民生的智慧生活、老人照護以及未來移動等等都是推動社會 5.0 的政策之一。許多日本企業也已經

¹³ ロボスタ編集部, “トヨタとパナソニックが指の怪我防止と安全評価用「指ダミー」を開発人と機械・協働ロボットが安心安全に共存するため,” ロボスタ, 18 10 2021. [線上]. Available: <https://robotstart.info/2021/10/18/pana-toyota-yubidummy.html>.

依照政策藍圖進行智慧生活園區的開發建置，包括無人車、照護型機器人等等。而在產業環境內，也因人口老化勞動力大幅減少的窘境下，大幅度的使用機械設備輔助人力進行生產工作。

日本政府於 2014 年在其長期策略中提出了一項「實現由機器人驅動的新工業革命」(Achievement of a new Industrial Revolution driven by robots) 政策¹⁴，旨在透過機械設備應對老齡化社會造成年輕族群工作量大幅增加的困境。且不僅在工廠內，關於醫療照護、公共設施及防災等領域，日本政府也逐漸重視。在 2013 年時，日本政府也放寬了「工業機器人 80W 管制」¹⁵，使以往超過 80 瓦功率的機械設備需要透過柵欄與人類隔開的規定鬆綁，這項政策使工作人員能夠與更高功率的設備一同進行協作，但前提是機器人製造商和用戶必須按照國際標準化組織製定的工業機器人標準實行，才能避免人員與機械共同工作時發生意外。

同為亞洲科技大國的韓國，根據 IFR (International Federation of Robotics) 組織於 2022 年提出的報告¹⁶指出韓國機器人的布置密度為世界排名第一。主要是因為韓國的電子及汽車產業，近年來逐漸採用協作機器人作為生產的工具，使韓國在人機協作這方面的趨勢日漸明顯。韓國機器人的布置密度為 1000 臺每一萬名員工，為世界排名第一(如下圖 2-2 所示)。而韓國中央銀行分析，近年來韓國工業機器人普及速度如此快速，主要是因為全球機器人產業逐漸發展，使得機器人的價格下降了 30% 以上，且韓國的電子、電器、化學及運輸等等產業，皆是機器人使用率較大的產業。換句話說，因為韓國

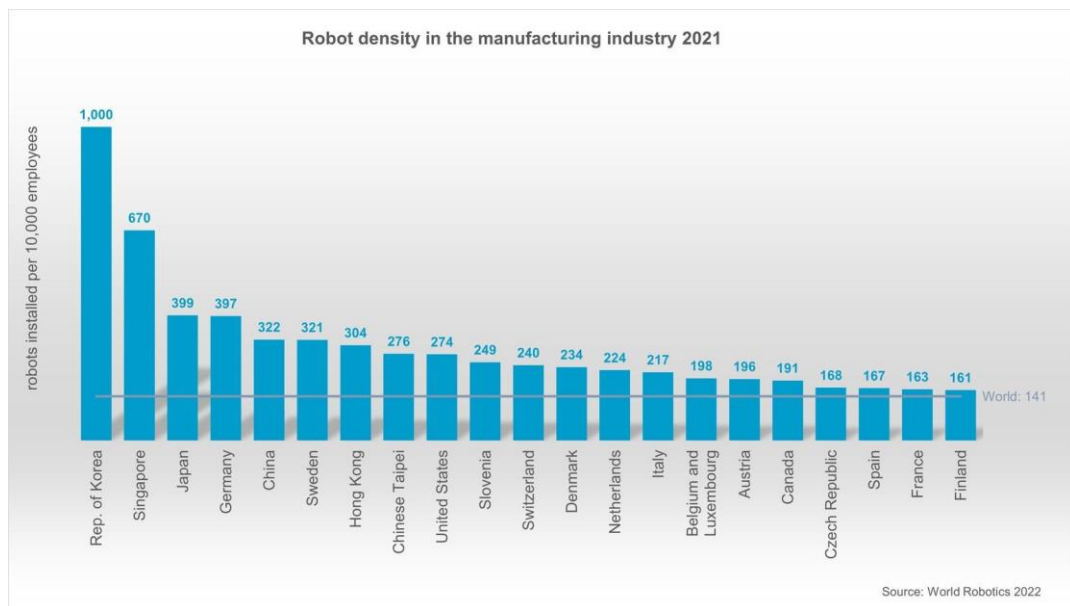
¹⁴ けいざいさんぎょうしょう, “「ロボットによる新たな産業革命」の実現に向けて,” けいざいさんぎょうしょう, 13 2016. [線上]. Available:

https://www.kansai.meti.go.jp/E_Kansai/page/201603/01.html.

¹⁵ [高島株式会社, “協働ロボットを安全に使うポイントとは？－規格や制限事項を知ろう－,” 高島株式会社, 9 2 2022. [線上]. Available: <https://www.tak-robot-marketing.co.jp/contents/detail/safety-standard>.

¹⁶ International Federation of Robotics. (2022). Robot Density nearly Doubled globally," International Federation of Robotics. <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/china-overtakes-usa-in-robot-density>.

的產業結構與機器人的價格下降，使韓國在人機協作這方面的趨勢日漸明顯。



資料來源：IFR

圖 2-2 2021 年全球製造業機器人密度

此外，韓國政府為了促使國內自動化與人機協作的發展，於 2021 年實施《智慧機器人開發和推廣促進法》¹⁷，旨在通過促進智慧機器人的發展和普及，為智慧機器人產業的持續發展制定和推動政策，為提高國民生活品質和國民經濟作出貢獻。

過去十多年來，韓國政府約投入 7000 億韓元以上，進行機器人產業相關技術研發支持。2015 年韓國政府通過貿易工業和能源部（Ministry of Trade, Industry and Energy, MOTIE）為開發先進機器人執行了墊腳石專案，這些共 12 項的墊腳石專案，目標在於利用正在實施的各種政府研發專案的中期成果引入新技術或產品，以開發新

¹⁷ 法制部。促進智慧機器人的發展和普及的法案。韓國，法制部, 29/12/2020。取自：
<https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EC%A7%80%EB%8A%A5%ED%98%95%EB%A1%9C%EB%B4%87%EA%B0%9C%EB%B0%9C%EB%B0%8F%EB%B3%B4%EA%B8%89%EC%B4%89%EC%A7%84%EB%B2%95>.

的未來增長引擎。並且承諾至 2017 年這些專案將會創造 27 億美元的龐大市場¹⁸。

而身為韓國頂端企業的 Samsung，近年來也一直致力於開發機器人產業，其在 2015 年宣布在一個專門研究無人機、機器人、3D 列印和 VR 的研發實驗室投入 1 億美元¹⁹。此外，在老年護理、醫療、物流及穿戴設備等領域，韓國政府也正籌畫一份服務型機器人扶持方案。MOTIE 希望利用機器人振興傳統產業，承諾推廣機器人的租賃服務並降低核准門檻。但即使韓國在機器人使用率上位於世界領先階段，在製造技術方面仍存在人才短缺問題，且機器人零件對外仰賴程度較其他國家來的高。故韓國一直在尋求掌握機器人領域硬體和軟體的核心技術，降低對美國和日本等擁有尖端技術國家的依賴，為此，MOTIE 在 2020 年發布《機器人產業監管創新路線圖》，計畫於 2021 年起撥款 1.7 億美元用於研發機器人核心部件技術，包括智能控制、自主駕駛傳感器、智能手臂以及軟體。²⁰

在日韓兩國，使用協作機器人最多的產業為電子以及家電製造業。以電子製造業為例，隨著電子元件和電路尺寸的不斷縮小，電子製造變得越來越複雜，若要靠人工組裝會造成效率緩慢及良率不佳等等問題，所以在製造精密元件的過程中需要依靠機械設備輔助作業，透過協作機器人來降低出錯率，並提高生產週期。2016 年 SONY 官方宣布已向 ABB 下單購買 YuMi²¹(圖 2-3)，機器人將被位

¹⁸ 法制部。促進智慧機器人的發展和普及的法案。韓國，法制部, 29/12/2020。取自：

<https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EC%A7%80%EB%8A%A5%ED%98%95%EB%A1%9C%EB%B4%87%EA%B0%9C%EB%B0%9C%EB%B0%8F%EB%B3%B4%EA%B8%89%EC%B4%89%EC%A7%84%EB%B2%95>.

¹⁹ R. Staff(2015).Samsung Electronics Launches New \$100M Robotics Lab. Robotics Business Review.https://www.roboticsbusinessreview.com/consumer/samsung_electronics_launches_new_100m_robotics_lab/.

²⁰ Ministry of Trade, Industry and Energy (2021). Vice Minister Cheong Announces Roadmap for Regulatory Innovation in Robot Industry.

http://english.motie.go.kr/en/pc/photonews/bbs/bbsList.do?bbs_cd_n=1&bbs_seq_n=1001.

²¹ Sony, "SONY UKTEC WILL BE THE FIRST IN THE UK TO ORDER ABB YUMI," Sony UK Technology Centre, 16/02/2016. [Online]. Available: <https://www.sonypencoed.co.uk/news/2016/02/16/sony-uktec-will-be-the-first-in-the-uk-to-order-abb-yumi/>.

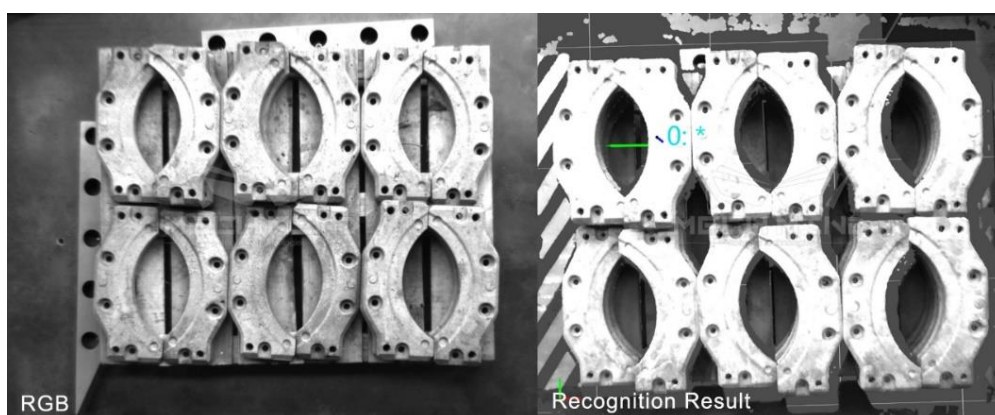
於南威爾士的 SONY 英國技術中心用於拾取和放置電路板零件，主要為研發而用。該技術將有助於 SONY 提高其 PCB 裝配技術並在大容量電路板生產中提高生產率。



資料來源：ABB

圖 2-3 YuMi IRB 14000 協作型機器人

在家電生產部分，如製造洗衣機時，機身配重有助於降低滾筒洗衣機的震動幅度，所以 Mech-Mind 公司開發了 Mech-Eye Industrial 3D Camera 透過機器視覺，能夠精確的放置配重塊，如圖 2-4 所示。而韓國 LG 公司在製造冰箱時也使用了 Pickit 所開發的機器人設備，透過機器視覺輔助機械手臂組裝冰箱，包括冰箱門裝配、螺絲驅動和鐳射打標等等，如圖 2-5 所示。並將韓國昌原市的生產工廠轉型成為智能工廠，達到生產家電自動化的生產流程。



資料來源：：<https://www.mech-mind.com/use-cases/vision-guided-assembly-of-washing-machine-counterweights-for-household-appliance-factory.html>.

圖 2-4 Mech-Mind AI+3D Industrial Robot Solution



資料來源：Pickit

圖 2-5 使用 Pickit 3D 視覺系統裝附冰箱門

除了工業上的應用以外，日韓在日常生活所使用的協作機器人也日漸增多，在餐廳裡看到這種服務型機器人的比率越來越高，透過機器人內建的路徑演算法，在餐廳內自動計算最短路徑將餐點送到客人桌上的 BellaBot 機器人，如圖 2-6，或是內建點餐平板的機器人 Robot Pepper，如圖 2-7，皆是人機協作在餐飲業上的展現²²²³。



資料來源：Akihabaranews

圖 2-6 在 Gusto 家庭餐廳的 BellaBot

²² Cat Robot Servers at Skylark Restaurants. (2021). AKIHABARA NEWS.
<https://akihabaranews.com/cat-robot-servers-at-skylark-restaurants/>

²³ Personable Pepper robot gets a job in a pizza joint(2016).New Atlas.
<https://newatlas.com/mastercard-pizza-hut-pepper-commerce-app-pilot/43525/>.



資料來源：Newatlas

圖 2-7 顧客與 Pepper 用一般會話溝通之情形

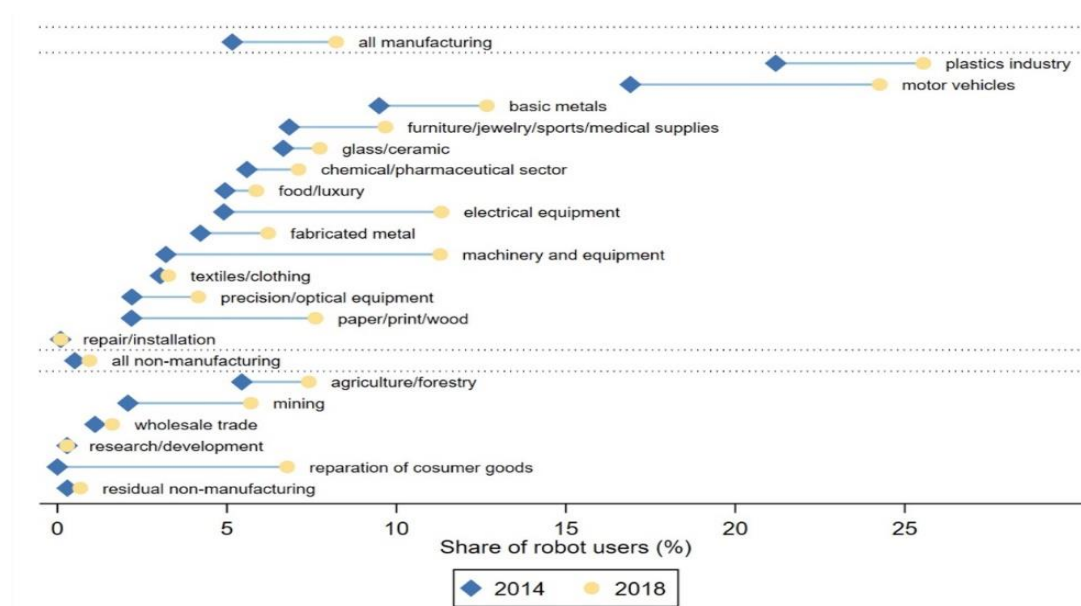
在亞洲國家以外，歐美國家使用協作機器人的比率也非常高。德國作為世界上機械出口第一的國家，機器人與自動化技術（Robotics and Automation Technologies, R&A）為目前德國最為創新的產業之一，而該產業最主要發展人機協作以及機器視覺技術，且為邁向工業 4.0 的核心要素。協作機器人的出現，彌補了德國中小製造業無法如大廠完成高普及自動化廠房的弱點，將這些協作機器人作為與大企業抗衡的解決方案，並且在生產過程中，提高產線的靈活性。

根據德國貿易與投資中心的研究，在 2015 年至 2020 年間，德國為歐洲內 R&A 的 FDI（Foreign Direct Investment）最主要國家，並在其「共同創新」的研究計畫中，德國聯邦研究教育部直到 2026 年，每年將提供約 7 千萬歐元的經費用於 R&A 的開發²⁴。在德國推動機器人發展的同時，依據研究顯示²⁵，在德國的製造業，從 2014 年至 2018 年間，使用機器人的企業比例從 5.16%至 8.22%，成長了 50% 以上，且在非製造業的企業裡，更是從 0.51%增加到了 0.94%，翻了

²⁴ G. T. & Invest(2021). The Robotics & Automation Industry in Germany. Germany Trade & Invest.

²⁵ Deng, L., Plümpe, V., & Stegmaier, J. (2021). Robot adoption at German plants (No. 19/2020). IWH Discussion Papers.

將近一倍，如圖 2-8 所示，明顯可以看到在德國推行工業 4.0 的路上，該國內的人機協作趨勢已經比起其他國家來的成熟。



資料來源：<https://voxeu.org/article/robot-adoption-german-plants>.

圖 2-8 2014 年至 2018 年德國產業外延邊際增長趨勢

德國作為全球製造業的龍頭，同時也是機械設備輸出的第一大國，更不用提到德國汽車產業在世界上的地位，光是工業生產的專業度以及中小企業規模就足以成為德國經濟的中流砥柱。在生產各項機械設備以及汽車上，會運用到 PUMA 機器人以及 SCARA 機器人等等專門用於大型機械設備的操作手臂。據美國 CNBC 報導指出²⁶，近期的汽車大廠如 BMW、Mercedes-Benz 以及 Ford 等等，都在生產線上使用了與以往不同的小型協作機器人，由著名的德國機械手臂大廠所開發的臂型機器人以及 Rethink Robotics 開發的 Baxter 機器人，都是近年來被廣泛運用在汽車產線上的小型協作設備，甚至有些設備的高度不到 3 英尺。

以 BMW 為例，其採用了德國公司 KUKA 開發的協作型機械手臂 LBR iiwa，如圖 2-9，於工廠實作協助零件組裝，它主要進行單調

²⁶ Zaleski, A. (2016). Man and machine: The new collaborative workplace of the future. Consumer News and Business Channel. <https://www.cnbc.com/2016/10/31/ford-uses-co-bots-and-factory-workers-at-its-cologne-fiesta-plant.html>.

和體力要求高的任務，而 LBR iiwa 具有安全性偵測系統，若是與人體發生碰撞時，會自動停止動作。因此，不同於以往操作員必須自己抬起和安裝大型汽車零件，現在操作員與協作機器人可以在沒有任何防護欄或額外的安全設備底下協同工作，並且在搬運大型零件時，KUKA 也開發了 KMR iiwa 無人搬運車，如圖 2-10，協助 BMW 員工搬運，這些協作型機器人在實際進到產線上後，不僅能提升產能，也提供給員工更安全的工作環境。



資料來源：KUKA

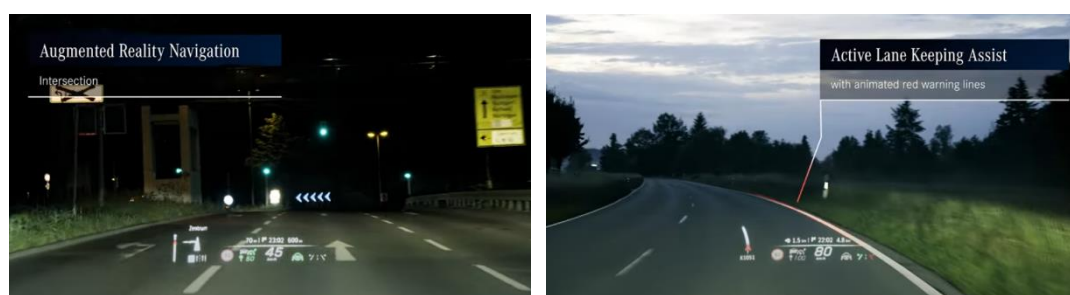
圖 2-9 LBR iiwa 協作型機器人



資料來源：KUKA

圖 2-10 KMR iiwa 無人搬運車

在汽車生產之外，人機協作的方式也能對行車安全進行輔助。由日本 Panasonic 所開發的 AR 導航系統結合 HUD 系統，在 Mercedes-Benz 所推出的第一款純電動車 EQS 系列上裝載，如圖 2-11，該系統可以將導航以 AR 方式結合真實路況並呈現在 HUD 上，讓駕駛人不需再如以往需要撇開視線看導航，且該系統也可以標註車輛、行人、腳踏車等等物體，讓在路況不佳時能獲得更好的行車視野，以提高行車安全。且該系統還可透過車內眼動儀追蹤駕駛人的眼球運動，將 HUD 畫面以最合適的角度呈現給駕駛人，不會在看畫面時造成不適感。



資料來源：https://youtu.be/IU_JLd2C-xM 截圖

圖 2-11 賓士 EQS AR 系統

MIT (Massachusetts Institute of Technology) 在 2015 年的研究²⁷表明，對比 BMW 產線上使用人機協作模式與單靠人力工作的效率，人機協作模式的生產力高過單靠人力的 85%，如圖 2-12。種種數據顯示透過協作機器人的靈活操作性，對於當前堆積訂單及客製需求增加的產線負擔，能夠透過人機協作的模式有效解決問題。

²⁷ Tobe, F. (2015). Why Co-Bots Will Be a Huge Innovation and Growth Driver for Robotics Industry. IEEE, Spectrum,(12). <https://spectrum.ieee.org/collaborative-robots-innovation-growth-driver>.



資料來源：<https://www.electronicshobby.com/industry-buzz/robots-sweep-across-maruti-suzukis-shop-floor/>.

圖 2-12 汽車生產線中的點焊機器人

美國一直是工業 4.0 的忠實追求者，根據 MarketsAndMarkets 報告²⁸，全球的智慧市場在 2022 年將達到 976 億美元的商機，預計到 2027 年會成長 18.5%，達到 2283 億美元。而美國在協作機器人的應用相較起其他國家顯得更多元一些，美國較為平均的產業結構使得協作機器人的應用在非常多領域皆能派上用場，不論是電子產品製造、物流運輸、民生服務及教育，甚至醫療領域皆能看到人機協作機器人的影子。

世界排行前十的機器人公司，美國就佔了一半，包括 Aethon、Alphabet (Google)、Amazon Robotics、Anki 以及 Autonomous Solutions。美國的機器人產業非常發達，許多知名大廠都早已將自動化設備與機器人設置於廠房內，比如蘋果公司使用名為 Liam 的回收機器人，將回收的 iPhone 拆解並回收稀土以及晶片達到資源的再利用，並同時降低生產成本。而亞馬遜身為世界上最大的電子商務公司，其在倉儲物流的自動化做得非常先進，亞馬遜所開發的

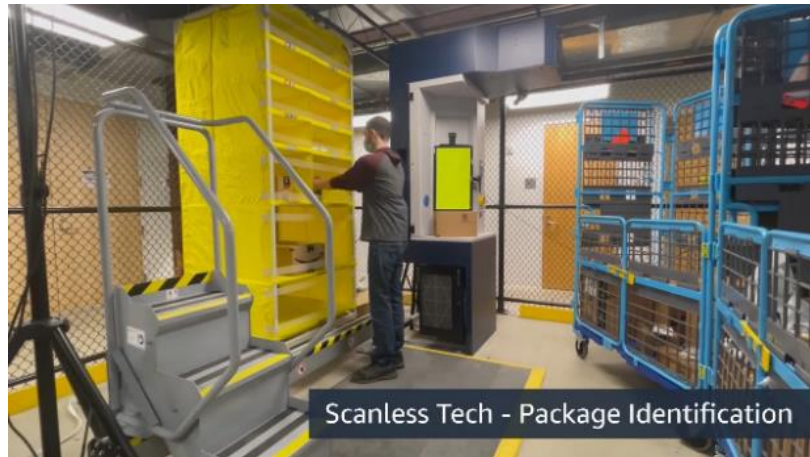
²⁸ MarketsandMarkets.(2022). Smart Manufacturing Market by Information Technology, Enabling Technology, Industry (Process and Discrete) and Geography (North America, Europe, Asia Pacific, Rest of World) (2021-2027).Smart Manufacturing Market.
https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/smart-manufacturing-market-105448439.html?gclid=CjwKCAjw3qGYBhBSEiwAcnTRLnMJPwGasQqgwX5mwDiMn4tmnYJoLxmlByaHLi9a_CxGd1pmE_G3ahoCLzUQAvD_

Proteus 機器人²⁹，如圖 2-13，能夠在員工頻繁移動的倉儲內避免與員工碰撞且安全的運行，不僅能夠減少員工在搬運體積較大或是較重物品時的安全，也能夠加速貨運的效率。亞馬遜也另外依據員工的需求打造 Amazon Robotics Identification (AR ID) 掃描裝置，如圖 2-14，AR ID 通過每秒 120 幀的速度進行條碼辨識，讓員工將貨品進行放置時可以用雙手進行動作，避免以往需要手動進行條碼掃描時，一手拿掃描機一手拿貨物則有可能會受傷的情況，並透過 AR ID 減少手動條碼掃描的時間，以提高工作效率。



資料來源：Amazon
圖 2-13 Amazon Proteus robot

²⁹ Manfredi, L. (2022). Meet Proteus: Amazon's First "fully Autonomous" Mobile Warehouse Robot. FOXBusiness. <https://www.foxbusiness.com/technology/proteus-amazon-first-fully-autonomous-mobile-warehouse-robot>



資料來源：Amazon

圖 2-14 Amazon AR ID

在醫療領域，ReWalk 公司開發了一種可穿戴式外骨骼，它將機器人技術與人類輔助相結合，使脊髓損傷患者能夠行走。ReWalk，如圖 2-15，通過身體運動和遠端手環的指令組合進行控制，使脊髓損傷患者能夠重新坐下、站立和行走。臨床證明該外骨骼可以讓患者恢復獨立性、增加心理健康、減輕疼痛並改善整體肌肉強度及健康，並減少脊髓損傷引起的併發症，包括骨骼變薄、痙攣以及腸道和膀胱功能障礙。



資料來源：<https://www.youtube.com/watch?v=Vy9wqQ8keQs> 截圖

圖 2-15 ReWalk 穿戴式外骨骼

在美國維吉尼亞州的一間醫院裡，他們採用了名為 Moxi 的機器人³⁰，如圖 2-16，協助醫院內醫療用品、實驗樣本以及藥物等等的運送。此外，醫療人員也能通過簡訊將任務傳送給 Moxi，讓 Moxi 從醫院的地下室將無法透過管道運送的物品拿到高樓層給醫療人員使用。該醫院的 Abigail Hamilton 說道，自 2019 年 COVID-19 的爆發，醫院所面臨的醫療量能壓力越來越繁重，而引進了 Moxi 之後能將部分跑腿的工作分擔給機器人，使醫療人員有更多的時間可以休息，更可以避免職業倦怠。



資料來源：Diligentrobots
圖 2-16 Moxi 機器人

雖然 Moxi 在醫院裡的設置能降低醫療人員眼下的壓力，但據美國護士協會在達拉斯、休斯頓以及德州醫院內的研究³¹指出在醫院內部屬 Moxi 進行醫療用品的運送需要更完好的管理架構，因為 Moxi 並不會讀取醫療用品上的使用期限，若是使用了過期的繃帶、器械或是點滴用品，很有可能會造成病患感染³²。所以在醫療院所內部屬機器人協助人員分擔工作的同時，除了機器人系統可以再加以更新

³⁰ Diligent Robots - Moxi. Diligent Robotics. <https://www.diligentrobots.com/moxi>

³¹ TIETZE, M., & MCBRIDE, S. (2020). Robotics and the impact on nursing practice.

³² Johnson, K. (2022). Hospital Robots Are Helping Combat a Wave of Nurse Burnout. WIRED. <https://www.wired.com/story/moxi-hospital-robot-nurse-burnout-health-care/>.

以外，院所本身的管理架構也必須隨著機器人的加入而有所改變，才能避免因為疏失而造成的醫療糾紛。

在美國機器人除了在產業上的應用，最特別的是軍事上所使用到的機器人。在進行軍事訓練上，美國陸軍在 2021 年 9 月時以名為「起源計畫」首次將機器人作為敵方軍隊進行演習，模擬敵方進攻時美軍應該如何應對作戰。且這些軍事機器人能夠在夜間戰場透過紅外線、超聲波以及熱感應等等進行夜間作戰，完美的彌補了人類士兵無法在晚上作戰的缺點³³，如圖 2-17。



資料來源：Forbes

圖 2-17 「起源計畫」車輛模擬敵方機器人

此外，還有另一種軍事機器人能夠裝備攜帶型武器在戰場間穿梭，由 Ghost Robotics 所開發的四足機器人，如圖 2-18，外型酷似狗的造型，能夠配載機關槍、狙擊步槍以及其他高殺傷力武器。該機器人具有高度的靈活性，能夠在戰場間穿梭崎嶇的地形，且配有 1200 米的日夜攝像機，能夠全天候全時段的進行軍事作戰，且全程為遠端操控，人員只需坐在距離戰場好幾公里遠的地方就能對目標

³³ Hambling, D. (2021). Taking Down Terminators: U.S. Army Carries Out First Exercise Fighting Enemy Robots. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2021/10/22/us-army-carries-out-first-exercise-fighting-enemy-robots/?sh=7e6af6056c03>

進行打擊。但是在此機器人發布後不久，就因為安全問題宣布停止掛載武器，單純以巡邏的方式保障區域安全³⁴。



資料來源：Newscientist

圖 2-18 美國陸軍協會展出的武裝四足機器人

雖然美國在機器人研究上擁有世界領先的地位，但是依據 Mckinsey Global Institute 的研究指出³⁵，在美國的產業結構裡，製造業、零售業、食品業以及服務業等等行業占了總 GDP 的 51%，且這些產業恰為最容易被自動化所取代的行業。而到 2055 年，這些行業有將近一半會實現產業自動化，換句話說，在這佔美國一半 GDP 的人民內，有將近一半會面臨失業的隱患。所以美國正大力投資機器人計劃、STEM 教育以及普通和社區大學的機器人課程，為的是確保美國勞動力為隨之而來的產業變革做好準備³⁶。

而對於目前已離開學校的人民來說，政府提供廣泛的新就業機會，從入門到管理層，甚至更專業研發職位，這些穩定、長期的職

³⁴ Hambling, D. (2021). US Military May Get a Dog-like Robot Armed with a Sniper Rifle. NewScientist, 3357. <https://www.newscientist.com/article/2293908-us-military-may-get-a-dog-like-robot-armed-with-a-sniper-rifle/>

³⁵ Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P., & Dewhurst, M. (2017). A future that works: AI, automation, employment, and productivity. McKinsey Global Institute Research, Tech. Rep, 60, 1-135.

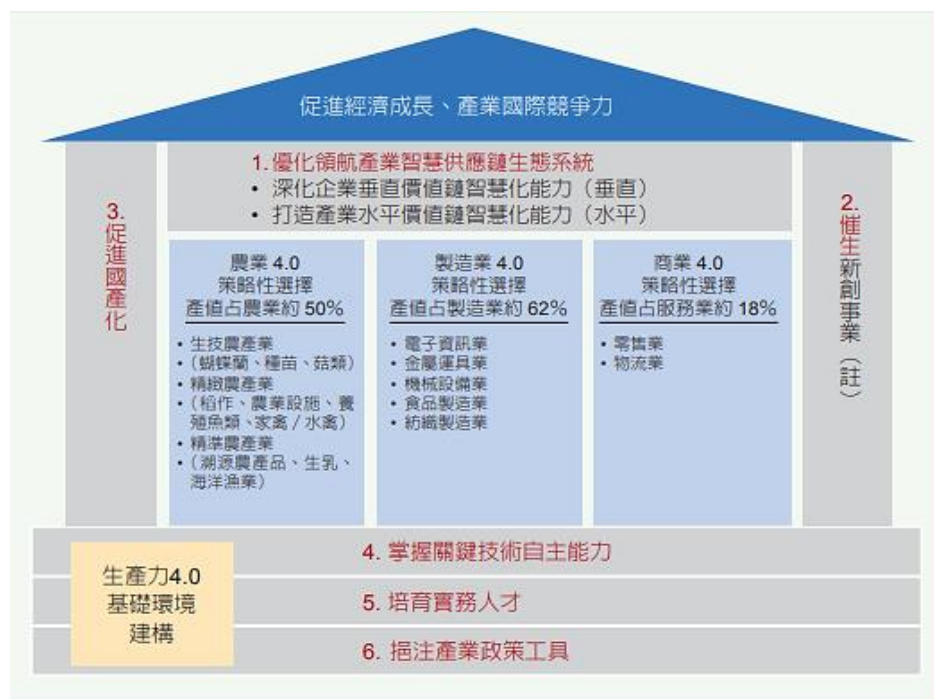
³⁶ American Society of Mechanical Engineers (2019). Accelerating U.S. Robotics for American Prosperity and Security. <https://www.asme.org/wwwasmeorg/media/resourcefiles/aboutasme/get%20involved/advocacy/policy-publications/ps-19-01-accelerating-us-robotics-general-position-paper.pdf>

位都需要經過專業機器人技術培訓才能夠擁有門票。美國政府期望透過這些政策對美國國民的工作產生正面影響，並對社會如何看待產業智慧轉型造成大量失業的看法能有所改變。

第三節、我國人機協作的現況與未來發展趨勢

一、相關政策推動

2015 年我國行政院提出「生產力 4.0 發展方案」，推動期程自 2016 年至 2024 年。依照該方案內容，主軸係以行政院 2011 年所推動的「智慧型自動化產業發展方案」為基礎，整合商業自動化、農業科技化發展進程，提出「生產力 4.0」的規劃，期能藉由開發智慧機械、智慧聯網、巨量資料、雲端運算等技術來引領製造業、商業服務業、農業產品與服務附加價值提升。除了工業核心的製造業之外，生產力 4.0 方案亦擴及商業、服務業及農業等產業，聚焦於「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」、「掌握關鍵技術自主能力」、「培育實務人才」、「挹注產業政策工具」等六大主軸策略，如圖 2-19，以促進經濟發展與產業競爭力。



資料來源：行政院

圖 2-19 「行政院生產力 4.0 發展方案」6 項主軸策略

在生產力 4.0 發展方案的規劃下，包括製造業、商業服務業以及農業等方面的相關產業，皆可受益於該政策的推動，其中方案涉及的八大關鍵產業包括：製造業中的電子資訊、金屬運輸、機械設備、食品、紡織，服務業中的零售、物流，以及農業，政府在此架構下更納入智慧機械、亞洲矽谷、與新農業等創新產業³⁷。而為了完備推動構面，採取製造業應用組、商業服務業應用組、農業應用組及基礎環境發展組等四個組別分工進行政策推動。其中製造業應用組(主辦為經濟部工業局)主要任務在引領製造業轉型，架構中提到全球製造生產型態改變，客製化需求形成趨勢，因此必須透過物聯網與客戶及供應商更加緊密連結，產業更加倚重智慧機械與機器人來滿足接單產品多樣且生命週期短³⁸，而協作機器人正好是因應此種必須頻繁更換產線之生產需求的最佳工具；如能進一步應用巨量資料精準分析資訊，更能讓業者預測生產製造，提升產業附加價值與生產力。

作為我國最大的產業技術研發機構，工業技術研究所也配合「生產力 4.0」政策的方向，致力於智慧聯網生產與人機協作的發展，積極研發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，期待協助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，使企業得以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³⁹。

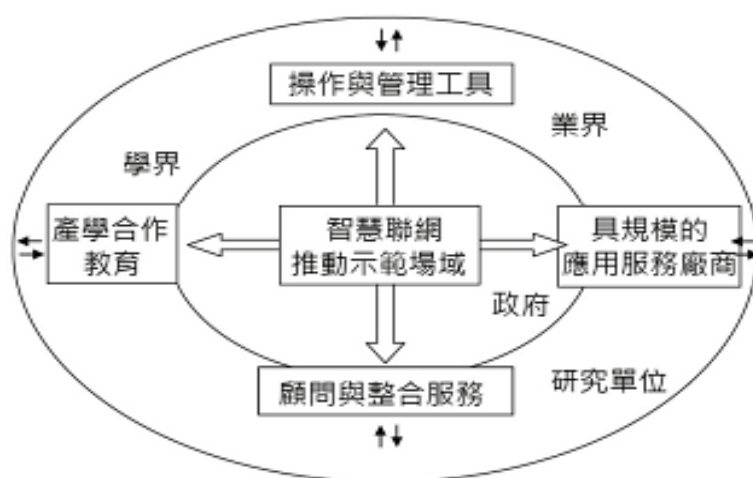
為了掌握人機協作人力需求與後續發展，勞動部勞動及職業安全衛生研究所研究也針對產業導入人機協作與智慧聯網生產之勞動力變動與職能需求與趨勢進行調查與分析，提出人機協作與智慧聯網生產概念下勞動力需求規劃，涵蓋人機協作與智慧聯網生產勞動

³⁷ 張智奇、林懿貞(2017) 智慧聯網生產型態下勞動市場供需與青年就業促進研究，頁 284

³⁸ 行政院科技會報辦公室(2015)。「行政院生產力 4.0 發展方案」。台灣經濟論衡，卷 13，期 3，頁 54。

³⁹ 張智奇、連瑋鑫（2021）。人機協作對於人力需求及技能發展的影響及挑戰。勞動部台灣勞工季刊，第 65 期，頁 25-26。

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、服務型態與勞動力需求轉變，除了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 2-20 所示⁴⁰。



資料來源：台灣勞工季刊(No.65)

圖 2-20 發展智慧聯網與人機協作架構

整體而言，政策目標是期望透過產業轉型，發展企業所需關鍵技術的自主能力；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 模式創造螞蟻雄兵式的競爭優勢，加速產業轉型；且人才是生產力 4.0 推動的核心關鍵，除了要培育所需的高端研究人力，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。以達到固本、扎根、搶單目標，維持國際競爭力⁴¹。

⁴⁰ 同上註，頁 31。

⁴¹ 行政院科技會報辦公室(2015)。「行政院生產力 4.0 發展方案」。台灣經濟論衡，卷 13，第 3 期，頁 50。

目前臺灣機器人產業，已有許多企業已經開始著手進行產業應用，使臺灣能夠比肩美國、日本、韓國及德國等工業先進國家的機器人產業鏈，也讓本土企業能夠完美的在國內透過不同廠家的產品組成所需要的協作機器人。而工業技術研究院也自主開發了許多協作型機器人，包含免模具金屬鈑件摺邊機器人，如圖 2-21，能大幅縮短打樣時間，今天下單打樣，隔天取樣，為汽車板金節省模具費用及製程試誤時間。工研院也開發了模擬人類四肢的類人雙臂機器人，如圖 2-22。擁有仿生手掌抓取形狀不規則的物件，拿書、名片、手機、或寶特瓶，連彈電子琴都可以達成。其擁有類人形手臂 14 軸自由度，動作靈活自由，提供類人的作業能力，且能從事多元工作。



資料來源：工業技術研究院

圖 2-21 免模具金屬鈑件摺邊機器人



資料來源：工業技術研究院

圖 2-22 類人雙臂機器人

二、產業應用現況

根據國際機器人聯盟（International Federation of Robotics, IFR）2021 年公布的「2021 年世界機器人報告」，台灣在世界上自動化程度最高的 10 個國家和地區中排名第 8。截至 2019 年止，我國製造業中每一萬名員工配有 234 台機器人。⁴²不過，該報告並沒有特別區分機器人中的傳統工業型機器人及協作機器人。

我國的人機協作機器人大致上可以分為「工業用智慧機器人」及「服務型智慧機器人」兩大類。目前的使用比率以工業用智慧機器人居多，以運用的產業來說，又以電子零件業與金屬加工業的比例最高，至於已走向無人工廠的產業，如許多半導體產業，由於對於一線勞動者的需求減少，因此再導入人機協作模式的可能較低。服務型智慧機器人又分為個人型與專業型兩種，個人型包括常見的掃地用機器人，專業型則可見於醫療手術用的「達文西機器人」。⁴³

人機協作不僅僅是作業方式的改變，藉由聯網技術與人工智慧的運作，可以提升生產端管理、供應鏈管理及營運管理的效能，形成智慧聯網的生產模式，且人機協作是智慧聯網生產模式中，實際產出的重要環節。透過機器與機器間數據資料的傳輸，輔以人為的資料彙整與監控，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。⁴⁴

在個別企業的應用情形，以 1984 年成立的佳世達（Qisda）科技股份有限公司為例，該公司以 ISO10218 及 ISO/TS 15066 為基礎，設計 3 道安全防護機制：「有效區隔、感應減速、碰觸停止」，成為

⁴² 世界機器人聯盟（International Federation of Robotics, IFR）（2021）。2021 年世界機器人報告。Website: https://ifr.org/downloads/press2018/2021-01-27_IFR_press_release_Robot_density-Chinese.pdf. Retrieved date: 2022/8/10.

⁴³ 林怡慧（2021）。因應產業人機協作新趨勢對勞動環境及勞動權益之影響與展望專家學者諮詢會議紀要報導。勞動部台灣勞工季刊，第 65 期，頁 4-13。

⁴⁴ 張智奇、連瑋鑫（2021）。人機協作對於人力需求及技能發展的影響及挑戰。勞動部台灣勞工季刊，第 65 期，頁 24-33。

全台灣第 1 家取得人機協作安全認證的高科技製造廠，人機協作生產線因為多數製程已經由機器手臂取代，員工需求也大幅降低。其具體效益包括減少 61% 的線上人力、提升生產效益 80% 以上、生產坪效增加 52%，且投資效益預計 2 年內即可回收。⁴⁵

台灣擁有優質的人力資源，製造業的技術也領先世界，以人機協作機器人的製造與應用來說，從智慧機器人的上游零組件生產端、中游製造端、下游系統商等，台灣的廠商都發揮了很好的功能，且近年來在政府政策的引導之下，逐步形成聯盟，以團隊方式應對國際的競爭。例如 2011 年合併原先的台灣機器人產業發展協會（ROBOAT）與台灣製造工程與自動化科技協會（TSMEA）所成立的台灣智慧自動化與機器人協會（TAIROA），該協會之下就成立了「台灣機器人產學聯盟」、「台灣智動化系統整合聯盟」以及「服務型機器人聯盟」，匯集上中下游廠商，共同「加速建構智慧自動化與機器人發展環境。提升產業產值，擴大產業規模」。⁴⁶

在機器人設備與系統整合服務方面，除了工研院所開發的機器人技術，在民間企業也有開發出不少自用的機器人。2016 年創立的達明機器人，是我國第一家，也是目前唯一一家的人機協作機器人品牌與生產商。公司總部位於台灣，涵蓋產品研發、生產及製造。達明所生產的協作機器人，不僅應用在製造業（如東培工業與銓寶工業），也應用在服務業（如新加坡的連鎖咖啡店 Crown Coffee），在推出產品後的短短三年之內，2018 年已躍升為全球第二大佔有率的協作機器人品牌，⁴⁷且透過自動化、AI、物聯網及人機協作等改變工廠運行方式，成為國際汽車製造大廠德國 Continental 集團官方

⁴⁵ 自由時報（2019）。自由財經—全台第 1 佳世達取得人機協作安全認證。Website: <https://ec.ltn.com.tw/article/breakingnews/2764254>. Retrieved date: 2022/8/10.

⁴⁶ 台灣智慧自動化與機器人協會（2022）。協會業務。Website: https://www.tairoa.org.tw/introduce/our_objective.aspx#. Retrieved date: 2022/8/10.

⁴⁷ 達明機器人（2022）。關於我們。Website: <https://www.tm-robot.com/zh-hant/about-us/>. Retrieved date: 2022/8/10.

認證供應商；而日系汽車大廠生產線終端品管關卡，更採用達明內建 3D 視覺系統的協作型機器人進行配件檢測，建置智慧化檢測系統，大幅節省時間、人力，協助製造業從自動化轉型成智能工廠。⁴⁸

工業電腦龍頭研華 (Advantech) 為我國物聯網智能系統與嵌入式平台產業之領導廠商。子公司寶元數控成立於 2007，其產品線包含各式高速高精車銑床控制器、磨床控制器、塑膠機控制器及滑軌、關節機器人控制器、自動化控制系統、可二次開發平台與伺服電機等，為智慧製造提供完整解決方案。應用領域涵蓋現代工廠各式加工應用例如模具加工零件沖壓、拋光研磨、塑料射出至機器人輔助生產、拋光、搬運、焊接、噴塗等等後加工程序，具備提供完整產品及技術面解決方案的能力⁴⁹。

而上銀科技與台達電也開發出了許多工業用協作設備，如多關節機器人，這種多軸型的機器人可以廣泛應用在 3C 電子、電子電機、金屬加工與橡塑膠業，並滿足檢測、組裝、塗膠、移載、上下料、搬運、包裝、鎖螺絲等應用領域，在智慧製造的效率以及產品良率都能夠擁有良好的成果，如圖 2-23。此外，SCARA 機器人以及 Delta 機器人都是上銀、台達電與鴻海所開發的產品。SCARA 機器人，如圖 2-24，大量被利用於搬取零件以及裝配工作，其串接的兩杆結構類似人的手臂，可以伸進有限空間中作業然後收回，達到範圍內靈活且精準地運動。而 Delta 機器人，如圖 2-25，有多個運動鏈連接機器人的底部以及最下方的末端效應器，透過底部支架的固定，所以機器臂不需要承受機體本身的重量，使得 Delta 機器人的機器臂可以用很輕的複合式材料製成，讓機器人在工作時能夠快速運行。Delta 機器人能高速運作的特性使得它在包裝產業、醫療及製藥業都

⁴⁸ 台灣就業通 (2021)。產業快訊—工業機器人產業發展。Website: <https://job.taiwanjobs.gov.tw/internet/index/DocDetail.aspx?uk=1590&docid=38567>. Retrieved date: 2022/8/10.

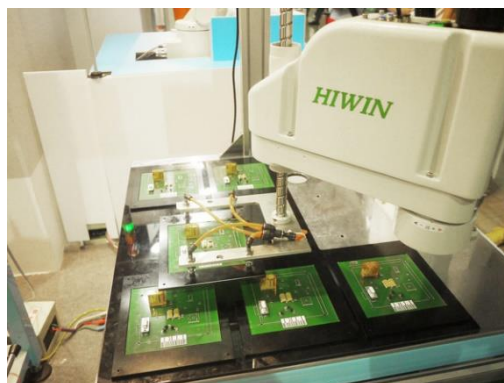
⁴⁹ 謝艾莉，"研華小金雞！工業控制器寶元數控 申請登錄興櫃"，18/07/2022. [線上]. Available: <https://udn.com/news/story/7254/6469809>.

有很好的應用，甚至可以在無塵室中對精密電子零件進行高精度的組裝。



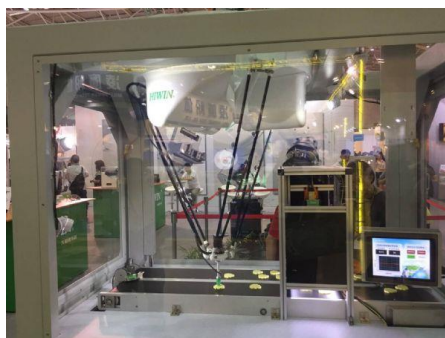
資料來源：Digitimes

圖 2-23 上銀科技餅乾包裝自動化生產線



資料來源：CTIMES

圖 2-24 上銀科技 SCARA 機器人



資料來源：Digitimes

圖 2-25 上銀科技 Delta 機器人

除了工業用機器人外，臺灣在其他領域使用到協作機器人的場域也不少。由經濟部與工研院研發的送餐機器人(AMR)標榜全臺第一突破場域限制的送餐機器人，如圖 2-26，除了不受平面空間限制外，還能夠達成搭電梯跨樓層運送的功能，並且可以 24 小時不間斷的工作；現已與統一超商進行合作，與 2023 年 3 月 1 日於高雄軟體園區試營運 AMR 外送服務，讓在公司上班的員工能夠直接透過手機 APP 點餐，享受機器人外送員，送餐到門口的便利。⁵⁰



資料來源：<https://n.yam.com/Article/20230227851272>

圖 2-26 Cubot ONE AMR

在國防官兵的訓練上，國防部為增加官兵移動、負重與搬運效率，2020 年起也推動「外骨骼動力服」科研案，開發軍用動力外骨骼系統提供官兵使用。現階段研發出無荷重酬載設計的下肢型動力外骨骼以增強野戰單位步兵的下肢肌耐力，與往後幾年也會研製負重 40 至 100 公斤的下肢型動力外骨骼。現今已研製的下肢型外骨骼動力系統，如圖 2-27，主要為膝關節動力，無荷重酬載設計，空載移動速度最高達時速 6 公里、馬達輔助扭力 40 牛頓米以上、系統總重小於 10 公斤，可有效增強步兵肌耐力，完成軍事任務，且採用鋰

⁵⁰ 工研院，「經濟部推出全臺第一個機器人外送員 Cubot ONE」，工研院，2023/02/22。
(https://www.itri.org.tw/ListStyle.aspx?DisplayStyle=01_content&SiteID=1&MmmID=1036276263153520257&MGID=112022212555095392)

電池系統，有效續航時間可長達 6 小時。而中科院計畫主持人任國光也表示此外骨骼系統若能增加載重量，往後也可以應用於工業負重用途。⁵¹



資料來源：<https://news.ltn.com.tw/news/politics/breakingnews/3716261>

圖 2-27 國防部外骨骼動力服

三、設備供應商深度訪談結果彙整

從國內兩家機器人及系統設備整合廠商的初步深度訪談結果得知，我國產業導入協作機器人的情形並不普遍，而較少導入協作機器人的原因是我國企業比較講究「效率」；由於協作型機器人較考量安全，速度較慢，效率也較低，即使工業型的協作機器人導入的數量逐年有增長的現象，大多數業者仍會因為「效率」的問題而不願導入協作型機器人。在有導入協作機器人的企業，以產業來看，大多數以電子產業與半導體產業為主，再來其他傳統產業也有客戶會引入協作型機器人，如汽車加工業與機械加工業。

我國產業目前導入人機協作的情形，若是依照 IFR 描述的範疇，我國產業主要的人機協作模式是協作機器人與人員共存，代表人員

⁵¹ 涂鉅旻，「外骨骼動力服曝光！國軍 2023 年將推「荷重型」」，自由時報電子報，2021/10/26。 <https://news.ltn.com.tw/news/politics/breakingnews/3716261>

與協作機器人在同一區域共同作業，按序協作的情形較少，因此執行的工作仍然以簡單的物料取放為主。按順序共同作業的協作模式因為會被產品定義所影響，若是產品製程較複雜，是單一機械手臂不容易達成的製作方式，這種需要精細的做工，才會出現需要人員與協作型機器人緊密合作的協作情形。其他需要較精細設定的複雜工作則因為技術含量較高，相對應的機械手臂對外售價也會較高，所以業者比較不傾向購買此種機械手臂來接替人力。

我國企業導入協作機器人的動機大致上有幾點：(1.)目前製造業的中小企業朝向少量多樣的生產模式，需要不時變換生產配置，而協作型機器人可以根據不同需求作調整，不同於傳統型工業機器人的固定性；(2)協作型機器人的操作介面較人性化，教育訓練的時間縮短，員工就能快速上手；(3)整體導入成本較低，亦即協作型機器人從安裝到生產線到能夠穩定運行所需要的成本，相比傳統工業型機器人低；(4)勞動市場環境影響企業的生產配置，由於現代人不願意做重複性高、勞力密集、低報酬的工作，廠商遂透過引進協作型機器人以減少人力需求。

依據受訪者表示，許多客戶一開始完全委託設備供應商處理協作型機器人的組裝及維修，後來為了避免商業機密外洩，同時也為了增加機械手臂與工廠原有設備的貼合性，越來越多客戶會傾向自己組裝或設計，此時公司會偏向輔導的方向而不是服務的角色。而這部分也顯示協作機器人的特點即是操作介面簡易，在後續變更生產配置或者是調整參數方面都可以由使用者來處理。

四、個案企業研究結果分析

(一)盈錫精密工業股份有限公司

在引入協作機器人前，人員多少會認為公司的製造部門未來不需要那麼多勞工，但事實證明取代人力並不是公司導入協作機

器人的主要目的；機械手臂取代原有人工上下料的動作，並在周圍加裝護欄、內建安全裝置，對於員工的安全也有所保障。雖然協作機器人減去了人員單調而粗重的工作，但取而代之的是人員必須轉型成複合型的單兵作業。人員現在必須確保配有協作機器人的生產單元，其生產流程順暢，對於操作介面必須熟悉，也必須具備基礎的障礙排除能力，甚至對成品的品質也需要有一定掌控，形成工作負荷上的轉變。許多時候生產出現問題常是人為因素，沒有一定程度細膩度的人，很容易在工作時發生狀況。若沒辦法立即排除異常狀況，就會造成公司的損失，工作壓力也不免增加。

在導入協作機器人的生產單元內，會配置兩個工具母機，工具機內的刀片磨損後需要進行更換，因整個生產單元是封閉的，因此無法直接得知刀片磨損的情況，這時就需要與機器人廠商討論如何設定換刀的訊號。另外，若機械手臂上夾具更換涉及到其本身的設定，就必須聯繫廠商來協助更換。這些都是導入協作機器人後人員必須面對的操作問題。

對於引入協作機器人所帶來的挑戰，計畫初期員工比較不具備機器與機械手臂的專業知識，所以要透過教育訓練提升員工專業技能以培養其生產方式的新思維。導入人機協作基本上是為了讓員工從純勞動力的工作解除，不但能降低職業傷害發生的可能性，也能避免重複性高的工作所產生的工作疲勞。未導入協作機器人前，人員需要在工具機之間取放物料、半成品，站立時間較長，現在員工轉變成監督多台機器，不需要長時間站立。基本上員工可待在工作中心監控，當數位儀表板呈現提醒燈號，再前往確認檢查、更換刀具或進行設備維修即可。但導入人機協作工作模式後，若在生產過程產生一些小錯誤所導致的異常狀況，對員工造成的心理負擔或影響較導入前大。原因可能在於協作機器人

的設定與操作，由於價值高昂，員工為了避免損壞或過程出錯，需要付出更大程度的細心與謹慎，所以員工進行任何步驟都需要投入高度的專注力，如此可能對員工會產生一些工作壓力。

公司導入協作機器人進行裝載工作，使得員工工作負擔減輕，但因教育訓練充足、大多招募相關專業領域員工以及工廠原先就是以智慧製造方向所建造，因此對於人員閒置的問題並沒有產生。反而在引進人機協作工作模式後，公司也長期宣導並承諾對於高價值的工作若能成功掌握會有相對的薪資提升，對於少部分不適應的員工會做出相對應的調整，提供轉換至不需要額外學習操作新機器的部門作選擇，以符合員工對於工作的期待。

公司因應人機協作的工作模式，新增了資訊部、資源部以及品保部，對於資訊系統、人力以及產品品質進行維護與把關。也開放產學合作提供學生實習機會，不僅協助產業轉型，更提升學生的實務經驗。

(二)本土股份有限公司

公司導入協作機器人後，人員需要多學習新的技術與知識，例如協作機器人的操作、程式編寫與整體生產規劃等，這些技術的提升，也讓人員對於就業保障有正向認可；但對於員工來說原本的工作內容會有所改變，需要學習原本沒有具備的技術，會對員工產生不同於以往的工作負荷。但導入協作機器人的好處是，長時間重複動作所造成的疲勞、減少連續工作的能力及肌肉產生疼痛有所減少，員工就不會因職業傷害出現疲乏感而降低士氣。且由於使用協作機器人能減少因人員的失誤而使生產線需要暫停的情形發生的頻率，故對於生產效率有一定程度的提升。

花費人力與時間的上下料工作交由協作機器人執行後，員工僅需花費短時間將工件擺放至料盤或是對工件進行檢驗的工作，

故員工會有多餘的自我時間；對此，公司也傾向讓單一人員增加生產單元的管理數量，避免閒置時間的浪費，給予員工的反饋則會考慮增加薪資以此留住學會技術的員工，避免人才流失。並視人員學習意願，如果具備更多技術，就會有薪資調整的空間。

自 2018 年導入人機協作模式後有達到預期效果，產量與沒導入前比有明顯增加，引入的機械手臂也可以依照過往經驗去做符合需求的變更，員工上手的速度也相當快，預期未來也會更新廠房，打造更適合人機協作的環境，並加入無人搬運車(AGV)或移動式機器人(AMR)傳遞物料或樣品，使整體生產線流程更加有效率並使生產動線更順暢。

(三)友達光電股份有限公司

公司的協作機器人不只協助生產製造中搬運料件，針對工廠設備的巡檢，公司內部也有開發自動巡檢設備，結合 AGV 無人搬運車與協作機器人，形成自主移動機器人(AMR)，輔助員工完成一些工廠設備或機台的巡檢任務。生產線會由機械手臂與員工搭配，結合 AIoT 等技術，提供先進的自主移動機器人(Autonomous Mobile Robot, AMR)，搭配 AI 視覺化設備以及友達專屬的智慧車隊管理系統，從產線製造到物料配送，系統化提升生產與管理效率。導入協作型機器人的區域大多在生線後段，協作機器人也會出現在光阻自動補給系統的作業中：利用自主移動機器人(AMR)協助抽取、搬運危險化學物質的容器，藉此避免員工接觸到危險化學物質(去光阻液)。比較特別的是，從發那科(FANUC)購入的小型工業機器人，經過加裝公司研發的人工皮膚，只要員工一碰觸到皮膚感應器機器人就會停下動作，並且降低其運轉功率，提高人機協作環境的安全性。

公司在導入協作機器人的過程中最大的挑戰，是由於導入的協作型機械手臂大多是輕量化，因此若是光電量板體積太大就無法使用機械手臂做取放的動作，導致機械手臂的使用範疇受到限縮。但就員工角度而言，引進協作機器人後工作變得比較不費體力，公司希望他們可以嘗試從事其他更具價值的工作。且由於協作機器人僅是自動化與智慧工廠的一環，導入協作機器人後，員工的工作環境並沒有沒有明顯改變，反而協作機器人本身對於員工的職場安全性與生產動線的順暢有更大的幫助。

(四)群創光電股份有限公司

多數協作機器人投入在自動化的生產線上，半導體生產線的部分，主要使用 AGV 與機械手臂組裝成 AMR (Autonomous Mobile Robot) 在無塵室運送晶圓，AMR 一次可以運送裝載有 20-25 片晶圓的晶圓製程盒(FOUP)四個，並透過 Mark 掃描得知晶圓運送的起始點與終點、製成盒中的內容物名稱，避免高價值商品運送錯誤或是運送途中發生損害的情形。使用協作機器人進行機協作的有兩個好處，一是讓人員從無塵室中解放，不需要再穿戴悶熱的無塵衣，且降低人員在搬運晶圓時所產生的心理壓力；二是相較傳統工業型機器人，協作型機器人的安全性更高。但協作機器人的負重及剛性較不足，只能用在輕巧的工作，抵抗形變的能力較差，因此有時候碰撞後容易產生傷痕。

五、問卷調查結果分析

(一) 未導入人機協作之企業調查結果

1. 事業單位推動自動化現況

詢問未導入協作機器人的事業單位，整體生產過程由傳統工業機器人來完成的比例，問卷結果顯示 60.9%的事業單位在自動

化的程度上不到 10%(見表 2-3)。整體上，這些事業單位生產過程由傳統工業機器人來完成的比例相當低，自動化程度應也不高；然而運用工業機器人從事生產比例達 70%以上者，占比也有 19.5%。這些事業單位可能因為大量生產的製造模式，工廠內已經有固定的自動化生產流程，自然不會再考慮引進協作機器人。

表 2-2 事業單位整體生產過程由傳統工業機器人來完成的比例

選項	家數	有效百分比(%)
不到 10%	586	60.9%
超過 10%不到 30%	55	5.7%
超過 30%不到 50%	52	5.4%
超過 50%不到 70%	81	8.4%
70%以上	188	19.5%
總計	962	100%

在未導入協作機器人的情況下，詢問事業單位是否會擔心與其他有導入人機協作的同業相比，事業單位競爭力較為不足。87.1%的事業單位表示不會擔心；僅有 12.9%的事業單位會因此而擔心。(見表 2-4)

表 2-3 是否會擔心事業單位競爭力不足

選項	家數	有效百分比
不擔心	838	87.1%
會擔心	124	12.9%
總計	962	100%

而詢問 124 家會擔心競爭力不足的事業單位，原因選擇最多的是「生產效率無法提升」，占了 55.6%；其次是「人力短缺問題無法解決」的選項，占了 54%；再者為「產品品質無法提升」，占了 33.9%。「人力成本提高」與「員工的工作環境較差」兩個選項最少，各自僅有 4.8%。(見表 2-5)

表 2-4 擔心事業單位競爭力不足的原因(複選題)

選項	回答次數	觀察值百分比
生產效率無法提升	69	55.6%
人力短缺問題無法解決	67	54.0%
產品品質無法提升	42	33.9%
產品需求趨向多元化，產線無法因應	27	21.8%
員工的工作環境較差	6	4.8%
人力成本提高	6	4.8%

進一步詢問 124 家會擔心競爭力不足的事業單位，是否因此採行因應措施，有超過一半的事業單位表示已採取相關因應措施(55%)(見表 2-6)。進一步詢問因應措施的內容，結果是以「加快自動化的進程」為最多，占了 54.4%。其次是「增加聘僱外籍移工」，占了 44.1%；再者為「規劃員工教育訓練」，有 20.6%(見表 2-7)。事業單位考慮到目前缺工情況以及產能效率提升之需求，因此認為必須採取加快自動化的進程以及引進基層移工的方式來解決。就此，引進協作機器人往往不是事業單位為了解決這些問題的首要選擇。至於，這些因應措施是否有效，有 73.5%的事業單位認為所採行的因應措施能夠有效解決問題。(見表 2-8)

表 2-5 是否因擔心競爭力不足而採行因應措施

選項	家數	有效百分比
有採行	68	54.8%
無採行	56	45.2%
總計	124	100%

表 2-6 事業單位擔心競爭力不足而採行的因應措施(複選題)

選項(因應措施)	回答次數	觀察值百分比
加快自動化的進程	37	54.4%
增加聘僱外籍移工	30	44.1%
規劃員工教育訓練	14	20.6%
將部分製造過程外包給其他廠商	13	19.1%
重新規劃生產線	8	11.8%
減少訂單	3	4.4%
改善勞動條件(如工資、工時與福利等)	2	2.9%
簡化製造流程	2	2.9%
工時拉長	1	1.5%

表 2-7 事業單位對於競爭力不足所採行的因應措施之效果

選項	家數	有效百分比
有效	50	73.5%
無效	18	26.5%
總計	68	100%

2. 對人機協作生產模式之看法

詢問事業單位未導入協作機器人的原因，問卷結果最多回答次數的選項是「主要工作內容還是需要人力操作，無法使用人機協作取代」，占了 57.1%；其次是「事業單位的產能目前還能應付客戶需求」占了 46.3%；再者則是「事業單位產品屬於客製化」，占了 35.9%(見表 2-9)。若進一步詢問受訪企業在所勾選的原因中何者最為中意，則以「主要工作內容還是需要人力操作，無法使用人機協作取代」的勾選比例最高，其次是「事業單位的產能目前還能應付客戶需求」(見表 2-10)。主要工作內容無法使用人機協作取代可能是受限於機器的智能與感測能力，某些精巧或細緻的工作，例如產品為電腦或手機之精細工作或製程中需要

隨時校正調整的工作，協作機器人不具有人工的感官能力與工作經驗或是為了使機器人達到人工的良品率需要加裝高成本的設備。

表 2-8 未導入協作機器人的原因(複選題)

選項	回答次數	觀察值百分比
主要工作內容還是需要人力操作，無法使用人機協作取代	549	57.1%
事業單位的產能目前還能應付客戶需求	445	46.3%
事業單位產品屬於客製化	345	35.9%
協作機器人價格高	279	29.0%
事業單位已經或打算採取全自動化生產模式，不需要協作型機器人	271	28.2%
事業單位產業無需使用人機協作	213	22.1%
事業單位生產方式不適用	183	19.0%
廠房內無空間可以擺放額外的機台	77	8.0%
還在考量是否適合導入事業單位	71	7.4%
因電路 PC 板種類規格不定，需依靠人力完成	47	4.9%
事業單位缺乏相關人員可以操作	40	4.2%
金屬表面處理為代工作業不適合人機協作取代	27	2.8%
訂單量少	21	2.2%
事業單位生產作業大部分外包	15	1.6%
教育訓練不知道如何安排	9	0.9%
擔心人力有閒置情形	8	0.8%
焊接技術還需肉眼判斷，故無法使用人機協作取代	7	0.7%
事業單位營收衰退無資金導入	4	0.4%
無產業相關可用的協作機器人	4	0.4%
員工排斥新科技與技術	3	0.3%
事業單位考慮歇業	2	0.2%
電子零件代工作業不適合人機協作取代	2	0.2%

表 2-9 未導入協作機器人的最主要原因

選項	家數	有效百分比
主要工作內容還是需要人力操作，無法使用人機協作取代	228	23.7%
事業單位的產能目前還能應付客戶需求	160	16.6%
事業單位產品屬於客製化	130	13.5%
事業單位已經或打算採取全自動化生產模式，不需要協作型機器人	106	11%
協作機器人價格高	96	10%
事業單位產業無需使用人機協作	87	9%
事業單位生產方式不適用	63	6.5%
還在考量是否適合導入事業單位	22	2.3%
因電路 PC 板種類規格不定，需依靠人力完成	17	1.8%
廠房內無空間可以擺放額外的機台	17	1.8%
訂單量少	9	0.9%
金屬表面處理為代工作業不適合人機協作取代	8	0.8%
事業單位生產作業大部分外包	6	0.6%
事業單位缺乏相關人員可以操作	4	0.4%
無產業相關可用的協作機器人	2	0.2%
焊接技術還需肉眼判斷，無法使用人機協作取代	2	0.2%
教育訓練不知道如何安排	1	0.1%
擔心人力有閒置情形	1	0.1%
事業單位考慮歇業	1	0.1%
事業單位營收衰退無資金導入	1	0.1%
電子零件代工作業不適合人機協作取代	1	0.1%
總計	962	100%

詢問事業單位未來是否考慮採用人機協作，問卷結果顯示尚未採用人機協作的事業單位未來也不會採取的比例最高，占了 72%(見表 2-11)。接著，詢問事業單位假設未來有導入人機協作，會期待人機協作工作模式帶來的甚麼樣的效益。最多事業單位選擇的選項是「生產效率提升」，占了 76.6%；第二是「產品品質提升」占了 65.4%；「解決人力短缺的問題」、「減少員工的體力勞動」兩項則也各有 46.5%的事業單位選擇。(見表 2-12)

表 2-10 未來是否會採行人機協作

選項	家數	有效百分比
不會	693	72%
會	143	14.9%
不確定	126	13.1%
總計	962	100%

表 2-11 事業單位預期人機協作模式帶來的效益(複選題)

選項	回答次數	觀察值百分比
生產效率提升	206	76.6%
產品品質提升	176	65.4%
解決人力短缺的問題	125	46.5%
減少員工的體力勞動	125	46.5%
為產業升級做準備	79	29.4%
人力資源的配置可以更有效利用	80	29.7%
生產配置更靈活，能製作更多客製化的產品	49	18.2%
減少人力成本	16	5.9%

對於未來打算導入協作機器人的事業單位，詢問需要政府提供甚麼協助，從問卷結果可以看出事業單位最期待政府對事業單位引進人機協作提供的相關協助，最多為「人機協作機器設備的補助」，占了 86.2%；其次為「生產線規劃之指導」，占了 56.8%。(見表 2-13)

表 2-12 政府提供協助的種類(複選題)

選項	回答次數	觀察值百分比
人機協作機器設備的補助	829	86.2%
生產線規劃之指導	546	56.8%
人機協作機器操作指導	486	50.5%
對事業單位安全衛生措施之指引	405	42.1%
無需政府協助	43	4.5%

此外，近幾年因為 COVID-19 疫情關係，導致許多產業勞動力短缺情形加劇，各行業對自動化的需求預期有所增加。就製造業而言，COVID-19 可能促使國內廠商加速自動化方面的投資，以獲得營運效率和舒解人力短缺的壓力。不過，問卷調查結果呈現的是絕大多數事業單位表示 COVID-19 疫情不會促使其加速導入人機協作的進程，占了 95.1%(見表 2-14)。推測主要原因在於疫情造成部分產業的訂單情況不如預期，較無提升產能的壓力，以事業單位目前的產能尚能應付客戶需求。

表 2-13 新冠肺炎是否會加速人機協作的進程

選項	家數	有效百分比
是	47	4.9%
否	915	95.1%
總計	962	100%

分析事業單位整體生產過程由工業機器人來完成的比例是否會因為事業單位的基本資料而有所不同，於表 2-15 呈現交叉比對的結果。總體來看不論事業單位的基本特性為何，生產過程由傳統工業機器人完成的比例不到 10%的選項皆達到 5、6 成。另外藉由卡方檢定發現產業別項目在交叉分析表達到 0.1%顯著水準，深入檢視可以發現產業別為金屬製品製造業的比例低於電子零組件製造業，占了 51.4%，後者則是占 69.7%。整體來看，金

屬製品製造業的事業單位於生產過程中由傳統工業機器人來完成的比例較高，此從交叉分析表的選項中「超過 10%不到 30%」金屬製品製造業的比例皆大於電子零組件製造業的廠商可以看出。

表 2-14 事業單位整體生產過程由傳統工業機器人來完成的比例交叉分析表

		S5 事業單位整體生產過程由傳統工業機器人來完成的比例大約多少？					
		不到 10%	超過 10%不到 30%	超過 30%不到 50%	超過 50%不到 70%以下	70%以上	家數
合計		60.9%	5.7%	5.4%	8.4%	19.5%	962
產業別***	金屬製造	51.4%	6.7%	6.3%	11.0%	24.6%	463
	電子製造	69.7%	4.8%	4.6%	6.0%	14.8%	499
事業單位規模**	不到 100 人	63.9%	4.4%	4.8%	7.2%	19.6%	746
	100 以上不到 200	52.3%	12.5%	5.5%	10.2%	19.5%	128
	200 人以上	47.7%	6.8%	10.2%	15.9%	19.3%	88
事業單位所在地#	北部地區	68.6%	3.4%	4.6%	6.8%	16.6%	439
	中部地區	55.6%	8.5%	7.3%	11.2%	17.4%	259
	南部地區	53.3%	6.9%	5.0%	8.4%	26.4%	261
	東部地區	66.7%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	3
年齡別*	較年輕	55.9%	6.9%	4.9%	11.3%	21.0%	390
	較老化	64.3%	4.9%	5.8%	6.5%	18.5%	572

說明：卡方檢定之顯著水準以「*」表示 p-value <0.05、「**」表示<0.01、「***」表示<0.001；若有任何一個格子內期望個數小於 5 的格子數比率超過 20%以上，則不予以進行卡方檢定，以「#」表示。

分析未來事業單位是否會考慮採行人機協作的工作模式是否會因為事業單位的基本資料而有所不同，於表 2-16 呈現交叉比對的結果。金屬製品製造業願意採行的比例高於電子零組件製造業，可能原因有兩個：第一個是電子零組件製造業的主要工作內容需要依賴員工相關的專業知識或工作經驗才能有效率地完成工作，例如雲端數據計算或障礙排除，此類工作偏向精密工程，為協作機器人暫時還無法憑藉學習而替代員工的工作。

表 2-15 未來事業單位是否會考慮採行人機協作的工作模式交叉分析表

		S10 未來事業單位是否會考慮採行人機協作的工作模式			
		會	不確定	不會	家數
產業別***	合計	14.9%	13.1%	72%	962
	金屬製品製造業	19.9%	15.1%	65%	463
	電子零組件製造業	10.2%	11.2%	78.6%	499
事業單位規模**	不到 100 人	11.7%	10.6%	77.7%	746
	100 以上不到 200	19.5%	21.1%	59.4%	128
	200 人以上	35.2%	22.7%	42%	88
事業單位所在地#	北部地區	12.5%	10.7%	76.8%	439
	中部地區	18.9%	17.8%	63.3%	259
	南部地區	14.9%	12.3%	72.8%	261
年齡層#	較年輕	16.7%	14.4%	69.0%	390
	較老化	13.6%	12.2%	74.1%	572

說明：卡方檢定之顯著水準以「*」表示 $p\text{-value} < 0.05$ 、「**」表示 < 0.01 、「***」表示 < 0.001 ；若有任何一個格子內期望個數小於 5 的格子數比率超過 20% 以上，則不予以進行卡方檢定，以「#」表示。

事業單位基本資料與需要政府提供協助種類進行交叉分析，分項檢視各類別事業單位認為當初導入協作機器人的原因是否存在差異。從交叉分析表來看，不論基本資料類別為何，「人機協作機器設備的補助」的選項比例達 8-9 成(見表 2-17)。在事業單位規模「100 人以上不到 200 人」與「200 人以上」的比例都偏高，推測是事業單位規模較高，若導入協作機器人生產線需要做的變更會更多，所需要的資本也會較高。

表 2-16 未來導入協作機器人，需要政府提供何種協助交叉分析表

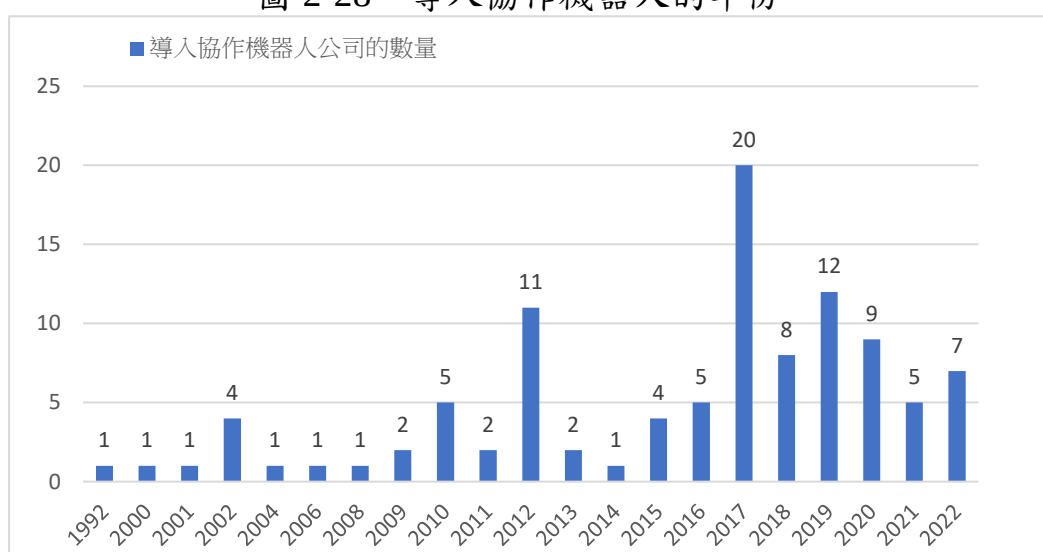
		S12 未來導入協作機器人，需要政府提供何種協助					
		人機協作機器設備的補助	生產線規劃之指導	人機協作機器操作指導	人機協作導入對於事業單位安全衛生措施之指引	無需政府協助	家數
	合計	86.2%	56.8%	50.5%	42.1%	4.5%	962
產業別	金屬製品製造業	83.2%	54.0%	48.8%	38.7%	7.6%	463
	電子零組件製造業	89.0%	59.3%	52.1%	45.3%	1.6%	499
事業單位規模	不到 100 人	84.9%	55.4%	48.4%	38.9%	5.2%	746
	100 人以上不到 200 人	90.6%	62.5%	58.6%	50.8%	1.6%	128
	200 人以上	90.9%	60.2%	56.8%	56.8%	2.3%	88
事業單位所在地	北部地區	89.3%	60.8%	53.5%	45.6%	0.5%	439
	中部地區	84.2%	51.0%	46.3%	38.2%	7.3%	259
	南部地區	82.8%	56.3%	50.2%	40.6%	8.4%	261
	東部地區	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3
年齡別	較年輕	85.1%	56.9%	47.4%	38.7%	5.1%	390
	較老化	86.9%	56.6%	52.6%	44.4%	4.0%	572

(二) 有導入人機協作之企業調查結果

1. 公司導入協作機器人之情形

就導入協作機器人當年的年次來看，2017 年前導入的公司較少，多數都不超過五家公司，一直到 2017 年，導入協作機器人的公司明顯變多，尤其 2017 年共有 20 家公司導入協作機器人，此情顯示協作機器人興起約是近五年之事(見圖 2-28)。

圖 2-28 導入協作機器人的年份



就導入協作機器人的數量來看，本次問卷調查結果數量導入 1 台到 5 台的數量最多，共有 79 家，占了 76.7%。其次為導入 6 台到 10 台的公司，共有 15 家，占了 14.6%。大約七成的企業導入的協作機器人數量不到 5 台，11 台以上的比例皆不超過 5%，顯示多數企業即使有導入協作機器人，但導入的量都不多。(見表 2-18、19)

表 2-17 協作機器人數量(1/2)

協作機器人數量(台)	家數	有效百分比
1-5	79	76.7%
6-10	15	14.6%
11-15	2	1.9%
16-20	3	2.9%
21 以上	4	3.9%
總計	103	100%

表 2-18 協作機器人數量(2/2)

協作機器人數量	家數	有效百分比
1	28	27.2%
2	22	21.4%
3	12	11.7%
4	10	9.7%
5	7	6.8%
6	3	2.9%
7	1	1.0%
8	3	2.9%
9	2	1.9%
10	6	5.8%
15	2	1.9%
18	1	1.0%
20	2	1.9%
25	1	1.0%
30	1	1.0%
36	1	1.0%
230	1	1.0%
總計	103	100%

詢問企業整體生產過程由機器(包含傳統工業用機器人、協作機器人)完成的比例，整體來說，大約有七成的企業在生產過程中的自動化設備(機器)投入在 50%以下。但調查這些有導入自動化設備的企業，使用協作機器人進行生產的公司以「不到 10%」的比例最多，也呼應這些企業導入的協作機器人數量並不多(見表 2-20)。

表 2-19 生產過程由協作機器人來完成的比例

選項	家數	有效百分比(%)
不到 10%	44	42.7
超過 10%不到 30%	26	25.2
超過 30%不到 50%	18	17.5
超過 50%不到 70%	6	5.8
70%以上	9	8.7%
總計	103	100%

就協作機器人的種類，問卷結果為協作機器人的類型最多的為電動式機械手臂共 71 隻，占了全體 68.9%。其次氣壓式機械手臂共占了 31.1%(見表 2-21)。而對於協作機器人的用途，大多數為最簡單的拾放(夾取物件)約占 47.6%。其次為焊接與搬運，各占全體 22.3%與 20.4%(見表 2-22)。顯示協作機器人在我國企業的運用上仍偏向輔助工人的性質，亦即從事簡單的操作，尚未進入更精細的生產作業流程。而在引進人機協作生產模式後，調查顯示從導入到能夠穩定使用所需的時間不長，回答「不到一年」的企業超過半數(占 57.3%)；其次為回答「一年到三年」的企業(占 32%)(見表 2-23)。從調查結果可以推論協作機器人不像傳統工業型機器人，所需要的學習歷程及員工上手時間較短，可以節省員工學習操作機器人的時間成本。

表 2-20 協作機器人的種類(複選題)

選項	回答次數	觀察值百分比
氣壓式機械手臂	32	31.1%
液壓式機械手臂	9	8.7%
電動式機械手臂	71	68.9%
自主移動機器人(AMR)	3	2.9%

表 2-21 協作機器人的用途(複選題)

選項(協作機器人用途)	回答次數	觀察值百分比
組裝	10	9.7%
鎖螺絲	2	1.9%
堆垛	2	1.9%
拾放(夾取物件)	49	47.6%
包裝	3	2.9%
焊接	23	22.3%
鑄鍛	2	1.9%
噴漆	3	2.9%
搬運	21	20.4%
研磨清潔	1	1.0%
凹型	1	1.0%
折曲	2	1.9%
修毛邊	1	1.0%
製作過程檢驗	2	1.9%
投產	1	1.0%

表 2-22 人機協作模式穩定所需時間

選項(所需時間)	家數	有效百分比(%)
不到一年	59	57.3%
一年到三年	33	32%
三年以上	11	10.7%
總計	103	100%

以複選題的形式詢問企業導入協作機器人的原因，問卷結果最多的是「增加生產效率」，共有 68 次的回答，占全體 66%，達半數以上；其次是「人力短缺」，共有 42 次回答，占了 40.8%；而「減少員工的工作負荷」也占了 36.9%(見表 2-24)。

表 2-23 導入協作機器人的原因(複選題)

選項(導入原因)	回答次數	觀察值百分比(%)
增加生產效率	68	66.0%
人力短缺	42	40.8%
減少員工的工作負荷	38	36.9%
提升產品品質	35	34.0%
為工廠智慧自動化的一環	20	19.4%
因應產品需求多元化趨勢	14	13.6%
減少輪班或夜間工作的人力	5	4.9%
申請政府補助計畫	1	1.0%
因應客戶要求	1	1.0%
為跟上製造業發展生態	1	1.0%

詢問企業協作機器人的引進是否有達到預期的效果，絕大多數的企業給予肯定的回答，僅有 7 家企業認為未達到預期效果。進一步詢問未達其預期效果的原因，則各個選項皆有選擇者。其中以「人力缺口過大」、「剛導入還無法正常運作」回答者稍多(見表 2-25)。

表 2-24 未能得到預期效果的主因(單選)

選項	家數	有效百分比
導入協作機器人的量不夠多	1	14.3%
協作機器人運作速度慢	1	14.3%
協作機器人不夠客製化	1	14.3%
人力缺口過大	2	28.6%
剛導入還無法正常運作	2	28.6%
總計	7	100%

六、專家諮詢會議意見彙整

本案並未針對我國人機協作發展趨勢及應用為題辦理專家諮詢會議。但在各個議題的討論中，專家學者亦有針對人機協作的定義、趨勢分享經驗與研究方面的意見。彙整三場座談會中各專家學者提及的重要觀點如下：

- (一)對於當前人機協作在產業的應用以及人機協作的概念，許多企業可能不是太了解，導致許多工廠對於引進協作機器人興致缺缺。企業也可能會以為有採用機械手臂就算是人機協作。因此進行調查時若能夠確保受試者對於人機協作的概念是清楚的，有助於調查結果的分析。廣義而言，固定式的協作型機器人，員工的工作範圍與機器人作業區域有發生重疊，就能定義為人機協作；若是移動式的機器人則有所不同，情況更複雜。須注意的是，ISO/TS 15066 即將併入 ISO 10218 系列，未來即不會再針對「協作型機器人(Cobot)」本身作定義，而是協作的應用(Collaborative application)，也就是說傳統工業型機械手臂，只要符合安全設定與標準也有可能採用人機協作的生產模式。
- (二)我國製造業缺工情形越來越嚴重，此結果或可用導入協作機器人來解決，但並非那麼容易。產業未導入協作機器人的原因主要有：(1)投資成本太高，但人力節省效果不明顯；(2)協作機器人的效率相對於傳統工業型機器人小，無明顯提升產能的效果；(3)人機協作技術不夠成熟或是未必符合企業需求，企業不會貿然採用協作機器人；(4)傳統產業的人工作業無法以人機協作模式取代。
- (三)從產業特性而言，由於大多數引進的協作型機器人皆為機械手臂，而機械手臂為了展現靈活性，本身的抓取力大約為 15 公斤，對於許多需要抓取重型物品的產業來說，協作型機器人就相對

工業型機器人顯得無力。從企業規模的角度來看，中小型製造業引進人機協作機器人的比率相較大型企業來得低，可能是中小企業大多為傳統產業，在生產過程中還是需要依靠人力進行許多作業。且依企業規模也影響公司財力、廠房大小、員工訓練等等因素，中小企業負擔這些多餘的成本也比大型企業來得更加困難，導致部分廠商寧願購置生產特定產品之設備，而非導入機械手臂或人機協作的相關設備。

(四)對於中小企業業者的諸多考量，學者也建議能夠以循序漸進的方式導入協作型機器人，從較為簡單的工業3.5推行至工業4.0。學者分析，導入人機協作後，勞動力投入成本不一定減少，且須額外投入設備，增加整體資本投入，這對中小企業可能是一個負擔。應先釐清企業導入協作機器人之原因，是否將導入協作機器人作為全面自動化生產前的替代措施。另外，問卷調查顯示中南部企業導入人機協作的比例較高，其中一個原因應是「缺工」，也建議未來可從缺工角度切入分析，探詢導入人機協作對於缺工的幫助程度。

(五)對於不同產業與企業，係因考量各自需求或同業競爭者之行為等因素後導入人機協作或人工智慧，存在許多不同導入的樣態，後續建議將其他影響因子同步納入分析，例如：進行「導入人機協作之企業規模」與「導入成本」的交叉分析，以深入了解相關細節。更建議可以多以勞工角度討論導入人機協作後的影響，更了解人機協作工作模式對於勞工的直接影響。

(六)中小型企業引入協作型機器人的比率並不高，可能是受到產業特性與產業價值鏈所影響，本次研究著重於製造業中特定行業的人機協作工作模式研究，建議往後能夠再多觀察其他行業的應用情形。

第四節、小結

對於全球邁向工業 4.0 的進程，許多國家已經著手將人機協作這種工作模式帶入各產業，而導入人機協作最主要的目標並不是取代人力，而是透過科技與網路結合機械與生產用具，整合現有資源並且加以開發並改善效能。正因如此，在推動工業 4.0 智慧設備的同時，人機協作內的「人」也必須與時俱進學習如何在智慧機械環境中最有效的操作，達到提升效能的願景。

從各國經驗可以得知日本、韓國兩國家則是大多應用於家電及汽車生產產業，日韓兩國的汽車品牌 Toyota、Hyundai 以及 KIA 為全球汽車品牌當中銷量最高的佼佼者⁵²，其在生產汽車的過程當中，裝配的過程會使用到 PUMA 機器人（Programmable Universal Machine for Assembly）及 SCARA 機器人（Selective Compliance Assembly Robot Arm）。而在家電生產方面，在生產過程當中，也使用了不少協作機器人進行輔助，如組裝機器人、搬運機器人（Automated Guided Vehicle, AGV）等等；美國在人機協作上，除了以往在科學研發方面的應用，近年來美國的服務性機器人也逐漸走入市面。有許多公司在醫療領域開發了醫療機器人以及手術機器人；德國作為全球製造業的龍頭，同時也是機械設備輸出的第一大國，在生產各項機械設備以及汽車上，也會運用到上述所提到的 PUMA 機器人以及 SCARA 機器人等專門用於大型機械設備的操作手臂。

從相關產業訪談、及問卷調查結果的分析，目前我國在人機協作的實施現況，相較於已開發國家而言，導入的產業及企業有限，主要受限於產業規模的大小、投資成本、人機協作觀念未普及化、對受控體機器的控制能力、及受控體機器硬體的極限。人機協作是勞動力缺乏問題，有效解決方法之一，建議未來可以了解多元勞動

⁵² Haigh, R (2022).AUTOMOTIVE INDUSTRY 2022 RANKING.BRAND FINANCE.
<https://brandirectory.com/rankings/auto/table>.

力的現況，焦點不必然集中在製造業；協助業者開發結合機器視覺的精密高速控制程式，讓受控體機器，由自動化朝向智動化的方向發展；普及全民自動化及人工智慧的概念。結合產官學的實務經驗、科學教育、及研究能量，相信立基在我國的半導體實力，人機協作很快就能發展起來，短缺的勞動力也能儘速地補足。

第三章 人機協作對勞工勞動條件與工作環境之影響 與因應

本章主要探討人機協作模式對於勞工的勞動條件與工作環境之影響。勞動條件部分主要為勞工工作內容與作業模式在企業導入人機協作後產生的變化，其中包含有否因為機器人的協助而減少某些重複性、高負荷、不符合人體工學的動作，或是因為工作減輕而增加其他新的工作內容。在工作環境方面，除物理上的空間環境變化，亦探討勞工對於引進人機協作之新工作模式後的反應及對勞動權益的影響。本章共分為四節，第一節為「國際主要國家經驗之蒐集分析」，此部分先針對外國相關文獻進行蒐集與探討，由於各國經驗的相關資料蒐集有其困難，故著重在各個國家的個別企業導入人機協作之實例，以及協作機器人如何影響勞工的工作方式，改善工作環境與條件等。第二節為「我國人機協作對勞動條件與工作環境影響之現況問題分析」、第三節為「我國人機協作對勞動條件與工作環境影響之因應策略」。該兩節關於國內人機協作的探討同樣囿於有關勞工勞動條件與勞動權益方面的相關文獻較缺乏，故以個案企業訪談的實務經驗以及問卷調查結果分析作為主要內容。

第一節、國際與主要先進國家經驗之蒐集分析

一、國內外相關文獻蒐集分析

研究團隊所蒐集的相關文獻較少直接論及協作機器人在勞動條件以及工作環境方面對於勞工的影響，亦幾乎無人機協作對勞動權益影響有相關的討論。歸納所蒐集的資料，除探討人機協作對勞工的影響，亦有不少文獻在分析影響人機協作模式在企業中推動的關鍵因素。本節先對整體上人機協作在企業的功能特點以及其對勞工就業的影響，再就所蒐集到人機協作與勞工相關的文獻，主要對「人機協作模式對勞工的影響」面向進行描述與討論，其他面向則為補充，例如影響人機協作模式的人為因素、對身障就業者的影響、文化差異對勞工接受度的影響等。

(一) 人機協作的主要應用

隨著中國、東協國家人力成本的上升，許多過去沒有或甚少導入自動化設備的企業也開始尋求機器人自動化解決方案，例如 3C 相關行業、醫藥、食品、物流等行業，或是空間緊迫的 CNC 車間、塑膠射出廠與普遍的中小企業等。這些行業中的特點是產品種類很多、體積普遍不大、對操作人員的靈活度要求高。而傳統工業機器人很難在成本、時間可控的情況下給出令人滿意的解決方案。因此透過人與機器人的協作模式，可擺脫過去傳統工業機器人學習曲線高、收費高、占地成本高等缺點。人類具備高感官能力，在人機協作模式下主要負責對視覺、觸覺、靈活性要求比較高的生產步驟，機器人則利用其快速、準確的特點來負責重複性的工作。例如人員組裝手機或電腦等精密電子產品，協作機器人負責把主要零配件、螺絲放到合適的位置(Pick / Place)，人員負責排線安裝、卡扣，鎖螺絲的工作再交給搭配鎖螺絲機專用工具的協作機器人來完成。或是在組裝鍵盤的過程，可以由人把按鍵放置到位，協作機器人來進行卡扣

的工作。⁵³目前，無人工廠或是全部人工的工廠都是較少見的，事實上絕大部分的場域都需要同時有人和機器。人與機器人可以各司其職，協作機器人可以做無聊、笨重及危險的工作，而人員可以從事細緻、多變、需要檢查的工作，當生產線可以更好地融合人與機器人，就能邁向智慧製造的另一個進程。⁵⁴因此，人與機器人如何分工端視如何利用人與機器的優勢達到最有效率的生產流程。

針對人機協作帶來勞動條件上的改變與人力訓練等挑戰，尤其勞動市場是否會受到衝擊，勞工被機器人取而代之而失業等議題備受關注。原見精機的蘇瑞堯董事長認為：人機協作是讓員工角色轉換成機器的「調整者或訓練者」，如果企業轉型成無人智慧工廠或是所謂的關燈工廠，才可能發生勞工失業問題。如同關燈工廠或是無人工廠這類的供應鏈，只能生產低價商品，且產線規格必須固定，一旦要更換產品或生產規格，就會勞師動眾。⁵⁵因此以目前的發展，製造業本質上脫離不了人，從機器使用的現場來看，人機協作比較像是工人多了幫手去處理許多本來費時、重複性、高負荷的工作。而此分工的情況下，人類得以處理其他更具附加價值、需要發揮創造力的工作。

如同前述，機器人促使企業補充、增加勞動力，未來工作的圖像將是機器人和人類一起工作。國際機器人聯合會(IFR)認為，機器人替代的是勞動活動，但不替代工作本身，因為不到 10%的工作是可以完全自動化的。機器人提高生產力和競爭力，有效應用可以使

⁵³ 有了工業機器人 為何還要協作機器人?取自：

<https://www.solomon.com.tw/%E7%94%A2%E5%93%81/%E6%99%BA%E5%8B%95%E5%8C%96%E4%BA%8B%E6%A5%AD%E7%BE%A4/robot/%E6%9C%89%E4%BA%86%E5%B7%A5%E6%A5%AD%E6%A9%9F%E5%99%A8%E4%BA%BA-%E7%82%BA%E4%BD%95%E9%82%84%E8%A6%81%E5%8D%94%E4%BD%9C%E6%A9%9F%E5%99%A8%E4%BA%BA/>

⁵⁴ 林宏文 (2021)人機協作-一個台灣智慧製造的新觀點。取自：

<https://hungwenlin.com/blog/2021/%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E5%8D%94%E4%BD%9C%EF%BC%8C%E4%B8%80%E5%80%8B%E5%8F%B0%E7%81%A3%E6%99%BA%E6%85%A7%E8%A3%BD%E9%80%A0%E7%9A%84%E6%96%B0%E8%A7%80%E9%BB%9E/>

⁵⁵ 蘇晨瑜. (2021). 讓機器幫一把 製造業大未來 人機協作營造更健全工作環境. 臺灣勞工季刊, (65), 34-39.

公司變得或保持競爭力。這對於作為發達國家和發展中國家經濟支柱的中小型企業(SMEs)尤為重要，也能使大公司能夠通過更快的產品開發和交付來提高競爭力。事實上，就業安全不是自動化主要的擔憂，而是企業無法保持競爭力。若能保持競爭力，訂單需求穩定深摯增加，生產力也必須隨之提升，從而創造新的就業機會，而這些效果可以在單個組織內部、行業部門的價值鏈以及其他部門（尤其是服務業）中看到。⁵⁶因此，導入機器人是否取代人力，以個別企業來看，端看其能否在其領域中保持競爭力，以製造業者來說即是訂單是否充足、能否為產品增加附加價值；以服務業來說即是能否為顧客提升服務品質。

就人機協作對就業市場的影響，李健鴻教授認為，增加新的職位以及人力被替代兩件事情應會同時發生。根據勞動部勞動及職業安全衛生研究所在2017年底調查，訪問24家導入人工智慧技術的企業，結果發現有7種新職務，例如機器人工程師、數據分析師等，讓人力需求增加一半以上，但同時也有5種基層工作職務，例如搬運工、第一線作業員的人力需求，會大量減少4成以上。顯示在同一個作業空間裡，由勞動者擔任靈活度高、更有價值的工作，再由協作機器人執行需要快速、準確、重複性或不符合人體工學的任务。

57

(二) 人機協作對勞工的影響

早期研究對於企業引進人機協作對員工的工作轉變有一個基本描述：人機協作可以改變製造流程，成為高效生產與安全、用戶友好的設備。但這些機器也對工人和工作產生了不可忽視的影響。例如以人為本的自動化裝配單元中，人類在與機器人合作時，在組裝工作中的角色發生了轉變。經驗表明，自動化並不會簡單地取代人

⁵⁶ International Federation of Robotics. (2018). The impact of robots on productivity, employment and jobs.

⁵⁷ 林怡慧. (2021). 因應產業人機協作新趨勢對勞動環境及勞動權益之影響與展望專家學者諮詢會議紀要報導. 臺灣勞工季刊, (65), 11.

類活動，而是對工作進行修改、改善。⁵⁸人類在新技術引入時角色的轉變，猶如機器生產系統中的人類可成為旁觀者、操作員、隊友、程序員或監督者的角色。在手動裝配單元中，人員是手動操作的執行者，而在全自動單元中，人類的角色是監督者或觀察者。通過機器能力與人類技能的平衡合併，人類可能會作為隊友或程序控管的工作。這可能需要對現有員工進行培訓。這也將會促使學校或訓練單位更新職業技能，以適應不斷變化的環境的需求。⁵⁹

隨著製造模式對彈性的需求不斷增加，生產系統中人的靈活性變得越來越重要。企業營運的思維方式將從全自動化系統向以人為中心的精實自動化系統的轉變。精實自動化的概念是將人放在自動化系統的中心，並將人和機器的優點結合起來，從而實現高生產率，尤其是在手動工作（如裝配）之中。結果不僅體現在生產率的提高上，還體現在安全性的提高、人體工程學條件的改善和人類福祉的改善方面。⁶⁰人機協作結合人類與機器優點的生產模式便是能夠體現此優勢的工作模式。此外，製造模式對彈性的需求不斷增加，亦代表著製造模式越來越以客戶為中心，企業也正積極地讓工廠轉化為更具靈活性。

歐盟資助研發項目 THOMAS，建了一個創新的移動雙臂機器人，並在兩個工廠進行實驗，第一個是汽車行業，位於法國 STELLANTIS Mulhouse 的工廠，演示涉及汽車前橋的靈活組裝；第二個是航太工程業，位於西班牙 AERNNOVA 的工廠，演示協作機器人涉及鑽孔、鉚接檢查和表面處理操作。從演示結果可以發現，在汽車行業導入此種協作模式具有以下好處：(1)減少人類操作員的

⁵⁸ Parasuraman, R., Sheridan, T. B., & Wickens, C. D. (2000). A model for types and levels of human interaction with automation. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics-Part A: Systems and Humans*, 30(3), 286-297.

⁵⁹ Scholtz, J. C. (2002). Human-robot interactions: Creating synergistic cyber forces. In *Multi-robot systems: From swarms to intelligent automata* (pp. 177-184). Springer, Dordrecht.

⁶⁰ Malik, A. A., & Bilberg, A. (2019). Human centered Lean automation in assembly. *Procedia CIRP*, 81, 659-664.

肌肉骨骼疾病、(2)減少無法移動的固定設備、(3)提高生產線的靈活性、(4)優化(Optimize)操作人員的飽和度(saturation level.)；在航太工程業具有以下好處：(1) 通過自動化過程減少週期時間、(2)通過資源流動性提高作業車間結構的可重構性(reconfigurability)、(3)提高人類操作員的人體工程學和健康條件。⁶¹從這個實驗結果可以推測具有移動性的協作機器人不但可以改善操作員的工作條件，亦即將重複性的任務交由協作機器人。另外也可以利用移動性減少產品的設置時間，以及能同時執行多項任務而提高生產力。

另一個由歐盟(European Union's Horizon 2020 research and innovation programme)資助的研究計畫(名稱為 CoLLaboratE)，其中一項研究的目標是評估企業案例引入協作機器人可能帶來的工人工作品質的變化。為了實現任務的目標，計畫進行了文獻綜述，以確定影響工人工作品質的因素⁶²。接著，團隊針對四家企業設計了一份問卷以衡量這些因素。該研究先在這些企業導入開始前一個月做問卷施作，接著將在導入後一個月再施作一次問卷調查(第一次與第二次)。將比較兩次調查的結果，以評估工人的工作品質是否因引入協作機器人而發生變化。⁶³比較第一次和第二次得出的工人在與工作質量相關的不同變量上的得分，以了解導入協作機器人前後之間的得分是否發生變化。計畫團隊並沒有發現兩次調查和條件之間的顯著差異，結果及其解釋表明，協作機器人導入對工人的工作質量沒有負面或正面的影響。這可能表明，在公司中導入協作機器人應不會對工人的工作質量造成負面的問題。⁶⁴

⁶¹ AG, S., ROBOTICA, D., & SAU, A. A. (2018). Mobile dual arm robotic workers with embedded cognition for hybrid and dynamically reconfigurable manufacturing systems.

⁶² 包含工作滿意度、物力因素、體能要求、情緒要求、工作中的社會支持、工作強度、工作不安全感、個體差異等 15 個因素。

⁶³ CoLLaboratE Project (2020) D-2.5 Social Studies Analysis of the Implications Human-Robot Collaboration on Job Quality.

⁶⁴ CoLLaboratE Project (2020) D-2.6 Social Studies Analysis of the Implications Human-Robot Collaboration on Job Quality.

另外，在質性研究方面，有關人機協作對操作員的心理與生理產生影響的探討，例如文獻中研究者對一家食品加工廠的包裝生產線操作員(8 名)進行訪談。人員大多對使用協作機器人感到正向，尤其感覺到身體疼痛和疲勞感減少，並且有更多時間和注意力來執行其工作，更有餘裕處理個別事件。對於勞動條件與工作模式的改變，產線作業員表示，當產線拿掉一些作業員，工作起來更富彈性，因為可以預期上游加工的情況(上一個工段是機器人進行的情形)。操作員也有更多時間在自己的生產線上和另一條生產線上互相幫助，尤其是在事故監管方面，因此他們感受到在生產活動中獲得了部分的自主權。大多數操作員(87.5%)也表達了人機協作對工作任務本身的影響，他們提到工作活動中的體力活動較少，重複的手勢、動作也減少。而操作員必須處理新任務，例如協作機器人監控和監督。大多數操作員(75%)認為協作機器人的集成改善了他們的職務(position)和工作條件(work condition)。現在，他們對自己的活動更感興趣，並感到受到重視。

在上述實證研究中，大多數操作員(75%)對與協作機器人合作充滿信心：他們認為自己非常了解協作機器人的技能和動作以及如何與它們保持距離的距離。他們不害怕與協作機器人接觸或受到衝擊，並且對工作環境感到自在、舒適。多數操作員(62.5%)提及，協作機器人的操作可以快速學習，處理協作機器人的啟動、停止、重啟也非常簡單。訪談中有關於協作機器人事件大多是微小事件。例如兩名操作員提到協作機器人在運作時觸碰到其頭部和手臂，因此受到驚嚇。⁶⁵

為瞭解協作機器人可以為人類協作者帶來正向或負向的影響，有文獻做研究分為控制組與實驗組，前者為 32 名參與者單獨完成任務；後者為 22 名參與者與協作機器人(ABB 創建的 YuMi) 共同執行

⁶⁵ Brun, L., Wioland, L. (2020). Prevention of occupational risks related to the human-robot collaboration. In *International Conference on Human Interaction and Emerging Technologies* (pp. 441-446). Springer, Cham.

任務，每個參與者都需要使用樂高積木完成三個模型。實驗組的合作方式是協作機器人透過人類的手勢明白要使用哪一個積木，但機器人判斷積木形狀需要一個感知時間。完成任務後再使用 NASA-TLX 來測量工作量以及認知負荷。另外測量參與者完成每個模型的時間、錯誤數量（放置和更換一塊）和手勢數量（上肢的運動）。研究結果中，正向的影響是人與協作機器人之間的協作不會對人的感知認知負荷(perceived cognitive load)產生負向影響，並減少參與者執行的手勢數量和犯錯的數量。負向的影響是增加完成模型的時間。從這個實驗可以發現，人機協作模式促進了人員完成任務的效率與減少任務期間發生錯誤的次數。另外，人類協作者在使用協作機器人時沒有產生心理上的壓力並且在執行任務期間也沒有對人產生身體負擔，代表人機協作模式是可行的。⁶⁶

此外，為瞭解關於人機協作模式如何影響工作質量和員工福祉。學者透過檢視研究文獻的討論，確定的了四個與工作質量相關的因素：(1) 認知工作量 (Cognitive Workload)、(2) 協作流暢度 (Collaboration Fluency)、(3) 信任、(4) 接受度與滿意度。最後提出了五項對於人機協作模式的設計建議，例如：協作機器人具有明顯的支持功能、機器人的整體外觀應該讓操作員感到舒適，幫助人機協作模式形成以人為中心的協作、機器人的行為應該適應操作員的偏好。⁶⁷ 這些設計將有助於員工使用人機協作的工作模式。

導入人機協作模式後人類仍然是自動化製造的重要組成部分，員工並不會輕易被協作機器人完全取代，其與協作機器人的關係為

⁶⁶ Fournier, É., Kilgus, D., Landry, A., Hmedan, B., Pellier, D., Fiorino, H., & Jeoffrion, C. (2022). The impacts of human-cobot collaboration on perceived cognitive load and usability during an industrial task: an exploratory experiment. *IIE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, (just-accepted), 1-11.

⁶⁷ Baltrusch, S. J., Krause, F., de Vries, A. W., van Dijk, W., & de Looze, M. P. (2022). What about the Human in Human Robot Collaboration? A literature review on HRC's effects on aspects of job quality. *Ergonomics*, 65(5), 719-740.

共同工作的夥伴關係。盤點文獻可以發現導入協作機器人後，對員工的工作可能會發生下列改變：⁶⁸

1. 工人不會被協作機器人完全取代，仍然有工作。
2. 協作機器人的安全性和符合人體工程學的功能，使一些殘疾工人能夠獲得工作。
3. 當繁瑣或危險的任務被自動化時，可以重新設計工作以提高操作員的工作質量。
4. 機器操作員可能往高價值的工作轉型。例如：為監控和管理設備、分析生產數據。
5. 員工會需要持續接受教育訓練以獲得新的工作技能，此現象可能成為公司文化的重要組成部分。

本節主要是探討勞工對於引進人機協作之新工作模式後的反應以及勞動權益的變化，所以上述的文獻探討主要都是討論引進協作機器人後對勞工的勞動條件或工作環境會產生何種影響，而以下文獻較偏向影響人機協作是否順利的因素，例如協作機器人的操作方式易於理解程度、員工對新技術的接受度與先前經驗等。另外，員工在面對協作機器人時所會產生的心理反應，也對人機協作模式能否實施產生影響，因此也有文獻討論員工心理感受的重要性。

(三) 影響人機協作模式的人為因素

許多人機協作相關研究工作都集中在如何改進技術以使協作機器人更安全、更靈活和更智能。但較少針對工廠工人對這種人機協作的看法。Shirley A. Elprama (2016)進行了一項測試，研究一家大型汽車廠的工人（n = 11），使其參加一項重複測量試點實驗，有兩個對照的條件：較少與較多的社會線索(Social cues)。在社會線索較多的情況下，機器人的頭部（屏幕）展示了以下社會線索：(1)點頭

⁶⁸ COLLABORATIVE ROBOTS:A COMPREHENSIVE GUIDE TO CAPABILITIES,SAFETY,ANDAPPLICATIONS。來源: <https://www.forcedesign.biz/collaborative-robots-a-comprehensive-guide#top>

表示它理解參與者的手勢意思（圍繞傾斜移動機器人的頭部軸）；(2)在機器人頭部顯示靜態眼睛；(3)將機器人的頭部移向它所在的物體操縱（一致的凝視）。在這個實驗中，使用手勢來指導協作機器人 Baxter 執行拾取和放置任務。結果表明，更多社會線索的存在增加了與協作機器人一起工作的感知樂趣和意願。⁶⁹ 由此研究可知，協作機器人作為工人的協助者或是同事，應該具備某種類似於人類社交表現的表徵，即使外貌無法效仿，也可以利用優化使用者經驗來強化人與機器人的合作，使人類工人在使用上是順暢且愉快的。

研究人機協作工作模式對於人員的操作表現，近期一項研究歸納文獻中研究最多的五個因素有：壓力、工作量、接受度、信任和可用性。該研究強調，工人的績效受到接受度、信任度和可用性等三個因素的強烈影響。這些主觀因素可能具有很大的解釋空間，但沒有這些因素，人機協作的效果就有可能大打折扣。操作員對新技術和系統可用性的高度接受度和信任度，也可能透過培訓或以前的機器人經驗，改善與機器人的協作。⁷⁰顯然在進行實證研究前可能必須將這些因素一併考量，才能正確評估工人的表現以及工人如何隨人機協作模式而變化。

(四) 協作機器人對身障就業者的幫助

為了增加身障人士的工作機會與競爭力，國外文獻研究了使用協作機器人手臂支持身障人士重新融入工作場所的方法。研究是在一個庇護車間進行，參與的工人需有嚴重的殘疾才能參與，研究過程中要求工人熟悉任務（將小木棍放在盒子裡檢查大小）。結果顯示，10 位參與者大約花了 20 分鐘就適應了使用機械手臂完成工作的模式，並且在沒有引起恐懼或不適的情況下接受了機器人。此研究

⁶⁹ Elprama, B. V. S. A., El Makrini, I., & Jacobs, A. (2016). Acceptance of collaborative robots by factory workers: a pilot study on the importance of social cues of anthropomorphic robots. In International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (Vol. 7).

⁷⁰ De Simone, V., Di Pasquale, V., Giubileo, V., & Miranda, S. (2022). Human-Robot Collaboration: an analysis of worker's performance. *Procedia Computer Science*, 200, 1540-1549.

結果可進一步推論透過協作機器人有改變勞動結構的潛力，讓原本找不到工作的求職者或是人力短缺的工廠能透過不一樣的方式，滿足各自的需求。⁷¹此研究也說明協作機器人的操作方式對於使用者相當友善，即使沒有相關的專業背景也可以輕易上手。以及協作機器人的安全設計與符合人體工學的設計對於不同使用者都能提供工作上的協助，也相對於傳統型工業機器人所帶給人員的心理負擔小。

另外也有研究工業 4.0 所衍生的輔助系統對於製造業中殘疾人的幫助，共有兩種：第一種，感官輔助系統，是透過警示燈或提示聲音於機械手臂上，可以協助有聽力問題或視障者及早識別危險區域並以適當方式做出反應；第二種物理輔助系統可以協助操作員執行日常工作所需的能力，可分為功能性(組裝、移動)或非功能性(精細度、靈巧性)其中協作機器人可以幫助身障人士較弱勢的能力，像是搬運或舉起重物。這些技術皆可以支持身障人士生產並融入勞動市場，但由於新技術成本較高昂較少有企業願意投資輔助系統或是較少有政府會將此納入政策考量。⁷²

國外也有導入協作機器人來協助身障工作者完成工作的案例，共有三個例子。

德國有一項名為 AQUIAS 的項目，目的為透過人機協作工作模式來為身障人士的工作提供協助，使其工作品質提高。⁷³

福特汽車裝配線即有安裝協作型機械手臂協助身障人士或行動不變的工作者，例如由於多年工作過程，導致工作能力下降的員工透過協作型機器人處理愈來愈複雜的工作。⁷⁴

⁷¹ Drolshagen, S., Pfingsthorn, M., Gliesche, P., Hein, A. (2020). Acceptance of Industrial Collaborative Robots by People With Disabilities in Sheltered Workshops. *Front Robot*, 7: 541741

⁷² Mark, B. G., Hofmayer, S., Rauch, E., & Matt, D. T. (2019). Inclusion of workers with disabilities in production 4.0: Legal foundations in Europe and potentials through worker assistance systems. *Sustainability*, 11(21), 5978.

⁷³ Robotics for people with disabilities. Industry 4.0. (2018). <https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/en/robotics-for-people-with-disabilities-171968.html>

⁷⁴ ROBBIE THE COBOT HELPS DISABLED PEOPLE AND THOSE WITH REDUCED MOBILITY TACKLE FORD ASSEMBLY

Ability Works 為美國一家的社會企業。透過導入協作型機器人讓身障人士執行更多類型的工作，勞動條件為機械臂使用內置傳感器對標籤進行數字掃描並將其分類為汽車或卡車等類別。然後員工接管並打包並發送標籤，即使員工為視力受損或認知障礙也能順利完成工作。⁷⁵

(五) 文化差異對勞工接受度的影響

機器人在工業化國家的使用率逐年增長，與此同時，人類和機器人之間的相互依賴越來越緊密：隨著越來越多的組織讓機器人和人類攜手合作，增加合作成功的一個關鍵因素是人類對機器人的接受程度。接受程度一般是當一個創新的輔助工作系統滿足人類的需求和期望時，它才會被認為是有用，並因此被接受。

有研究顯示國家的文化差異會影響對於機器人的接受程度，瞭解影響使用機器人的行為和習慣的變數後，可以積極影響與機器人的互動。研究中對 1326 名受試者進行線上調查。情況描述如下：「您是一名揀貨員，在共享工作站上使用機械臂工作。您的工作是拿起一個箱子和相應的按扣蓋，將這些在您和機器人手臂之間兼容的組件固定在工作板上。機器人一個接一個地取下相應的螺釘，並將按扣蓋固定在外殼上。安裝組件後，機器人將構建好的零件放入工作站旁邊的訂單揀選區域。」參與者使用 7 點李克特量表對陳述的同意程度進行評分。關於感知有用性(Perceived usability)的文化差異，最重要的發現是工作相關性。對於工作相關性變量，中國的相關係數與德國和日本相比差異最大。對此的一種可能解釋是，中國的自動化程度低於德國和日本。就涉及感知易用性而言，日本和中國之間的倫理影響和感知易用性之間的相關係數差異很大。對此的

WORK.(2022).<https://media.ford.com/content/fordmedia/feu/en/news/2022/05/25/robbie-the-cobot-helps-disabled-people-and-those-with-reduced-mobility.html>

⁷⁵ The robots are coming (to support people with disability into work).Pro Bono News.(2021).
<https://probonoaustralia.com.au/news/2021/07/the-robots-are-coming-to-support-people-with-disability-into-work/>

兩個解釋是日本已經很高的自動化程度和自動化的積極內涵，這可能導致對因機器人而失去工作的恐懼較低。⁷⁶

二、歐洲國家企業案例

(一) 協作型機器人在工業方面所造成的影響

1. 英國

Mini Cooper 位於英國牛津的工廠，每天生產 1,000 輛按訂單生產的汽車，2017 年導入了 RITA (Riveting, Innovation Technology in Assembly) 協作機器人。該協作機器人與人類操作員並肩工作，在汽車防撞緩衝區 (crumple zone) 的預組裝 (pre-assembly) 流程中，將三個部件鉚接在一起。過去，鉚接過程是手動完成的，這意味著操作員需使用重約 2 公斤的工具，每班執行相同任務約 350 次，在 24 小時內就會超過一千次，體能的負荷相當高。再者，手動定位噴嘴工具也不是一項高效率且符合人體工程學的任務。安裝 RITA 協作機器人之後，工廠現在能夠簡化這一流程，並將循環時間縮短 12 秒。這使工廠能夠更有效地建構更多的預裝配流程。它還可以靈活地利用節省的時間來更好地利用操作員自己的時間來執行裝配線上的其他增值任務 (value-added tasks)。

2018 年，該工廠在其後軸 (Rear Axle) 生產線上安裝了類似的協作機器人技術，使用雙主軸工具將固定裝置應用於汽車的防傾桿。目前，這樣可以節省 17 秒的流程時間——再次讓員工騰出時間來執行更有價值的任務。而這些應用程序的獨特之處在於人類可以全面控制協作機器人。人類決定協作機器人何時啟動，如果過程中出現問題，可以在必要時進行干預。例如，如果工人發現任何異常情形，可以暫停操作並在糾正後重新啟動生產線。

⁷⁶ Bröhl, C., Nelles, J., Brandl, C., Mertens, A., & Nitsch, V. (2019). Human-robot collaboration acceptance model: development and comparison for Germany, Japan, China and the USA. *International Journal of Social Robotics*, 11(5), 709-726.

作為推崇精實生產原則（lean production principles）的製造廠，Mini Cooper 有兩個明確的目標—為客戶生產高質量的產品，並為員工提供最佳的工作環境。協作機器人技術的這種應用服務於這兩個目的，並表明人類和機器人可以安全有效地協同工作。員工從粗重工作的角色轉為控制和監督生產所有流程，使與協作機器人的互動具有真正協作性。⁷⁷



資料來源：Stäubli

圖 3-1 RITA 在生產線上，幫助組裝汽車的預裝

⁷⁷ Cobot: A helping hand at MINI Plant Oxford, Posted on 14 Feb 2018 by The Manufacturer 取自：
<https://www.themanufacturer.com/articles/cobot-a-helping-hand-at-mini-plant-oxford/>

2. 德國

在汽車工業中，汽車的霧燈一直都是由工人手動調整。工人需要彎著腰，尋找保險桿區域上難以觸及的調整螺栓開口並將工具定位在調整螺栓上。為了減輕工人進行這些不符合人體工學的工作壓力，同時提升調整作業的品質，福特汽車公司位於德國薩爾路易斯市（Saarlouis）的工廠使用 KUKA 的協作機器人 LBR iiwa 不但能同時與工人作業而節省程序完成時間，也能減輕工人原本的工作負擔。

78

福特汽車在德國科隆的工廠，Ford Fiestas 的車款在製造過程中車架(car frame)會被浸入特殊的化學浴中，目的在使其金屬表面有抗腐蝕的特性。過程中有時會留下未經處理的小斑點，肉眼看不太出來，必須用手去觸摸才能感覺到，沒有發現這些斑點就會影響下一步驟的油漆工作的成果，因此業者加裝了六個協作機器人通過視覺化設備感知汽車表面的未處理斑點，對表面殘留的斑點進行打磨並用吸塵器吸走留下的灰塵。一組協作機器人可以在 35 秒內打磨汽車的整個表面，比起單個操作員完成工作的時間少了許多，且機械手臂可以觸及的地方更遠更快，甚至可以設定編成，在需要施加較多方量的地方作壓強，就像人類工人一樣。現在，人員只需要在這個工序的最後階段，亦即將車架(car frame)送至塗漆站之前，徹底檢查協作機器人完成的工作。該人機協作的安排不會使機器取代員工，但允許操作員將他們的時間用於更複雜的任務，同時也是為了避免遭受與執行重複性任務相關的壓力與身體損耗。⁷⁹

⁷⁸ 調整頭燈時的人機協作，取自：<https://www.kuka.com/zh-tw/%e8%a1%8c%e6%a5%ad/%e8%a7%a3%e6%b1%ba%e6%96%b9%e6%a1%88%e8%b3%87%e6%96%99%e5%ba%ab/2019/01/%e4%ba%ba%e6%a9%9f%e5%8d%94%e4%bd%9c%e9%a0%ad%e7%87%88%e8%aa%bf%e6%95%b4>

⁷⁹ FORD CHOREOGRAPHS ROBOTS TO HELP PEOPLE – AND EACH OTHER – ON THE FIESTA ASSEMBLY LINE (2019) COLOGNE, GERMANY，取自 <https://media.ford.com/content/fordmedia/feu/en/news/2019/09/26/ford-choreographs-robots-to-help-people--and-each-other--on-the-.html>



資料來源：Universal Robots

圖 3-2 協作機器人手臂在汽車生產線上，將汽車表面進行打磨

3. 西班牙

西班牙 RNB Cosméticos 的這間公司整合了六台 UR10 至其包裝工廠，進行末端的堆棧任務。由於可彈性設定協作型機器人工站，得以快速且有效率的擴大其產量而產生雇用新員工的需求。這套系統每分鐘進行六個包裝生產循環，同時能適應超過 350 種不同的品項。由於效率高，使得公司得聘用新的員工來處理爆增的產量。此外，原有的員工不再需要從事不符合人體工學的工作，包裝與堆棧等較粗重工作轉由協作型機器人負責，可以讓員工轉而發展個人專業技能。⁸⁰

4. 義大利

跨國汽車製造公司 Stellantis N.V.在義大利杜林的 Mirafiori 工廠設有一條生產 FIAT 500 電動車的產線，其中有一部分組裝與品管流程受惠於自動化技術。這不僅確保品質與精度皆符合產品標準，更守護年長作業員的健康。

⁸⁰ 在導入協作型機器人同時，RNB Cosméticos 同步提升員工專業才能，取自：
<https://www.universal-robots.com/tw/case-stories/rnb-cosmeticos/>

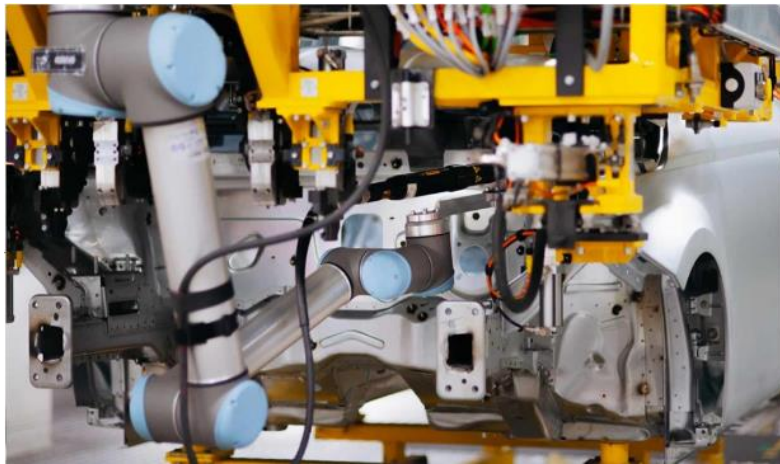
以車門上的防水襯墊為例，人體工學專家 Giuseppe Guidone 表示：「安裝襯墊時需要作業員使用測力滾筒持續加壓，長期下來恐造成手臂關節受傷，甚至引發肌肉骨骼疾病。因此，協作型機器人提供兩大好處：提升作業的精確度與品質，並改善作業員的身心健康。」

在引擎蓋安裝這項工序，當車體抵達工作站後，引擎蓋是以封閉位置進行安裝，鉸鏈螺絲是由前一個工作站的作業員插入。建立引擎蓋後，協作型機器人會移動到位置上，以正確扭力鎖緊四個螺絲。在過去，引擎蓋因為是以封閉位置抵達工作站，導致作業員極難正確拴緊引擎蓋。由於看不到鉸鏈螺絲的拴緊狀況，作業員很容易漏鎖螺絲，或是拴緊不當。協作型機器人同樣也改善了作業的人體工學性，作業員不再需要以不舒適的姿勢進行麻煩的工作。

擋泥板安裝這項工序中，於板金產線的這個工作站，外框抵達時，左右擋泥板已就定位。四台配備可控扭力的螺絲起子的協作型機器人被安裝於一個平台上進行螺絲的拴緊作業，以繫牢擋泥板。這項應用確保為作業員帶來人體工學益處，作業員不再需要在車體底下作業。由於螺絲是以扭力拴緊，能夠消除板金上的張應力（tensile stress）。

另一個較複雜的作業是附加車門鉸鏈拴緊。FIAT 500 的車款配有額外的後側車門，需要一套自動化的應用，能夠執行複雜的拴緊循環。協作型機器人上面安裝了進階自動化工具，藉此幫助車門正確定位在車體上。然後，協作型機器人從後車廂進行拴緊作業。協作型機器人在此符合兩項不同的製程要求：它讓作業員不再需要以不舒適的姿勢拴緊鉸鏈，由於在這種情況下，作業員可能無法看清車體內部正確位置，可能長期處於一個不當而危害健康的姿勢；另外，它也預防來自拴緊工具的反作用力（以 75 Nm 扭力運行）撞擊作業員手臂。

整體來說，汽車零組件業的許多工站都需要高程度體力付出與肌肉耐力之要求，協作機器人確保複雜的組裝作業是符合人體工學，也確保螺絲拴緊時的品質與重複性、檢查黏著劑的上膠循環，以及組裝品尺寸一致性。除減少讓身體感到不適的工作，也讓工作效率與產出優化。⁸¹



資料來源：Universal Robots

圖 3-4 協作機器人進行引擎蓋的安裝作業



資料來源：Universal Robots

圖 3-3 協作機器人進行車門門板的安裝作業

⁸¹ Universal Robots 案例分享，取自：<https://www.universal-robots.com/case-stories/stellantis/>

5. 芬蘭

Posio 的 Pentik 陶瓷工廠，想要為其少量多樣化生產模式導入自動化，同時維持工藝特性。而傳統工業型機器人通常固定安裝在圍籬中，專注執行單一作業，這樣的生產方式非最佳方案。後來公司選擇 UR 兩台協作型機器人，接手大量單調重複的餐具施釉塑型作業，確保成果一致，還能改善 Pentik 員工的人體工學。協作型機器人目前與作業員協作，提供一如既往的手工藝觸感，同時使工作站效率增加十倍之多。

傳統的陶瓷產品製作需要相當多人力。員工以工具進行餐具施釉與盤子塑型，每天重複相同動作數百次。這些工作可能損傷員工的手、肩膀和背部。Pentik 想要找到解決辦法，能夠讓生產自動化，同時利用資深員工技能，處理附加價值較高的任務，例如品質控管等。員工免於從事這些有礙人體工學的單調工作，公司形象也能夠因此提升。

Pentik 使用英國的特殊陶土製作餐具，這項材料是如同灰泥一樣的塑型材料，在燒製前，這些工件非常易碎。在作業時，自動化的機台必須小心翼翼，盡可能以相同方式重複動作。在流程開始後，即使是非常細微的凹痕或凹陷，都會讓產品淪為次級品，因為燒製後，這些錯誤看起來就會更加明顯。但是協作型機器人能夠滿足這些要求。

原為奧盧應用科技大學專案工程師的 Kaivosoja 設計了協作型機器人的編程，後成為 Pentik 的廠務經理。協作機器人製作凹痕紋路(dent)時，通常會使用兩個 40mm 濕潤的軌道型磨砂海綿。在餐盤成品工作站中，協作型機器人會從自動塑型產線拿起餐具，接著根據產品類型，由水平或垂直擺放的磨砂海綿上進行塑型。當中，最大的挑戰在於找出最精準的壓力，讓協作型機器人在塑型陶土時，能

做出理想形狀。因磨砂海綿具有彈性，所以無法完全監控它們的壓力。必須測試後，工程師才有辦法調整為生產陶瓷所需的壓力。⁸²



資料來源：Universal Robots

圖 3-5 操作員進行施釉塑型作業的測試

6. 法國

BWIndustrie 是一家位於法國東部摩澤爾，專精於金屬零件除油與零件機械加工的公司，該公司總共在產線上部署了 4 台優傲科技的機械手臂（一台 UR5、兩台 UR10 與一台最新的 UR16e）。協作型機器人負責的製程包含 CNC 工具機的裝卸料、金屬管線的品質控管與重量約 4 到 14 公斤的金屬零件去除毛邊。利用優傲科技的協作型機器人，BWTIndustrie 成功保持競爭力，增加 50% 的勞動力與提升 70% 營業額，還同時減少員工罹患肌肉骨骼疾病（MSD）的風險，確立了更加健康的工作環境。⁸³

另一個案例為 BOOG Machining Company 為專營小型碾磨、車削與機械零件加工的短期生產的一家機械加工廠。為了有效提升產能，該公司決定導入自動化系統，希望這套生產設備的編程淺顯易懂，可執行各式各樣的任務。另外，如何有效預防及降低生產工具

⁸² Universal Robots 案例分享，取自 <https://www.universal-robots.com/case-stories/pentik-oy/>

⁸³ 優傲協助法國 BWIndustrie 提高生產力，成功避免產線外移，取自：<https://www.universal-robots.com/tw/case-stories/bw-industrie/>

運作時所衍生的工安風險，也被 BOOG 列為考量之一。對此，BOOG 需要一台簡單易用、價格實惠且可重複部署的機器人，以便在小批量作業環境與應用中發揮功效。因此 BOOG 選擇了 UR5 協作型機器人，原因在於它能夠處理小型零件（5 公斤以下者）。在協作機器人的協助之下，BOOG 大幅簡化製程，如今只需要一名員工每隔三小時至機台裝卸料即可，不像過去得派員隨時監控機台。此外，由於 UR5 可同時處理多項任務，公司得以將寶貴的人力資源轉用於製程其他階段，進而提升附加價值。這也能夠避免員工受傷，因為機器人所處理的小型零件往往邊緣鋒利，稍有不慎，恐釀職業災害事故。此外，導入協作機器人所需的培訓時間破紀錄地短，所有作業員只需半天就能學會如何使用管理軟體為機器人編程。這全歸功於它的觸控面板、直覺化圖形使用者介面以及管理軟體。⁸⁴

(二) 協作機器人在服務業領域所造成的影響

人機協作在醫療產業的應用亦相當高。考量護理人員需要一直手動對患者實施康復措施，這在體力上是非常勞累的工作，十分消耗時間，加上要維持高品質的康復措施，這對護理人員是一項長期的沉重負擔。透過工作精確、獨立且靈活、且能夠精確地反復執行相同的動作的協作機器人- ROBERT®可以減輕護理人員的負擔，並在機器人使患者活動的同時完成需要靠近患者進行的工作，與監督治療過程，或者照顧其他患者。護理機器人現在已經在波蘭和芬蘭得到應用。⁸⁵

英國的 CMR Surgical 公司，其設計的手術機器人系統 Versius 不但比現有的手術機器人更能彈性操作，並且具有成本效益，代表其不侷限於大醫院的專用設備。關鍵特色有 1.僅有達文西手術機器人的三分之一大小並可在手術室間移動 2.開放式控制台結合 3D 立體高

⁸⁴ Universal Robots 案例分享，取自：<https://www.universal-robots.com/case-stories/boog-machining/>

⁸⁵ 機器人輔助的康復 – ROBERT® 和 KUKA 使活動變得簡單 <https://www.kuka.com/zh-tw/%e8%a1%8c%e6%a5%ad/%e8%a7%a3%e6%b1%ba%e6%96%b9%e6%a1%88%e8%b3%87%e6%96%99%e5%ba%ab/2019/08/life-science-robotics-robert>

解析畫質影像 3.具有小型全手腕器械的靈活性與準確性，機器手臂輕鬆移動並搭載四個關節 4.符合人體工程學。進行腹腔鏡手術對於外科醫生身體的影響可能導致其提早退休，而此系統有一個符合人體工程學的控制台，能有效降低外科醫生手術造成的壓力和疲勞，提供醫生一個安全舒適的工作環境。2019 年已經取得歐盟 CE Mark 許可，率先於印度採用，已突破 4000 次手術里程碑，並成為全球多家例如英國，意大利、法國、德國、印度、澳洲，中東等國家，領先醫療團隊的重要微創手術工具。⁸⁶



資料來源：<https://www.medicalexpo.com.cn/prod/cmr-surgical/product-127801-936937.html>

圖 3-6 醫師使用控制台操作的情形

三、亞洲國家企業案例

(一) 協作機器人在工業領域所造成的影響

1. 韓國

韓國現代集團的高頻熱處理廠面臨勞動力成本上升、質量要求提高、產量減少等問題。因此，集團嘗試通過投入協作機器人

⁸⁶ 達文西勁敵!全球最小手術機器人創史上最高醫療科技募資案，取自：https://innoaward.taiwan-healthcare.org/unicorn_detail.php?REFDOCTYPID=0qusbhwxprk0wbt6&REFDOCID=0qxm4b8lf1re7v1v

(UR10)來解決這些問題。希望通過產品提升品質實現收益率最大化，另一方面人機協作的工作模式消除了工作人員的單純反覆性工作，減少與肩有關的重複性動作，也大大減少工作人員骨骼肌肉的負荷與疲勞。

現代高頻熱處理將兩台 UR10 投入到生產現場。投入高頻熱處理工程的 UR10，將熱處理前的汽車零件投入到高頻處理器，處理完成後抽取相應零件放在輸送帶上。2017 年在機器人市場創造強化事業的幫助下，由 Universal Robots 官方代理店 HRT Systems 以 Turn-key solution 供貨。由於多品種小批量生產環境關係，教育現代高頻熱處理工作人員並操作機器人顯得非常重要，完全不瞭解機器人的員工花了一個多月左右的時間逐漸熟悉機器人的操作。在協作機器人簡單的教學功能這點上有很大的幫助，現在僅需要 30~60 分鐘左右就可以教導其他的機器人處理相關零件。通過此項目，不良率由 0.03% 降至 0.01 %，生產率增加 31 %，ROI 預計為 1.5 年。此外，由於訂單量增加，還另外僱用了 2 名工人。⁸⁷



資料來源：Universal Robots

圖 3-7 員工使用操作介面操縱機械手臂

2. 日本

⁸⁷ <https://www.universal-robots.com/case-stories/hyundai-induction-hardening-heat-treatment/>

從社團法人日本機器人工業協會 (JARA)以及製造業人力派遣管顧公司 NikkenTotalSourcing 的網路資料，可獲知日本國內廠商在引入協作機器人後實際上會產生什麼樣的效果。整體而言，企業引進協作機器人的因素是為了確保人力穩定，以及確保深夜的生產能夠照常運作。成果是工作的準確度、產能都有所提升，對產線的工人來說，工作時間不變，改變的是原本體力勞動的作業減少了，投入相同時間但是產量增加。以下例示三家日本廠商在導入人機協作後，於產能方面的效果以及對工人產生的影響，整理如下表 3-1：

(1). 高園株式會社(Takazono)：有助於節省勞動力和提高生產力

製造醫療包裝機的 Takazono，原本產品都是手動分揀和裝載的，推出了協作機器人和托盤存儲之後，現在已經建立了新系統使用傳送帶自動分揀產品，協作機器人挑選產品，然後將它們移動並裝載到托盤台上。當初協作機器人的背景是為了滿足日益增長的醫療包裝機需求，必須實施兩班制，但是確保清晨和深夜的人力成為一個問題。此外，深夜工作對工人的身體負擔也會增加。隨著協作機器人和托盤存儲的引入，分揀和裝載產品的工人數量從 6 人減少到 4 人，減輕了體力負擔，提高了生產力。

(2). 不二精工：減少單調工作，改進產品品質

不二精工（株）的產品與車載電子元件的安全裝置有關，因此質量改進（零缺陷）是重中之重。且目標是使其比海外競爭對手具有成本優勢。此外，在車載部件的情況下，需要應對產量的突然增加，因此該企業決定引入機器人設備來解決這些問題。

機器人在一次成型後對齊端子 A 的托盤，對齊端子 B 的托盤，在二次成型過程中將端子 A 插入模具，插入端子 B，取出成品並對齊配備專用托盤，並引進周邊自動化設備。

雖然公司沒有強烈導入協作機器人的目的，但作為一種單調的工作替代者，它是非常有效的。當人類進行單調的工作時，經常發生工作錯誤和工作時間的變化，從而影響質量和生產的產品數量，但機器人的導入使質量穩定。

(3). 日本火腿工廠：實現省力和減少體力勞動

日本火腿工廠在將火腿和香腸禮品產品放入包裝機的過程中引入了協作機器人。由兩名工人將被檢查的產品放在傳送帶上時，協作機器人將其放入包裝機中，再由一名工人對其進行檢查。引進協作機器人的背景是，在火腿腸行業，年中和年終禮品旺季和淡季差別很大，即使在旺季時增加招募，應徵情形也不是很熱烈，很難確保人力資源。協作機器人的引入主要目的即在於節省勞動力，成果是將工人數量從 5 個減少到 3 個，從而減少了工人的體力勞動。

表 3-1 日本三家製造業工廠導入人機協作之效果

	Takazono	不二精工（株）	日本火腿工廠 (日本ハムファクトリー)
導入協作機器人型號	FANUC(CR-35i)	富士越株式會社 MZ07L	LIFE Robotics(Coro)
產能提升	1.5 倍	45 倍	1.7 倍
產線人數	6 人→4 人	4 人→1 人	5 人→3 人
生產時間	8 小時→8 小時	7.5 小時→1 小時	15 小時→15 小時
生產量	6000 個→6200 個	3600 個→5400 個	2 萬個→2 萬個
主要效果	減輕體力負荷	品質改進、替代 辛苦工作	減少體力勞動

資料來源：<https://www.nikken-totalsourcing.jp/business/tsunagu/column/398/>
http://www.robo-navi.com/cases/detail?case_id=28

(二) 協作機器人在服務業領域所造成的影響

1. 醫療產業

在日本，老齡化、少子化問題非常嚴峻。據日本厚生勞動省預計，到2025年，日本養老服務工作人員的缺口將達到34萬名。為了應對這種情況，日本政府在2013年就提出了「護理機器人發展五年計劃」，指定24家企業、撥款23.9億日元補貼開發護理機器人。日本經濟產業部當時估計，2015年至2025年間，日本護理機器人市場將擴大20倍。

豐田、本田、松下等大企業都投入重金研發護理機器人，並且陸續有商業化產品問世，如松下就有自理機器人Resyone，豐田還發布了新開發的「巴士男孩（Busboy）」機器人，可以完成基本的家務。而康養類機器人已經在日本實驗性落地，如東京新富地區的養老院就引進了20種機器人來輔助照顧老人。⁸⁸

看護疲勞是壓倒看護者身體和精神的重負，這個重負不只是來自對受看護老人的身體和醫療性的護理工作，而且來自於家務活，包括每天的買菜做飯、洗刷和清潔整理等。如果有機器人幫助做家務活，那麼他們的壓力可以大大減輕。

在新加坡，NovaHealth 傳統中醫(TCM)診所有一個物理按摩機器人，可為患者提供背部和膝蓋按摩。由南洋理工大學孵化的初創公司 AiTreat 開發的機器人按摩師 Emma 是 Expert Manipulative Massage Automation 的縮寫，它裝配了一個觸摸屏、一個鉸鏈式的機械臂以及兩個位於肢體末端由矽膠製成的柔軟按摩頭，可以加熱、可以模仿人類的手掌和拇指，進行指壓和理療等操作，中醫會診後開出按摩方式。⁸⁹

在醫學界，慢性疼痛病是一種沒有明確的治療方案，並且存在爭議的疾病，由於全球人口老齡化現象加劇，患者數量也在不斷增

⁸⁸ 拐點將至，誰能引領服務機器人黃金十年(2021)。取自：

<https://mp.weixin.qq.com/s/wKnHw3Ziy4Qt2OGxsMaWQw>

⁸⁹ Collaborative robots: A helping hand in healthcare，取自：

<https://roboticsandautomationnews.com/2020/05/11/collaborative-robots-a-helping-hand-in-healthcare/32189/>

加。另外，目前越來越多人會因為工作原因而長期坐在辦公桌前，加上長期不運動導致腰椎疾病發生的機率提升，病患人數不斷增加。醫療資源卻長期不足，尤其有經驗的中醫按摩醫師的供給數量無法滿足這些需求。

使用 EMMA 機器人可以為醫生做替代或補充形式的治療。當傳統的醫療行業缺少熟練醫師的時候，可以減少對按摩治療師的過度依賴，也能為患者和醫生提供便利，提高醫生工作效率，降低患者的醫療保健服務費用。另外，能透過傳感與診斷功能收集每位患者的數據並結合人工智慧生成分析報告，其中包含患者的恢復情形與治療進展，使醫生能夠使用精準的數據來判斷患者病情。

原本中醫診所傳統的治療方案包括會診、針灸和 20 分鐘的按摩，通常從 60 新加坡幣到 100 新加坡幣(44 美元到 73 美元) 不等，另外醫生在整個治療方案中無法同時治療兩位患者。而在 NovaHealth 中醫診所，患者可以接受同樣的諮詢，針灸和 Emma 提供 40 分鐘的按摩，只需 68 新元(50 美元)。以及醫生在 Emma 提供按摩療程的通時可以診療另外一位患者，明顯減少患者與醫生的等待時間。利用協作機器人實際執行原本按摩的工作，方式如下：

1. EMMA 通過不同的傳感器來檢測人體的肌肉僵硬程度，並使用三維機器視覺技術來觀測和分析病人的身體狀況。這些數據可以提升對病人病情的了解，使醫生對病人的病情做出更準確的判斷。
2. 在醫生診斷步驟完成後，EMMA 機器人會根據人工智能算法儲存的分析數據來確定患者的最佳治療方案。
3. EMMA 機器人將通過一個安全及力度可控的機械手臂進行不同方式的治療性按摩。

按摩機器人減輕了許多醫師的工作量，讓醫師可以為更多病人看診，一般人總有些日子會比較疲累或受到天氣、心情影響，不太想要增加工作量，但 Emma 只要接到下指令就會工作，不受外在環境影響。



資料來源：<https://www.aitreat.com/copy-of-about-emma>

圖 3-8 機器人按摩師 Emma

2. 餐飲業

日本作為機器人王國，協作機器人於服務業的用途廣，餐飲業尤其常見。同樣搜尋自社團法人日本機器人工業協會 (JARA) 以及製造業人力派遣管顧公司 NikkenTotalSourcing 的網路資料，得知日本國內廠商在引入協作機器人後實際上會產生什麼樣的效果。以下就三家廠商的應用及其取代勞工工作負荷之案例為介紹，整理如下表 3-2：

(1). 高木麵包店：節省勞動力並減少標籤錯誤

高木麵包店在貼標過程中引入了協作機器人和並聯機器人 (Parallel link robot)。由搬運工手動貼保質期標籤的系統，協作機器

人遞麵包盒，並聯機器人逐盒貼標籤，協作機器人堆放麵包盒。貼保質期標籤的工作原本是由操作員手動進行，但由於是深夜工作，很難確保人力。另一個問題是，存在多個工人進行粘貼工作，導致經常發生粘貼錯誤的情況。隨著協作機器人和並聯機器人的引入，工人的數量從5個減少到2個，也顯著地防止標籤錯誤的情形發生。

90

(2). リンガーハット：衛生清潔和現代的食物製造技術的展現

リンガーハット為食品零售店，在零售店的生餃子托盤包裝過程中引入了協作機器人。主要目的是展示衛生清潔和現代的食物製造技術、節省勞動力來降低人力成本。

自動化的具體內容是利用協作型的新一代雙臂機器人，將餃子成型機產出的生餃揀選出來，排列在托盤上，完成後將托盤放入成品存放區。目前，它被放置在可以從商店外面看到的位置，可以吸引顧客觀看食物製造過程。但從空間上看，機器人仍然需要操作者的協助，人工成本並沒有節省很多。基於上述經驗，公司考慮未來尋找適當空間的店鋪。⁹¹

⁹⁰ 協働ロボットとパラレルリンクロボットを組み合わせたラベル貼付システム，取自 http://www.robo-navi.com/cases/detail?case_id=244

⁹¹ 車載用安全装置部品のトレイ移送及び整列工程へのロボット導入，取自：http://www.robo-navi.com/cases/detail?case_id=28

表 3-2 日本兩家服務業廠商導入人機協作之效果

	高木麵包店	リンガーハット
導入協作機器人型號	安川電機(MOTOMAN-HC10)	ABB(YuMi IRB14000-5)
產能提升	2.5 倍	2 倍
產線人數	5 人→2 人	2 人→1 人
生產時間	9 小時→9 小時	4 小時→4 小時
生產量	2.3 萬個→2.3 萬個	3600 個→3600 個
主要效果	減少標籤黏貼錯誤	減少單調簡單工作與人力

資料來源：http://www.robo-navi.com/cases/detail?case_id=28

另外一家位於日本九州的案例是主題遊樂園豪斯登堡內的章魚燒攤販。該店推出了由「章魚燒機器人 OctoChef」與人類員工販賣章魚燒的商店，使用 UR 的機械手臂製作章魚燒的工作。章魚燒烹調最擔心的就是加熱過久燒焦與麵皮表層太厚沒有熟的情形，所以需要隨時以細針翻攪，並依靠廚師的製作經驗來判斷熟度。⁹²

原本由於每盤章魚燒的烹調時間約為 15~20 分鐘，沒幾分鐘就要翻攪，在店內廚師很難分身同時烹調與送餐，因此一般章魚燒店需要 3~4 名員工，至少 2 人專門烹調，1 人負責服務客人，加上店面只有 13.2 平方公尺的小店面，若是員工人數一多，加上客人多時，容易發生空間擁擠，不同工作流程的員工可能做任何動作都會影響到另一人，導致意外發生的機率提高，而且製造章魚燒的工具與環境高溫、壅擠，員工在製作過程中可能發生燙傷的意外。另外，員工需要進行 1-3 個月的教育訓練學習製作章魚燒，依據個人經驗不同章魚燒的外型和口感也會不同，也會發生原料浪費的情形，較難在狹小的空間以及有限的時間下做出品質一致與數量充足的章魚燒。

將製作章魚燒的整個程序交由協作機器人擔任的 Octo Chef，其關鍵技術有三個：(1).AI 深度學習、(2).視覺整合系統、(3).能與店員

⁹² 協作機械手臂應用：餐飲業，取自：https://ims.dksh.tw/stories_detail_55.htm

連動作業而不會意外傷人的安全設置。利用協作機器人實際執行原本製作章魚燒的工作，過程如下：

1. 協作機器人模擬章魚燒師傅的動作倒油與放原料。
2. 以視覺整合系統判斷翻面時機，確保外觀色澤與內裡熟度。

原本兩個鐵盤需要由兩位員工製作食品，引入協作機器人後，一台機械手臂即可完成兩個人的工作，再由一位員工負責接待顧客並能依據顧客的偏好完成章魚燒的最後修飾動作。



資料來源：https://ims.dksh.tw/stories_detail_55.htm

圖 3-9 章魚燒機器人 OctoChef

同樣位於東北亞的韓國，其餐飲業亦有導入人機協作之應用。位於韓國首爾市聖水洞的 Café ㄴㅏㅏㅏ (Café BOTBOTBOT)，為機器人專門企業 T-ROBOTICS (티로보틱스) 創設的的機器人咖啡廳。目前店內配置有執行手沖咖啡的咖啡機器人、在甜點上繪圖的甜點機器人、製作雞尾酒的雞尾酒機器人。

一般而言，在咖啡廳工作的職員在製作食物和飲料的同時，會同時處理接待顧客、整理、清掃等多種業務，在同一時間段有 2~4

名左右職員在工作環境中接待顧客，而手忙腳亂地製作過程需要花費較長時間的手沖咖啡、繪圖蛋糕、雞尾酒等，因為這樣多人進行，所以也發生對提供的食物和飲料缺乏一貫性的問題。另根據職員的熟練度，速度也會有所不同，每當職員變更時，咖啡或雞尾酒的味道也會有所不同。

TROBOTICS 在開設咖啡廳前，考慮了這些一般咖啡廳的問題，並摸索出解決方法。為了協助咖啡廳職員在執行手沖咖啡、繪圖蛋糕、雞尾酒等需要長時間作業的工作時，同時又希望有效地應對顧客，因此引了協作機器人。工作的分配模式為：需要花費長時間且反覆性的工作由機器人進行，咖啡廳職員可以多花時間與顧客進行交流，集中精神開發新的食譜等需要創造力的工作。結果實現了顧客服務和飲食、飲料的質量控制，提高了生產效率，還提高了職員的工作環境與工作品質。

利用協作機器人實際執行原本咖啡店員的工作，方式如下：

1. 使用 UR3 製作的滴漏式機器人通過精確的滴漏演算法，製造出沒有偏差的固定口味咖啡。可同時萃取 6 杯咖啡，1 杯咖啡萃取只需 3 分鐘，3 杯咖啡萃取只需 5 分鐘。配置在滴漏式機器人上端的顯示設備，通過視訊向顧客告知萃取中的原豆名稱和萃取過程，也增加了觀看的樂趣。

2. 使用 UR3 製作的甜點機器人會在慕斯蛋糕上用巧克力糖漿繪圖。將顧客想要的圖案當場設計在蛋糕上，時間只需 30 秒。還可以上傳顧客要求的圖片和訊息，作為紀念日禮物的概念也很好。

3. 使用 UR5 製作的飲料機器人與飲料原液、碳酸水、冰塊分配器等相連。一杯約 3 分鐘，根據定量可做出多種飲料，並自行清洗杯子。只要輸入食譜，每次都可以製作新的飲料，根據季節變化及搭配咖啡廳概念，每次都可以提供多樣化的飲料。

TROBOTICS 技術營業組組長表示：「協同機器人與現有的其他設備系統不同，小巧輕便、移動方便，程序設計也簡單，沒有技術背景知識的咖啡廳職員也能快速學習和運營。並且，引進協作機器人時，重點考慮的事項之一就是穩定性。因為協作機器人與產業用機器人不同，機器人與人要共享空間並進行合作。UR 機器人是遵守歐洲最高認證機構 TUV Nord 要求的協作機器人安全標準而獲得認證的最安全的機器人之一」，說明了選擇 UR 協作機器人的理由。⁹³

四、美國企業案例

(一) 協作機器人在工業領域所造成的影響

Thyssenkrupp Bilstein⁹⁴是一家位在美國俄亥俄州漢密爾頓的製造業者，專為汽車產業提供高科技懸吊解決方案。2018 年時，該公司向員工承諾（尤其是女性員工），強調會致力減少不符合人體工學的工作。對此，Thyssenkrupp Bilstein 在廠內部署了 9 台 UR10 協作型機器人，負責機台操作、組裝與產品檢測等乏人問津的工作。透過將人力難以達成的作業加以自動化，協作型機器人不只能優化生產，還提供更佳優良的工作環境。如此一來，Thyssenkrupp Bilstein 得以擴展業務，不必倚賴招募額外員工，況且在失業率極低的地區也難尋人力。隨著業務的擴張，未來公司更計劃引進額外 40 台 UR 協作型機器人。最終，協作型機器人成功實現製程最佳化，並提供更好的工作環境。

對各作業工站的員工來說，協作機器人提供的幫助不同，相同的是協作機器人很大程度的減輕員工的工作。對作業員來說，生產流程變得更加順暢，工作也輕鬆許多，只需要裝載管子，其他工作僅需要交給協作型機器人。過去負責徒手操作 CNC 工具機與鑽孔機

⁹³ Universal Robots 案例分享，取自：<https://www.universal-robots.com/ko/%EC%82%AC%EB%A1%80-%EC%97%B0%EA%B5%AC/caf%C3%A9-%EB%B4%87%EB%B4%87%EB%B4%87/>

⁹⁴ Universal Robots 案例分享，取自：<https://www.universal-robots.com/case-stories/thyssenkrupp-bilstein/>

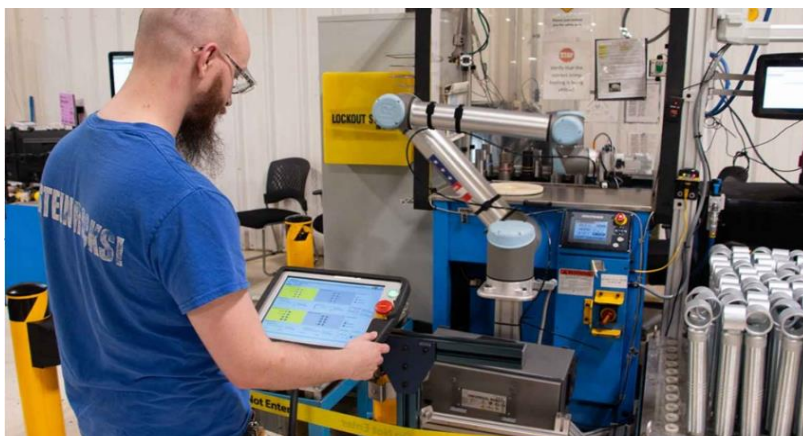
的員工也能夠從容完成品檢與生產報告，不再漏算已完成的件數，因為可以更專注於眼前的工作，不用四處查看機台。

Thyssenkrupp Bilstein 營運經理 ALDO ALBIERI 表示：「如果我們只倚賴僱用新員工，絕對無法將規模擴大至現在的三倍。協作型機器人為我們另闢蹊徑，同時還能保有現有的勞動力，沒有任何人會因引進機器人而失去飯碗。」



資料來源：Universal Robots

圖 3-10 協作機器人進行填充後壓接作業



資料來源：Universal Robots

圖 3-11 協作機器人透過簡易的操作介面使員工快速上手

另一家位在邁阿密一家新創公司 Creating Revolutions⁹⁵是專門製造飯店服務呼叫機的小型公司，員工數只有 12 人。在開始時兩位數的產品廢品率是常態，導入協作機器人後可以由機器人處理焊接、鑽孔、矽膠點膠和燈組裝，同時在雲端系統中進行控制和監控，將廢品率降低到趨近於零，同時將生產效率提高近五倍。冰球大小的通訊光盤功能在於透過手機將客人與服務員聯繫起來。組裝光盤是一項複雜的任務，需要極高的準確性和可重複性，但最大的問題是人類無法一次又一次地以完全相同的方式有效地重複一個特定的過程，協作機器人成為一種能夠同時滿足質量和數量要求的解決方案。

協作機器人代替人員處理兩個不同的重複作業：首先，機器人檢查鋁製外殼部件是否正確排列在托盤上。然後機器人拾起零件，將其放入夾具中，拾起矽膠注射器並對齊矽膠，然後將丙烯酸圓盤放在頂部，再將組裝好的零件放回托盤上。下一步，機器人從分配器中取出帶有銅底座的圓盤，並將其放入對準圓盤的光學激光傳感器中，將圓盤放入支架中，通過閉合兩個夾子將其固定，再進行鑽孔和焊接的動作。過去，人員若是鑽孔過程太用力，丙烯酸圓盤就會破碎。機器人足夠靈敏，可以控制力道打出一個完美的洞。

Creating Revolutions 首次與 Hirebotics(設備集成商)聯繫到訂購、安裝和編程的過程中，僅用了幾週時間。協作機器人易於編程，操作界面使其更容易在生產中啟動和運行，且透過雲端連接的手機應用程序，使業者能夠接收機器人的即時生產數據和通知。通過收集機器人在給定時間段內生產的單位數量的詳細訊息，可以對生產需求做出現實、準確的預測，例如需要多少人，以及需要關注什麼才能達到最佳生產水準。

對員工來說，協作機器人的功用在於將人員解放，朝向處理更複雜的任務，提高生產質量、效率和產量。對企業來說，關鍵價值

⁹⁵Universal Robots 案例分享，取自：<https://www.universal-robots.com/case-stories/creating-revolutions/>

驅動因素是協作機器人編程簡單、協作具有安全性、設置快速。可以取代人力的作業有鑽孔、焊接、點膠、組裝、挑選和放置，而人員只需要透過面板與系統作設定與操控即可完成更精準的生產。



資料來源：Universal Robots

圖 3-12 員工使用操作介面設定機器人運行

R5 和 UR10 協作機器人為田納西州的 Scott Fetzer 電氣集團生產力提高了 20%。⁹⁶公司將 UR 協作機器人放置在帶有輪子的底座上，融入於整個生產循環。UR5 位於生產線盡頭，與提供電機部分的員工相鄰。UR5 拾取零件，放入支架，拿起鋼絲鉗修剪鋼絲，然後放置零件，由 UR10 揀拾至傳送帶上進行最終組裝。UR5 每天剪切 16,000 根電線，以前是員工手動完成的工作。而且這項工作會帶來潛在的腕管綜合症的風險。導入協作機器人不但可以讓公司在少量多樣的生產模式提高競爭力和產量，也能讓員工從繁重和單調的任務中解脫出來，並減少員工得到職業病的機率。

工廠的操作員常常需要輪三班，長期三班制有可能導致大腦提早老化也可能影響員工的人際關係，導入協作機器後產量會提升，

⁹⁶ SCOTT FETZER ELECTRICAL GROUP 將優傲機器人架上有輪子上的台車，其機動的性能更提高了生產力和員工的安全 <https://www.universal-robots.com/tw/case-stories/scott-fetzer-electrical-group/>

員工的排班模式也可能會改變，位於明尼蘇達州的 Dynamic Group，專門為醫療和電子行業生產複雜的注塑成型塑料部件和組件。協作機器人負責為具有極熱敏感部件的醫療設備提供完整的注塑機循環，它拾取並放置將要成型的部件放入注塑機的「書架」，將單元運輸到修整夾具，放置零件在操作員面前進行進一步處理，最後按下按鈕再次啟動循環。原本的生產過程為一個班次有三位操作員引入 Universal Robots 的 UR10 協作手臂後，變成每天只要一個操作員即可運行三個班次，不但提升了產能還降低了廢品率，員工也不用輪三班，增加了員工的福祉。



資料來源：Universal Robots

圖 3-13 協作型機器人操作完整的射出成型機械流程

協作型機器人的導入替企業增加生產效率亦可以帶來新的人力需求，例如，加州高科技產業原料公司 Delphon 約四年前開始租用機器人，以減少初期花費，現在 Delphon 有 10 個工業型機器人，其中包含 4 個協作機器人(cobots)。兩個協作機器人能讓原本三人的印刷工作小組縮減為一人，每個月為公司省下 1 萬 6000 元開銷。蒙塔諾表示機器人提升公司的生產力，2020、2021 年出貨量分別增長約

15%，而且該公司沒有減少員工數，而是把多餘的人力重新安排到需要的地方。⁹⁷

(二) 協作機器人在服務業領域所造成的影響

1. 醫療產業

在老齡化的社會下以及新冠肺炎的肆虐下，醫護人員的需求一直居高不下，而在醫療領域中也經常有重複性高工作量大大的情形。此時採用機器人技術就是一件重要的事情，不但可以提高護理品質，還能透過高效流程維持臨床環境，提供醫護人員一個乾淨安全的工作環境。例如：醫療機器人支援微創手術，為慢性病患者提供客製化和頻繁的監測，為老年患者提供智慧治療和社交參與。此外，隨著機器人減輕工作量，護士和其他護理人員可以為患者提供更多的同理心和人際互動，這可以促進長期福祉。自主移動機器人（AMR）的引進簡化了日常任務，減少了對人類工人的體力需求，並確保了更一致的流程。這些機器人可以通過跟蹤庫存和及時下訂單來解決人員短缺和挑戰，以幫助確保用品，設備和藥物在需要的地方有庫存。AMR 的清潔和消毒使醫院病房能夠進行消毒，並快速為新患者做好準備，使工作人員能夠專注於以患者為中心、以價值為導向的工作。⁹⁸

另一個在醫療界的案例是為人所知的醫用機械手臂「達文西機器人手術系統」，其最原始的平台模型是 1980 年代由與美國軍方合作的史丹佛研究所（SRI）研發。之後，位於加州的 Intuitive Surgical Devices 從 SRI 獲得了遠程手術機器人的技術授權，其最終推出的核心產品命名為 Da Vinci 手術系統；現已成為全球機械輔助手術使用的主要系統。這套系統包含醫師手術控制台、手術車台及影像設備，內置拍攝人體內立體影像的攝影機，機器手臂可以連接各種精密手

⁹⁷ Universal Robots 案例分享，取自 <https://video.universal-robots.com/dynamic-group>

⁹⁸ Ochoa, G..(2021). Collaborative robots in healthcare. by <https://www.dailyhealthstudy.com/collaborative-robots-in-healthcare/>

術器械，並可像手腕般的靈活轉動。這套融合高科技結晶的機器手臂手術系統，使外科醫師可以符合人體工學且舒適姿勢操作手術，也減少醫師在危險性高的手術中因為疲勞而造成意外的機率。「達文西機器人手臂」在各式的手術中，可以讓醫師更精確地控制下刀，同時切口更小、失血更少，病患的恢復期更短。目前已廣泛使用於全球地區的婦科、泌尿、腸胃、心臟、肺臟、耳鼻喉等各種不同手術，其中最知名的是使用在泌尿科的前列腺手術以及婦科的子宮切除手術，目前全球各大醫院已經裝設了4,528台達文西機器人手臂。

99



左圖為床旁機械臂系統、中間圖為成像系統、右圖為外科醫生控制台

資料來源：<https://reurl.cc/V1RZrR>

圖 3-14 達文西手術機器人三個組成部分

⁹⁹ 達文西機器人手術系統，引爆新商戰，取自：<https://technews.tw/2018/08/12/da-vinci-surgery-detona-te-new-business-wars/>

2. 餐飲業

美國加州連鎖漢堡店「Cali Burger」出現了一名機器人廚師¹⁰⁰，這尊名叫 Flippy 的機器人負責在烤爐前翻動肉排，確保每片肉排都美味多汁。其特點是在仍需要真人員工幫忙把肉放定位與肉排上的調料也是需要由真人完成，代表了這項科技部會產生搶員工工作的情況而是與員工共同完成任務。把第一線的工作交給機器人，不但能有效降工傷發生的機率，也能有效提高員工的工作效率，使員工少機會陷入一邊服務顧客、一邊要完成餐點的忙碌工作環境。

¹⁰⁰ 做一天就被放假，漢堡機器人 Flippy 動作慢 <https://technews.tw/2018/03/18/burger-flipping-robot-taken-offline-after-one-day/>

第二節、我國人機協作對勞動條件與工作環境影響之現況 與問題分析

一、國內導入協作機器人的參考案例

除了本研究主要針對應用面較廣的金屬製品製造業及電子零組件製造業，在製造業中亦有其他導入協作機器人之案例，且對於改善勞工的勞動環境亦有其效果，具有相當參考價值。以下企業案例可表現我國除了個案研究的企業產業類型外，其他產業在使用協作機器人的情形。企業案例資料主要是經由網路搜尋後整理而成，而達明機器人公司則是本案特別安排訪談與訪視蒐集到的資料。

(一)佳世達科技公司(Qisda)

台灣個別企業導入協作機器人的應用，以電腦、電子產品及光學製品製造業的「佳世達科技公司(Qisda)」為例，該公司取得安全認證¹⁰¹後，現已完成全線人機協作生產。勞動者從事如貼線、貼標籤等輕巧工作，機器人做搬位與定位等負重、精密工作，以此產線來說，品質由機器人掌握，至於機器人的調整與靈活度則由人員掌控。該產線也搭配光學感測器讓機器人能做到降速，讓發生碰撞時，機器人能緊急停止，完成人機共存空間工作的理念。¹⁰²

佳世達的桃園龜山廠持續推動轉型為智慧工廠，目前該公司的製程可自動化涵蓋率已達到 50%以上，產線調配空間也節省了 50%，生產線從原來 31 位員工，已降到 12 位，多數製程已由機器手臂取代(減少 61%的線上人力)。此外，生產效益與生產坪效皆有顯著地提升。

¹⁰³ 佳世達所使用的是瑞士工業機器人大廠 ABB 的協作機器人，協作

¹⁰¹ 佳世達成為台灣第一個通過第三方公證單位—財團法人精密機械研究發展中心(PMC)人機協作安全認證，符合 ISO 10218/TS 15066 國際安規認證。

¹⁰² 林怡慧.(2021). 因應產業人機協作新趨勢對勞動環境及勞動權益之影響與展望專家學者諮詢會議紀要報導. 臺灣勞工季刊, (65), 4-13.

¹⁰³ 佳世達取得人機協作安全認證 (2019) Digitime

取自 https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=130&id=0000559034_jps1b1sv24mcpd5vs3efj

機器人的精準控制特性，搭配佳世達提供的光學檢測與視覺定位技術，從產品的組裝、測試到包裝，完整建構高彈性的自動化生產線。整體來說，人與機器人的分工為協作機器人靈活地從事高階組裝等工作，協助人員分擔單調重複、高勞力及危險工作。人員則可專心處理機動性高、機械無法判斷的任務。除了提升人均產出數，也因為機器人作業高度一致性，對於品質的提升有莫大的助益。¹⁰⁴

由佳世達的案例可知，協作機器人的導入，實現了工廠「以人為主、機器人為輔」的生產機制。人員的勞力密集度降低，轉而從事較需要靈活運用、機動性高的工作，例如配置與監控機器人的工作。生產的空間也因為協作機器人的輕巧性，讓工廠的生產空間得以釋放、動線更清楚，人員的工作環境應該更加舒適。

(二)百泰齊股份有限公司

另一個人機協作的範例為國內模具及塑膠射出大廠「百泰齊公司」，該公司原先已於產線中導入大型自動化生產設備，然而大型自動化機具伴隨著幾個缺點，包含噪音大、所需安裝空間大、需要設置安全距離等。加上傳統產業的人才招聘困難、嚴重缺工等問題，更難以因應生產量增加後公司須彈性調度的營運策略。因此，百泰齊希望藉由導入能靈活調整製程且低安全風險的協作型機器人，除彌補人才缺口，也期望能透過其可與人類近距離合作的特質，重新分配產線人力資源、優化生產效能，並降低職業傷害風險，為員工打造更友善、安心的作業環境。

百泰齊在搬運、垛堆和取放商品進行檢測等環節中導入了四臺 UR 協作機器人。經風險評估後，UR 協作型機器人無須防護柵欄即能與員工共同作業。過去在產品裝箱時，須依靠純人力將產品整理堆疊後，再不斷彎腰裝入箱內，長期下來易導致關節跟腰部不適，

¹⁰⁴ 迎向工業 4.0 智慧浪潮，ABB 聯手佳世達生產流程變 Smart (2017) ABB 整合傳播部企劃製作，天下雜誌。取自 <https://www.cw.com.tw/article/5083043>

透過協作型機器人，百泰齊的員工擺脫了高重複性工作內容，降低長期勞動所產生的職業傷害風險。且UR協作型機器人內建的安全系統，可於裝箱過程中安全地保護產品，大幅降低損壞機率並兼顧安全與速度。

就操作上，編程容易、機台設定直覺快速且操作簡單的協作型機器人內建大量的設定精靈，幫助提高程式設置效率，並可輕易地與其他自動化設備進行整合，一台協作型機器人即可完成檢測、分類和堆疊擺放等多個環節。不僅如此，作業員只需約 1 小時即可學會簡單故障排除，有超過 80%的員工都有操作協作型機器人的經驗，協作型機器人讓員工得以從執行者轉為監督者，公司更能因應製程設定彈性調整人力，增加產線效率。

就生產空間配置效率來說，百泰齊利用協作機器人搭配產線中既有的視覺感測器，透過機器人拿取塑膠置物盒至感測器前完成良率檢測後，直接進行分類堆疊，公司不再需要為了不同功能的自動化機具空出廠房，隨著產能逐漸擴大，百泰齊利用UR協作型機器人有效精簡自動化生產過程，增加工廠空間的使用效益，公司資源能更集中投入產品研發與技術精進，創造公司成長的良性循環。¹⁰⁵

從百泰齊的導入案例來看，協作型機器人靈活的手臂跟編程能力，非常適合運用在需要複雜人體工學的生產環節中，可以解除員工執行作業時的不適，大幅降低工廠中的潛在職災風險，也成功為公司節省了人力成本，解決了因噪音等產線環境影響造成的缺工問題；對在職員工來說，其勞動條件的變化除了勞力工作的負荷減輕許多之外，工作環境也從需要面對大型機具的噪音到使用輕巧安靜的協作機器人，空間使用上也較為寬敞，作業環境整體來說更適宜。至於，是否因為部分工序的解除，而有更多時間從事其他更具價值

¹⁰⁵ Universal Robots 案例分享。取自 <https://www.universal-robots.com/tw/case-stories/%E7%99%BE%E6%B3%B0%E9%BD%8A%E8%82%A1%E4%BB%BD%E6%9C%89%E9%99%90%E5%85%AC%E5%8F%B8/>

或創造力的工作，從案例的資料尚無法看出。不過從該公司導入人機協作主要原因為舒緩缺工問題可知道一些重要訊息，透過減輕操作員的工作負擔，一方面為在職的員工提供更友善的作業環境，一方面也可以在招募時作為吸引人應徵的條件之一。翻轉一般人對於傳統產業工作環境的印象。

(三)東培工業股份有限公司

東培工業是一間具有長年生產經驗的工業軸承製造商。在軸承製程後段中的包裝階段，工廠主要運用人力來將軸承包裝放入紙箱內。由於軸承本身重量大，對工作人員的手臂其實會造成不小的負擔，經年累月下來更是容易造成工作傷害。透過協作機器手臂最直接的一個好處就是減輕了很多員工的體力勞動的負擔。也因為協作機器人的六軸式設計，相對於四軸機器人，多出來的兩個軸讓手臂可以更彈性的運動且更能模仿人類手臂的移動方式，這特點使得手臂在將軸承放入紙箱的插槽時可以配合開口的角度，順暢的將軸承放入包裝裡。

對企業的自動化部門來說，員工生理負擔上的減輕不是唯一一項協作機器手臂帶來的益處，協作手臂可應用在多元的自動化應用中，除了包裝的工序，將手臂應用在掃描產品外箱的條碼上亦是其中一個協作機器人的功能。在產線包裝站有數種不同的紙箱，運用協作機器人的內建視覺功能掃描紙箱的外部條碼，就能知道該紙箱是採用何種裝箱方式並讓手臂直接進行裝箱，如此一來便可提高生產設備的稼動率。¹⁰⁶同時，因為採用自動化裝箱，此工站便不再需

¹⁰⁶ 稼動率 (Availability/Uptime) 是衡量整體設備效率的一指標，是設備實際運轉的時間百分比，計算方式為負荷時間 (planned Loading Time) 減去停線時間，則稼動率=(稼動時間/負荷時間)*100%。

要作業員來顧，可以專注在別的工作上並提高整條生產線的產能。

107

總體而言，東培工業導入協作機器人帶給企業與員工一個雙贏的局面。對員工來說，工作對生理負擔的減輕幫助他們維持在一個健康的狀態，也讓職業生涯得以延續，不會因為堅強體力的工作而提早離開職場。對企業而言，自家員工因為工作負擔的減輕而在生理和心理上都變得更加輕鬆，對於工廠和生產活動的運行也具有正面的影響。

(四)樂音科技股份有限公司

樂音科技主要從事記憶體模組、USB 快閃隨身碟、快閃記憶卡、外接式硬碟、SSD 固態硬碟等產品之代工。公司在記憶體模組生產線的三個工站導入 4 支 UR5 機械人手臂，分別為鐳雕製程、裁板製程及燒錄製程。其中鐳雕製程導入協作機器手臂，負責將 PCB 板放入半自動鐳雕機中，透過協作機器人執行檢查工件是否放妥及啟動執行，鐳雕完成後再透過協作機器人手臂擴充的視覺辨識功能，確保每一塊電路板都打上編號、型號與商標。

樂音科技導入協作機器人手臂後，憑藉其快速安裝、靈活部署與人機協同作業等特性，加速實踐作業流程的創新，更能讓既有的舊設備獲得新的運用及新的價值，在產品生命週期結束後，90%的設備都能在其他新產品上繼續運用，同時也避免生產設備無法攤提的問題。

另一方面，樂音科技導入協作機器人，也大幅降低作業員的職業傷害，如鐳雕製程使用的雷射光、裁板製程中的玻璃纖維粉塵，以及燒錄製程中因重複性動作而引起的關節不適，皆於導入協作機器人後獲得明顯改善，使得作業員安全更獲保障。值得注意的是，

¹⁰⁷ 達明機器人應用實例-成功案例。取自 <https://www.tm-robot.com/zh-hant/case-study/case-study/%e6%9d%b1%e5%9f%b9%e5%b7%a5%e6%a5%ad/>

導入協作機器人後，樂音科技在人力配置上更加彈性，能夠佈署更多員工於管理職位，從事更有價值與成就感的工作項目。¹⁰⁸

(五)達明機器人股份有限公司

達明機器人股份有限公司作為協作機器人的製造商，製造部門廠內的生產流程亦有導入自家品牌的協作機器人(型號為 TM5-700、TM5-900、TM12、TM14、TM16)，廠內的使用六軸機械手臂主要的功能在物料的取放、螺絲鎖附、產品組裝以及產品外觀的檢查等方面，具體協作機器人應用情形以三個工作站作說明：

1. 機械手臂內減速器之製組裝

該工作站的生產流程為全自動化生產線，全線使用協作機器人機械手臂做夾取與放置的動作，手臂夾取需要加工的工件後再放置在專用機上做加工，如上油、組裝、上膠的動作。此生產線總共配置四個工站，亦即四個協作機器人機械手臂及四台專用機(如圖 3-15 所示)。每個工站需要事先調節好一樣的作業工時(約一分鐘)。此生產線僅需由一名員工，人員負責在線頭上料、線尾下料、異常處理，以及設備的保養維護，大多時候是在生產過程中於電腦螢幕前監督相關生產情形。此種人機協作的模式是機械手臂完成組裝的相關作業，人員不從事組裝製造工作，而是監督機器人運作，彼此的作業區域也不會重疊。

¹⁰⁸ 樂音科技的記憶體透過 4 台 UR5 機器人提高了生產效率與產品質量，取自：
<https://www.universal-robots.com/tw/case-stories/%E6%A8%82%E9%9F%B3%E7%A7%91%E6%8A%80/>



資料來源：本研究團隊提供

圖 3-15 生產機械手臂工件的自動化生產線

2. 機械手臂內的氣壓缸之組裝

此工站配置一名人員及兩台協作機器人，人員先將氣壓缸內的定位裝置放入磁鐵(須符合精確的高度)，再將組好的部件放在上料區，部件上料後由汽缸做移載，將待加工的部件送去機械手臂的作業區，第一隻機械手臂針對人員放置磁鐵的位置作量測，第二隻機械手臂再做最後的組裝。整個流程分成三段工序。此種人機協作的模式是人員與協作機器人按順序分開作業，彼此的作業區域不會重疊，上料區與機械手臂的作業區也是分開的(見圖 3-16 虛線劃分)。



資料來源：本研究團隊提供

圖 3-16 生產機械手臂中內氣壓缸的工站

3. 機械手臂內部件螺絲鎖附作業

此工站因為產品製程要求一邊旋轉一邊鎖附，並且每顆螺絲需要使用不同扭力依序鎖緊，鎖附方式必須以對角線按順序的鎖法執行。人員長時間執行容易因為注意力降低而出錯；容易發生螺絲可能其未鎖的品質問題，且事後無法追查。配置協作機器人的主要用意在解決人員漏鎖螺絲問題，所有鎖附過程記錄都在系統上，機器人則只要預先編成鎖螺絲的順序，即不會出錯。另一方面，鎖附的扭力大，長時間操作鎖螺絲動作會造成人員手部不適，協作機器人則能大大減少此不符人體工學的動作，進而減緩人員的身體不適。

程序上，人員需要先固定幾枚螺絲再交由機器人完成剩下工序，在風險評估後發現人工作業與手臂作業區是重疊的，人員手部可能接觸到協作機器人上的螺絲起子頭的尖端，故設置安全光柵作為安全措施，手臂作業時人手超過安全光柵即會觸發安全機制使手臂停止動作，人員的手離開安全光柵，按下起始鈕，機械手臂才會繼續作業。此種人機協作的模式雖然人員與協作機器人不會同時動作，也是按順序分開作業，但是彼此的作業區域有重疊，是屬於接觸程度較高的人機協作。因為人員有可能會觸碰到的地方屬於手臂尖端

而非手臂的金屬表面，未必足夠靈敏，為求安全無虞，公司仍使用一般傳統工業機器人經常使用的防護性光柵作為基本保護。



資料來源：本研究團隊提供

圖 3-17 人員施作螺絲鎖附的動作

整體而言，達明機器人的製造部門勞工對導入協作機器人的反應偏向正面，畢竟機器人是降低其勞動強度，對於勞工來說是利大於弊。但是在導入的初期因為人類與機器人近距離工作是員工先前沒有過的經驗，有些員工對機器人的安全性有所顧慮，此部分需要在內部進行安全的宣導、示範，實際操作後也無沒有過多的擔憂。至於是否擔心機器人取代工作，由於人力精簡可能發生在引進全自動化生產線的時候，達明機器人公司會宣導利用協作機器人是替人員安排的助手，不會因此裁減人力。同樣地，在導入的初期由於安裝設備需要多次的測試，初期試做時員工也會認為協作機器人的動作慢，效率較差，故在調適過程中對機器人的不信任感較高。但是經過多次的配合，人機協作工作模式亦能夠逐步上軌道。當人員與機器能夠以合適的生產步調互相搭配時，員工自然也對協作機器人產生正向的感受。

對於無法適用新人機協作工作模式的員工，通常是年紀較長，對於電腦或機械操作也比較不熟悉的群體。公司並不會強迫員工進行訓練，主要是將這些員工安排至其他沒有導入自動化的工位，使其繼續從事人工組裝相關的工作。對於這些人員來說，導入人機協作的工作模式可能對其造成一些壓力，因為無法在原來的工站從事同個部件的加工作業，就必須轉換工站，新的工站及作業的適應多少造成員工的心理負擔。

就勞動條件方面的變化，受訪者提到：如果只是一般操作工作，而人機協作的作用只是降低其勞動強度，基本上附加價值並未提高，故薪資上並不會有所調整。除一般操作工作外，如果員工有心學習機器人的故障排除，甚至於能夠協助裝置機器人與安排生產動線等較具專業性的工作，職等可以再調整，薪資必然也有所調升。

綜上，雖然我國金屬製造業的機器人密度高，不過現階段多數協作機器人應用於金屬加工產業上仍多以單純的取放、移載、搬運等作業為主，只有少部分用在簡易加工或後處理製程之上，但隨著金屬加工產業製造環境的缺點被放大與檢視，在勞動人力不足的情況下，機器手臂導入加工流程或為市場未來的發展方向。而目前業者則是規劃下一步讓機器人除了單純協助工具機上下料作業外，還能協助鑽孔、組裝、檢測等輕切削工作，讓機器人在加工作業中有更多發揮空間。¹⁰⁹整體而言，臺灣 IT 產業成熟，智慧製造具有相當優勢，若能再把系統整合優化，讓人與機器的協作更加緊密結合，或許能建置出更有效率的生產環境。同時，協作機器人可以讓勞工不再去做枯燥、單調的重複性工作，只要勞工具備基本的職場安全知識，了解機器手臂的安全規範，就能在令人安心信任的職場環境下工作，讓勞方與資方雙贏。

¹⁰⁹ 金屬加工為製造重要根基 機器人結合加工機發揮綜效。

DIGITIMES.https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&id=0000543914_qai8z73j2tahs33m7jbsi

二、個案企業研究結果分析

本研究之個案研究對象為四家企業。金屬製品製造業為「盈錫精密工業股份有限公司」與「本土股份有限公司」兩家；電子零組件製造業為「友達光電股份有限公司」及「群創光電股份有限公司」兩家半導體產業的企業。茲針對本章議題所做的深度訪談結果及分析以各家企業列點呈現如下：

(一)盈錫精密工業

產線上使用協作機器人的生產單元為一台協作機器人搭配兩台工具機，主要使用在物料的拾取或產品外觀的檢查，人機協作的程度不高。由於公司一開始的初衷是建立少人化智慧製造工廠，而協作機器人的導入是實現此目標的工具之一，故難以觀察導入協作機器人後對於工作環境的影響。至於導入協作機器人對於勞動條件最大的影響，應是員工能從執行單純勞力型工作類型(例如取放物料)轉為高價值的工作(例如監督)，不僅能降低員工工作疲勞的發生，也能避免長時間上下取料所帶給員工的職業傷害。

公司導入協作機器人後，雖然裝載工作大多轉由協作機器人執行，使得員工工作負擔減輕，但因為下面三個原因，工廠不會出現人員閒置的情形：(1)教育訓練充足，閒置的員工皆有能力轉移到其他部門或工廠；(2)招募目標設定明確，尋找學習能力好且具備專業知識的年輕員工；(3)並非從傳統型工業工廠轉型，生產流程中的人員配置原本就是以導入協作機器人所規劃。

另外，從對於勞工訪談的內容可以得知，剛開始導入協作機器人前員工會擔憂被機器人取代與人機協作工作模式的安全性，但隨著接觸的時間變長而對新技術足夠瞭解，員工也因此適應該工作模式。另外，工作內容轉變的部分，員工認為能從枯燥乏味的重複性工作解脫，工作轉為複合型的工作，但是工作壓力則是增加，由於

員工的工作內容變得複雜，員工不但要對生產流程掌握明確，也要具有簡易的障礙排除能力，不再像以前只需要重複單一動作內容的工作，故員工需要花費較多的心力，心理方面的負荷也隨之增加。

(二)本土股份有限公司

協作機器人的主要工作為在不同工作流程進行上下料或品質檢驗，員工則是在一旁透過操控面板完成任務動作的設定，故兩者的協作程度不高。另外，人機協作的工作模式對於工作環境的影響也不大，唯未來導入無人搬運車(AGV)或移動式機器人(AMR)會強化生產線的順暢度。至於工作內容則是將繁重、危險性質的工作交由協作機器人執行。導入協作機器人後，產能明顯增加，使得員工的工作負荷變小，故員工工作出現閒暇時間，工廠對於此情況的因應辦法為增加員工監督的生產單元(協作機器人、工作母機)數量，並沒有考慮減少員工數量。

未來客戶的需求預期仍會持續增加，因此目前人力沒有減少的計畫，甚至會規劃引進更多協作機器人才來接應更多訂單。反而，公司預期未來若員工監督機器的數量再增加，可能會考慮增加薪資以此留住學會技術的員工，避免人才流失。另外，對於人員會繼續培養初步異常排除、機台參數調校，換刀換模等技術性工作。視人員學習意願，如果具備更多技術，就會有薪資調整的空間。

從勞工訪談的內容可以得知勞工從原本僅需機台操作的工作內容，升格為管理職，不但需要學習新的知識來因應協作機器人的操作或協作機器人與機台的搭配，還需要管理並教育訓練負責操作機台的基層員工，故工作負荷相對增加。

(三)友達光電

友達光電導入人機協作主要是配合公司「智慧製造」的營運策略而引進，對於員工來說最大的好處是擺脫重複性、單調的工作，公司搭配教育訓練提升員工的技術能力，使員工可以勝任人機器協作的工作模式。導入協作型機器人後，員工的工作內容主要在生產後段有所變化，例如在包裝作業中原本是由員工將乾燥包壓平並放入包裝盒中，導入協作型機械手臂後由其將散亂的乾燥包，精確地夾取後放入包裝盒中的特定位置。另外，在光阻自動補給系統的作業中：原本由員工抬舉光阻桶與扭轉桶蓋，目前轉為由自主移動機器人(AMR)協助打開(桶蓋)並放置危險化學物質的容器與放入抽取工具，最後再搬運容器。在光罩製程中，原本由人力檢測灰塵與清潔與搬運，目前公司改以機器手臂搭配 AOI 顯微鏡進行檢測與清潔，不只每月人力工時減少 80 小時，光罩搬運量也多增加 300 片。

根據受訪者所提及，公司只有在剛開始導入人機協作的時候，員工有些微的不安，主要是擔心工作被取代。但後續經過宣導與溝通，員工也都相信公司不會因為工作減少或取代而減少其勞動權益，故目前員工在適應上都沒有太大問題。

公司導入人機協作工作模式並不是為了取代人力，主要功能在於協助工人的工作，使其工作更加輕鬆、有效率；協作機器人要透過員工教導才能於生產流程中執行所要進行的作業，而協作機器人無法處理的精細工作仍是交由員工處理。代表即使導入人機協作工作模式，員工的重要性仍存在，故員工需要接受新技術的教育訓練，以投入新的工作模式。如通過公司的技能認證機制也會有加薪(職能加薪)，如此便能加強員工學習的意願。

(四)群創光電

公司大多數生產線已經改建為全自動化或關燈工廠，唯有車材的生產線與半導體的生產線導入協作機器人後，仍需要與人力搭配。前者主要使用在鎖螺絲、塗膠的步驟；後者則是主要使用 AGV 與機械手臂組裝成 AMR (Autonomous Mobile Robot) 在無塵室運送晶圓。公司早期就在規劃自動化工廠，而生產流程或工作環境更是以自動化為設計草稿，協作機器人為自動化的一環，故導入協作機器人後，工作環境沒有過多改變。原本的基層勞工若有學習意願可以透過教育訓練升級為較高階的工作，例如無塵室的操作員在協作機器人導入後，轉為進行監督或複判的高價值工作。

另外，公司導入人機協作對於員工的勞動條件沒有影響，主要是職位相同，協作機器人也僅是改善其工作環境。與協作機器人相關的工作除非是工程、資訊背景的人才，才会有不一樣的薪資條件。

由於導入自動化生產線，使員工人數從原本十三萬多人減少到五萬多，其中大部分是因為中國產線的自動化，另外則是減少外籍勞工的引進，再者為年齡較高或是不願意從事重複性的工作的人員故公司導入協作機器人沒有出現人員閒置的情形。

(五)個案企業研究小結

從上述企業的深度訪談可以得知，對於工作環境的影響，友達光電有限公司與群創光電有限公司皆是電子零組件製造業的大公司，由於一開始都是以自動化為生產方式的設計基礎，故即使導入協作機器人對於工作環境的影響並不大。至於金屬製品製造業中的盈錫精密工業與本土股份有限公司，前者是為了建立少人化智慧製造新廠而設置工廠環境；後者則都依照安全衛生的規則設立工廠，故兩間公司即使導入協作機器人工作環境，也沒有過多改變。

對於勞動條件的影響，四間受訪企業在導入協作型機器人後，員工皆能從重複、單調或不符合人體工學的工作跳脫，並且隨公司對於人力資源的安排，有機會轉型執行高價值的工作內容。另外，為了因應新技術的導入，也為了使員工有與之對應的技能，企業大部分都會推動教育訓練，甚至規模較大的公司會建立完整的內部教育系統，例如友達光電公司設立數位大學提供數位課程。

對於導入後有無減少配置的人力的問題，四間受訪企業在導入協作機器人後都沒有出現工作被機器人取代，導致員工沒有工作，進而被辭退的情形。雖然有企業在導入初期時有員工會產生閒置時間，但後期經過教育訓練、轉換單位或轉換工作業務，並沒有因為協作機器人的導入而減少人力的配置。

三、問卷調查結果分析

在詢問 103 家有導入協作機器人的企業，人機協作模式對於勞工的工作環境產生甚麼改變，認為有改變者超過半數，約有 61.2%；回答無改變者約有 38.8%(見表 3-3)。進一步詢問工作環境改變之處，以回答「動線更順暢」者較多，占 35.9%；其次為空間更寬敞，占 27.2%；再者為空氣品質較佳，占 12.6% (見表 3-4)。從問卷結果可得知企業感受到的工作環境變化，多是空間上的變化。顯見輕巧的協作機器人在整個生產的配置上不會占有工廠太多空間，若配置得當更能使人員的動線更順暢。至於有五家企業回答空間變得更擁擠，這些企業從問卷結果可得知其中三家規模為 100 人以下，剩下的兩家則為 100 人以上不到 200 人，推測由於這五家公司屬於中小型規模的事業單位，廠區不大的情況下，若是從原本未有機器在廠區運作，後來增添了協作機器人，勢必會擠壓到工作空間。

表 3-3 產線員工的工作環境是否產生改變

選項	回答次數	觀察值百分比
有改變	63	61.2%
無改變	40	38.8%

表 3-4 產線員工的工作環境產生的改變(複選)

選項	回答次數	觀察值百分比
動線更順暢	37	58.7%
空間更寬敞	28	44.4%
空氣品質較佳	13	20.6%
噪音降低	10	15.9%
廠內溫度較適宜	7	11.1%
空間變擁擠	5	7.9%
廠內環境變乾淨	4	6.3%

問卷結果顯示導入協作機器人後，產線員工在工作執行上最多的改變在於「減少重複性的工作」，占了 53.4%；其次為「減少負重的工作」，占了 32%；再者為「減少危險性的工作」，占了 25.2%。最少的為「需要具備操作系統與處理資訊的能力」，少部分表示因為剛導入沒有多久，無觀察到顯著改變(占 8.7%)。顯示企業導入協作機器人的主要功能在於協助員工在作業上能較輕鬆，擺脫傳統工業產線需要消耗體力及重複單調的工作內容。(見表 3-5)

表 3-5 產線員工的工作型態與內容的改變(複選題)

選項	回答次數	觀察值百分比
減少重複性的工作	55	53.4%
減少負重的工作	33	32.0%
減少危險性工作	26	25.2%
減少走動	24	23.3%
需要對整體生產流程有更多了解	16	15.5%
增加監視性或品質管控的工作	13	12.6%
需要具備操作系統與處理資訊的能力	9	8.7%
剛導入，目前無顯著改變	9	8.7%

詢問到企業導入人機協作前，是否對產線員工進行說明，如表 3-6 所示，有高達 81.6%的公司會事先對產線員工進行說明。以企業經營的角度來說，生產配置或產線更動本來就會經過傳達資訊的過程，過程中除使其充分了解公司策略，以利公司決策之推動及事業之發展；也可透過良性溝通，解除勞工相關疑慮。

表 3-6 導入人機協作前是否對產線員工進行說明

選項	家數	有效百分比
有	84	81.6%
沒有	19	18.4%
總計	103	100%

就產線員工是否因為協作機器人的導入而出現擔心或反彈的反應，問卷結果反映絕大多數員工沒有出現擔心或反彈反應，占了94.2%(見表 3-7)。此現象可以推測因為多數公司在導入人機協作前，都有對產線員工進行相關說明，使得員工較少陷入未知的心理狀態而感到擔心。不過，也可能受限於本問卷調查為事業面為調查對象而無法反映勞工真實感受。

表 3-7 產線員工出現擔心或反彈的反應

選項	家數	有效百分比
有	6	5.8%
沒有	97	94.2%
總計	103	100%

詢問企業對於無法適用應人機協作工作模式的員工，會提供何種協助，回答「員工都能夠適應」的企業最多，占了 76.7%；反面來說，23.3%的企業有較難適應的員工存在(見表 3-8)。對於有需求的員工，大多數的企業提供的協助是教育訓練(占 83.3%)，比較少企業選擇將員工調換單位。從上述結果可以看出導入人機協作模式的公司較少遇到難以適應的員工，即使遇到員工出現不適應也有相對應的方法解決(見表 3-9)。

表 3-8 員工能否適應人機協作模式

選項	回答次數	觀察值百分比
員工有出現不適應	24	23.3%
員工都能夠適應	79	76.7%

表 3-9 對不適應的員工所提供的協助(複選題)

選項	回答次數	觀察值百分比
提供教育訓練	20	83.3%
由設備供應商協助	6	25%
將員工調換單位	5	20.8%

詢問企業在生產規模不變的情況下，是否因為人機協作的導入而有基層人力投入減少的情形，問卷結果顯示多數公司導入人機協作後並沒有出現基層人力投入減少的情形，占了 76.7%。有減少基層人力投入的情形，則占了 23.3%(見表 3-10)。此情形回應到企業導入協作機器人的主要原因在於協助人員的作業、增加效率、補足短缺的人力，也能夠證實協作機器人的引進主要目的不在取代人力。

表 3-10 基層人力投入減少情形

選項	家數	有效百分比
有減少	24	23.3%
沒有減少	79	76.7%
總計	103	100%

承接上題，24 家有減少基層人力投入情形之企業，列出減少百分比的次數表，減少人力投入的百分比不超過 10%之樣本，共有 13 家；減少人力投入的百分比超過 10%之樣本則有 11 家，其中大於 20%以上的樣本僅有 6 家(見 3-11、3-12)。從結果可以看出超過半數的有效百分比都不會超過 10%，代表導入協作機器人的企業即使有遇到減少人力情形，但比例都不高。也回應到企業導入協作機器人的主要原因在於補足短缺的人力，也能夠證實協作機器人的引進主要目的不在取代人力。

表 3-11 基層人力投入減少的情形(百分比群組)

減少人力投入的百分比群組	家數	有效百分比
1%-5%	8	33.3%
6%-10%	5	20.8%
11%-15%	2	8.3%
16%-20%	3	12.5%
20%以上	6	25%
總計	24	100%

表 3-12 基層人力投入減少的情形(依填答者回答列表)

減少人力投入的百分比	家數	有效百分比
1	3	12.5
2	1	4.2
5	4	16.7
9	1	4.2
10	4	16.7
15	2	8.3
20	3	12.5
25	2	8.3
30	2	8.3
50	2	8.3
總計	24	100

接著進一步詢問 24 家有減少基層人力投入情形的企業，是否因為減少人力而發生勞資爭議，問卷結果顯示 23 家回答沒有引發勞資爭議(占 95.8%)；僅 1 家企業回答有發生勞資爭議，並且是以內部協商去解決該爭議。(見 3-13)

表 3-13 減少人力是否發生的勞資爭議

選項	家數	有效百分比
沒有	23	95.8%
有(內部協商解決)	1	4.2%
總計	24	100%

詢問企業導入協作機器人後員工的勞動條件是否有調整，樣本有超過半數回答「不會因為人機協作的導入而有所調整」，占了 66%；反面來說，會因為導入人機協作而有所調整者占了 34%(見表 3-14)。若進一步詢問調整的內容，回答「工時減少」較多，占了六成(見表 3-15)。從調查結果推測，導入協作機器人對於員工的勞動條件並無太大影響，薪資調升可能與員工工作內容或職務的轉變有關，若協作機器人僅是作為員工工作負荷減輕、讓其作業更輕鬆，則通

常不會影響其薪資；工時的減少則推測是因為達到相同產量所需的時間減少，使員工整體的工作時間有減少，雖未進一步詢問每日減少多少工作時間，不過減少的工時估計不多。

表 3-14 導入人機協作後員工的勞動條件有無調整

選項	家數	有效百分比
無調整	68	66.0%
有調整	35	34.0%

表 3-15 對勞動條件調整情形(複選題)

選項	回答次數	觀察值百分比
工時減少	21	60.0%
薪資上漲	19	54.4%
其他福利項目增加	6	17.1%

四、專家諮詢座談會重點意見彙整

研究團隊於 111 年 12 月 26 日，針對本章之主題，邀集 6 位產學專家進行諮詢座談會議，專家名單及單位職稱如表 3-16。

表 3-16 專家諮詢座談會專家名單及單位職稱（依姓名筆畫排序）

服務單位	姓名	職稱
金屬工業研究發展中心	邱振璋	代理處長
國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系	張文龍	兼任教授
龍華科技大學資訊管理系暨碩士班	張吉成	教授
國立政治大學勞工研究所	張其恆	副教授
工業技術研究院機械研究所	游鴻修	組長
達明機器人股份有限公司	黃錫建	經理

在本次專家諮詢會議中，研究團隊提供前述的企業個案訪談以及問卷調查歸納結果，供專家做為討論基礎，並提出以下兩個議題做為討論的核心：

1. 針對本案初步結論及建議，對於個案企業訪談與問卷調查結果之解釋是否妥適，與會專家學者有無其他補充意見？
2. 目前我國產業引進協作機器人的情形尚不普遍，若預期未來人機協作將持續發展，在勞工的工作權益和勞動條件的保障方面需要注意什麼？

研究團隊歸納專家學者於會中提出的意見後，彙整重點意見如下：

1. 整體來說，企業導入人機協作有助於中高齡勞動力續留職場。考量到我國製造業缺工嚴重，甚至需要招募非屬該專業背景的勞工來填補缺口。而協作機器人的操作方式簡易，對於中高齡勞工在學習上應無太大困難，且人機協作工作模式對於勞工從事危險、堅強體力的工作，以及減少職業傷害的發生有所助益，正適合配置於中高齡勞工較多的工作場所。例如搬運型機器人可以運送難以移動的物料，或由機械手臂執行重複性拾取的動作，減少中高齡勞工體力上的負荷；也多少減緩缺工的問題。
2. 協作機器人不只應用在本研究中的兩個產業，適合導入協作機器人的產業與其工作環境亦有關聯。例如食品業的肉品加工業應有導入協作機器人的需求，因為目前的肉品加工業的生產線工作環境潮濕悶熱且工作內容重複性高，人員招募上有困難，只得聘用大量外籍勞工來因應。協作機器人對於勞工工作內容與環境上的改善應有幫助，但是目前食品業仍是大量生產的模式，而協作型機械手臂基於安全考量，效率較低，因此預期食品製造業業者導

入人機協作的意願仍低。如果從其他工作環境較差的產業觀察，應有許多廠商適合導入協作機器人，只是需要讓這些廠商了解到導入協作機器人的好處。

3. 從個案企業研究及問卷調查中發現導入協作機器人對於員工似乎沒有太多影響，這可能與每家公司的規模以及產業轉型歷程不同有關。對於半導體產業的大公司早已將自動化作為生產模式的基礎，故對員工來說不會有從全人工的生產線轉型到半自動化或全自動化的情況，自然難觀察到員工擔心無法勝任工作或是被機器取代的心理反應，反而員工可能因為協作機器人的導入，工作負擔得以減輕。而有許多傳統產業尚處於生產方式轉型的過程，因此情況與上述半導體產業有所差異，在引進新技術時也需要較多時間磨合與適應。
4. 我國勞資關係比較特殊之處在於，勞資爭議大多是發生在解除勞雇關係之後，故建立企業內部常態性的溝通管道有其重要性，透過溝通與交流減少事後發生勞資爭議的可能。穩固的勞雇關係為企業能否長期經營的重要因素，尤其導入新技術可能會影響勞工工作的模式與工作表現，因此對於協作機器人的導入，企業都應提前告知或與勞工溝通。
5. 對於導入人機協作工作模式後，勞工的心理問題也需要更加注意，調查顯示有少部分勞工對於新的工作模式感到挫折與不安，雖然數量不多，但仍建議有關單位在未來繼續研究人機協作對於工作轉變與員工心理健康的相互關係，例如導入機器人對於人員是否產生焦慮、挫折感、工作壓力等負面的心理反應。
6. 協作型機器人的定義為本研究在執行上須先確認的事項，但隨著 ISO /TS 15066 即將併入 ISO 10218 系列，未來不會再針對協作型機器人本身作定義，而是以協作應用(Collaborative application)為

核心探討工作安全標準。這表示即使是傳統工業型機械手臂，只要符合安全設定與標準也可能採用人機協作的生產模式，而不是只有使用名稱為協作型機器人的才屬於人機協作的範疇。此轉變也將影響未來這類研究的取向。

第三節、問題及因應策略

由相關文獻資料、問卷調查以及個案企業的深度訪談結果可知，導入人機協作後對勞工的勞動條件與工作環境的影響較輕微，協作機器人的功能在於協助人員減少重複性、高負重及較危險的作業，而員工大多能適應新的工作模式，未能適應者也能透過教育訓練來加強；對於勞工工作環境方面則是以廠房空間上的改善為主。至於勞動條件則不會因此而有影響，主要端視員工職務是否升級成較高價值的工作而定。人機協作導入對於就業的影響方面，從問卷調查以及訪談中詢問企業，其基層人力投入減少的情形不明顯。至於個案企業訪談以及勞工訪談中提及導入協作機器人前是否產生工作可能被取代的擔心，一般經過公司的宣導與溝通都能讓勞工理解導入協作機器人的用意而負面情緒；另外，在導入的初期，員工可能會因為需要學習新技術與新的工作模式，需要花費較多心力投入而感到壓力。以上為針對本章探討議題的主要發現，並針對衍生的問題提出以下因應策略。

一、與員工進行定期且持續的溝通並建立穩定的溝通管道

導入人機協作最可能造成的問題多出現在尚未導入前或導入的初期，員工對於各方面的擔憂，以及心態與觀念上需要調整的問題。雖然從問卷調查結果發現，多數企業員工不會因為人機協作導入而有擔心或反彈的反應，但在個案企業的勞工深度訪談時得知，在公司決定導入協作機器人時對員工來說多少會擔心工作被取代，而由於公司大多會事先與勞工進行溝通與宣導，員工都能理解協作機器人的主要目的是協助而非取代。另外，因為新技術的引入或是搭配系統整合的過程，員工需要額外學習新知識或是勞動條件轉變而需要調整工作內容，這些轉變都可能使員工產生能否勝任工作的心理負擔。對於不適應的員工，企業可以透過轉換工站或調換單位來處

理；而對人機協作工作模式有意願學習並積極參與教育訓練的員工，則可藉由導入新技術的機會，從原本單調且容易疲乏的勞動條件轉為較為具挑戰性的工作。

因此為了避免勞工產生心理負擔，公司建立良好且長期的溝通管道格外重要。企業可透過內部溝通管道，宣導人機協作的基本概念、公司導入的理由以及未來的規劃，並對人力安排作清楚解釋，以降低員工對於勞動條件與工作環境變動可能產生的疑慮。也能使管理階層在初期察覺員工所遇到的問題，進而立即因應。有關企業主對於生產方式與工具的調整，尚屬企業經營權之一部份，但若善利用組織內的對話平台，應對勞資雙方的溝通與互信建立良好基礎。關於此，現行「協同作業機器人作業安全評估報告參考手冊」有提及在導入機器人設備時，須訂定訓練教材及告知廠區人員。而勞基法中的勞資會議亦具有此功能，其精神即在於勞資雙方代表不以對抗與利益分配之前提，而是本著協調合作之精神，共謀事業之發展。若政府能對於此類制度多加宣導，促成企業建置常規的溝通管道，對於和諧勞資關係發展應有正向的效果。

二、規劃人機協作工作模式促進弱勢工作者就業之方案

協作機器人的主要功能在於協助人員減少重複性、高負重及較危險的作業，且其具有操作介面人性化與學習時間短的特點，即使是非理工背景的人才或不具有特定專業技能(如機械工程或編寫程式的專業背景)之人亦能快速上手。搭配協作機器人的偕同工作模式對於體力上較無法負擔高密度勞力工作的中高齡者或身障人士亦相當適合。

誠如專家諮詢會議所討論的，考量到我國製造業缺工嚴重，甚至需要招募不具相關背景的勞工來填補缺口。而協作機器人的操作方式簡單，對於中高齡勞工在學習上應無太大困難，且人機協作工

作模式對於勞工從事危險、堅強體力的工作，以及減少職業傷害的發生有所助益，正適合配置於中高齡勞工較多的工作場所，例如由機械手臂執行重複性拾取的動作，減少勞工體力上的負荷。藉由導入人機協作延長中高齡勞工的退休年齡，或是讓已經離開職場的中高齡者可以重回職場。而未來協作機器人的設計上若能配合身障工作者的需求，發揮輔具的功能，亦可期待身障者投入相關產業。不過，從問卷調查的基本資料檢視，有導入人機協作的企業其員工年齡層分布較年輕，而未導入的企業則是員工的年齡層較高，雖未有顯著的差距。但可推測部分原因是企業員工的高齡化程度，影響企業引進新科技與技術的接納程度。

故建議政府針對中高齡勞工與身障者在製造業的工作場域中遭遇的困難，以及人機協作之工作模式是否能滿足其需求進行相關評估。如評估結果對於弱勢工作者有助益，在未來亦規劃與人機協作相互對應的職業訓練課程，課程應依照難易度分類，並針對不同需求者設計不同課程，最後協助推薦中高齡者、身障人士至已導入或有計畫導入人機協作的企業就業，使人機協作於產業應用發揮更大的效用。

三、協助中小企業擬定設備整合規劃，縮短導入人機協作的摸索期

如同專家諮詢會議中專家所提到的，人機協作應用在我國業界尚未普及，主因除了成本考量之外，技術尚未成熟或是缺乏管道作系統整合，亦是企業大多處於觀望態度的原因。即使有企業願意導入協作機器人可能也只是為了嘗試，對於機器人於整個自動化的進程中扮演甚麼角色以及如何使機器人發揮最大的效用可能不太清楚。在企業不清楚協作機器人的功能的情況下，產線規劃就可能沒辦法達到最有效的配置，也容易因為人為因素產生異常狀況。若沒辦法立即排除異常狀況，就會造成公司的損失。員工為確保產線不會出

錯，必須投入更多心力在與機器人的搭配上，工作壓力便有增加的可能。

在個案深度訪談中，金屬製品製造業的兩位操作員工在回應有關導入協作機器人後工作內容與型態轉變的部分，員工皆表示工作內容能從枯燥、重複性工作解脫，且減少執行單純體力的作業。但是工作轉變為複合型的工作後工作壓力有所增加，因為工作內容變得較複雜，員工不但要對整個生產流程掌握更清楚，機器使用與操作上也必須小心，避免造成機器故障或毀損，機器若發生故障情形，員工也要具備簡易的障礙排除能力。故員工脫離重複的工作內容，但需要花費較多的心力確保生產過程之順利，心理方面的負荷也隨之增加。

針對以上情況，企業必須在導入協作機器人前就先有長遠的規劃，分析產業趨勢與產品特性並且對協作機器人的功能與角色定位清楚，配合教育訓練使員工適應新的工作模式，達到生產效率與員工穩定工作的綜效。然而，大型企業與中小企業情形可能不同，大型企業(如多數半導體產業)具有產業優勢，在組織分工上劃分較細緻，人力資源也較一般中小規模的傳統產業來的充足。無論是在自動化進程的規劃或人員培育上都相對精實。屬於中小型企業的傳統製造業廠商，在自動化的進程中通常需要外部的協助。因此政府應當針對這些缺乏資源的產業予以輔導，在企業引進新技術時能給予生產配置與自動化系統整合方面的技術指導。進而縮短企業在導入新技術時的摸索期，盡速讓機器人或自動化設備到位，使勞工盡快適應新的勞動條件，避免勞工因為企業缺乏經驗及妥善的規劃，需要花費大量心力適應與學習甚至產生額外的工作壓力。

第四節、小結

本章先前透過文獻資料蒐集、各國企業導入人機協作的經驗與我國企業的案例，就人機協作對勞工勞動條件與工作環境之影響與因應作探討。無論是製造業或是服務業的協作機器人應用，在協助減少勞工從事的重複性、高負荷、不符合人體工學的動作有其正面效果。關於對就業的影響，以問卷調查來看僅有少部分企業會減少對基層勞動力的投入；而從個案企業深度訪談的結果來看，人機協作的導入與全自動化設備導入所產生的影響仍有差異。全自動產線的目的主要是增加生產效率與減少人力成本，但人機協作主要目的在協助人員的工作，且協作機器人的導入通常是循序漸進，較未對現職員工有立即性替代效果，而即使企業出現多餘人力也會有其他安排，如調至其他仍需要人力的產線或是透過教育訓練轉換至其他監督性質或是品管方面的工作；另外，大多數製造業處於缺工，協作機器人亦能夠減緩缺工與招募不易造成的壓力。協作機器人的內建安全特性、介面操作簡易性、配置靈活性都對工廠的生產配置彈性化起了極大作用，特別對於中小型的企業，為了接應少量多樣的訂單需求，以往單一化的產線朝向靈活配置並透過機器人來維持其生產效率與品質，以維持其競爭力。勞工從勞力密集的工作中解放，可轉而從事其他較具有附加價值的工作，如製造業中操作員工變為機器監督的角色，甚至透過教育訓練提升其技術層次；而服務業中的餐飲業服務員可以投入更多心力在面對面的顧客服務、醫院的醫療人員也可以多花時間在關懷病人。

從對企業深度訪談與問卷調查結果可以得知，台灣業界導入協作機器人的情況並不普遍，透過專家座談會的推測可能有三個原因。第一，本次調查只針對金屬製品製造業與電子零組件製品製造業，而產業特性與產業價值鏈會影響協作機器人的採用情形，例如台灣的服務業與食品業亦有導入協作機器人的個案，故未來研究可以觀

察研究的產的類別；第二，導入協作機器人的成本較高，但效率無法立即呈現，使得中小企業不敢輕易嘗試；第三，雖然我國生育率低，使得勞動供給跟不上勞動需求，故出現缺工情形，但人機協作工作模式無法取代某些傳統產業的人工作業，自然企業不會考慮導入協作機器人解決缺工問題。

不過猶如 ILO 百年倡議中的工作的未來(The future of work)，提到工業機器人的快速普及的趨勢有可能在全球範圍內大幅提高生產力並創造新的就業機會，對總需求產生積極的溢出效應。故未來可期待協作機器人的角色為提高員工工作力的工具，是以人為本的工作模式，亦即是機器配合人而不是員工配合機器人。人機協作不僅能減輕人力負擔，亦是推動智慧製造發展的重要動能。因此，企業對於生產自動化的發展歷程與其導入協作機器人主要的目的，影響其對於人機協作的應用及此對於勞工的影響。實證研究說明良好的人機協作互動有助於提升工作環境與條件，對勞工各方面皆產生正面的效果。未來協作機器人朝向智能化發展後，即可依照員工的需求而設計，而當員工的技能有多元化的需求，教育訓練也應隨著技能發展不同的面向。

另外，協作機器人操作介面簡易、學習難度低、配置彈性，以及安全度高等特性，使其適合應用在各種不同的工作場域。尤其對於不適合持續從事勞力密集工作的中高齡就業者與身障人士，協作機器人應能因應使用者需求提供勞動者生產作業上的輔助。最後，從問卷及訪談等蒐集到的資訊來看，企業是否與員工進行充足的溝通起了關鍵的作用，建立常態性溝通平台，可避免由於勞工對於企業經營策略或政策不了解，或是雙方對於生產配置與人員安排方式有不同理解而產生誤會。

第四章 人機協作對人力及職能需求的影響與因應

人機協作已是未來產業發展的重要趨勢，它不是「即將」發生，而是「已經」進入我們的生活。以往談到自動化或引進機器人作業，對於企業來說，可以減低人力成本，提高生產效能，但對於勞工來說，則會面臨工作被取代以及必須進行技能再訓練的威脅。IFR 在 2017 年的研究指出，機器不會取代既有的工作，而是創造新的工作機會，這些新的工作機會則需要新的技能；OECD 在 2018 年的報告中指出，真正能完全被自動化取代的工作大約只有一成，剩下九成工作就需要以人機協作的方式來進行。本章主要目的是希望探討人機協作對於我國勞動人力及相關職能需求的影響，藉由蒐集與分析國際與主要先進國家的經驗，瞭解他國的因應之道，以作為我國的重要借鑑；接著從我國導入人機協作的過程，找出影響我國勞動人力及相關職能需求之現況與問題，最後試著從現有資料中，找出這些影響與問題的可能因應策略與方向。藉由問卷調查、深度訪談以及專家諮詢會議等方式，蒐集我國導入人機協作之廠商與勞工對於影響我國勞動人力及相關職能的各項意見，以結合策略方向與實務需求。

第一節、國際與主要先進國家經驗之蒐集分析

世界各先進國家都將智慧自動化與人機協作模式的發展視為重要的產業領頭羊，不僅帶領製造業的變革，也進一步促成服務業的轉型。隨著數位經濟應用於生產的趨勢，與人機協作相關的職能需求與新興的職業也應運而生。ILO 近期的研究談到數位經濟的發展產生新的職業與新的職能需求，新的職業即包含自動化流程專家、訊息和網路安全分析師、用戶體驗和人機協作設計師、機器人工程師、區塊鏈專家、協作機器人培訓師等。另外，新興工作也不再只侷限在單一領域例如只專注在 IT 技能的培養，跨領域的專業背景更是產業亟待進用的類型人才，企業也更需要養成持續且長期的技能培育觀念以迎合時代趨勢。本節主要蒐集國際主要先進國家在製造業與服務業等不同領域的人機協作經驗，包括美國、德國、日本及韓國等，希望瞭解上述各國在發展人機協作計畫的過程中，對於人力需求與職能發展帶來什麼樣的影響與改變，並針對蒐集到的文獻資料進行分析，以做為我國發展人機協作時的重要借鏡。

一、美國

為因應先進國家工業 4.0 發展與全球化競爭，美國於 2014 年推出「美國製造（Manufacturing USA）」計畫。這個計畫透過美國的三個政府部會（國防部、能源部、商務部），分為 5 個領域（電子、材料、能源與環境、數位與自動化、生化製造），陸續成立 16 個私立機構並對他們進行資助，結合美國官方的力量（包括美國商務部等 9 個政府部會），期望透過產官學研合作的方式，維持美國製造業的競爭優勢。¹¹⁰其中一個跟人機協作密切相關的財團法人：ARM 學院（Advanced Robotics for Manufacturing Institute）於 2017 年 1 月

¹¹⁰ Manufacturing USA (2022). Securing America's Manufacturing Future. Website: https://www.manufacturingusa.com/sites/manufacturingusa.com/files/2021-09/MFGUSA_one_pager_v9_13_RVSD2.pdf. Retrieved date: 2022/8/10.

成立，由來自產業界、先進科技、學界以及政府的 280 個公私立機構代表所組成，該學院的主要目標就是「應對美國所面臨的最大挑戰，引領人類與機器人共同合作的未來，以開發與生產出世界上最理想的產品」。¹¹¹

根據 ARM 學院的推估，由於導入工業 4.0 與人機協作，以往的勞力密集技術工作將會被取代，截至 2021 年 12 月為止，全美國共有 634,000 家製造廠商、768,000 個工作職缺，其中有 15,000 個工作職缺與機器人相關，占總職缺數量的 1.95%。

與機器人相關的工作可分為初中高階等三個等級：初級為機器人技術工程師（Robotic Technicians），負責工作現場的機器人維護作業，年薪約為 61,000 美元；中級為機器人專家（Robotics Specialists），負責工作現場的機器人操作，並提出改進方案以增加機器人生產效能，年薪約為 86,000 美元；高級為機器人整合專家（Robotics Integrators），專長為機器人自動化作業，他們能夠整合機器人與工作現場的自動化製造系統，以提升自動化生產的評估、設計、運作與整體效能，年薪為 130,000 美元。¹¹²ARM 於 2021 年，為這三種不同層級的工作，製作有關機器人相關職缺與教育訓練的網站¹¹³，以滿足不同需求的社會大眾，包括求職者、求才廠商以及相關訓練機會的資料，都可以透過一站式的方式進行資料的搜尋，找到各種不同時間長短、線上/實體的課程與課程聯繫資訊，並且列出該課程需要哪些明確的職能內涵(見表 4-1)。根據 ARM 預估，未

¹¹¹ NIST (2021). Manufacturing USA Highlights Report: A summary of 2020 Accomplishments and Impacts. Website: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ams/NIST.AMS.600-9.pdf>. Retrieved date: 2022/8/10.

¹¹² ARM Institute (2022a). Robots & Jobs – What's the Truth? Website: <https://arminstitute.org/news/robots-jobs-whats-the-truth/>. Retrieved date: 2022/8/10.

¹¹³ 參照 <https://www.roboticscareer.org/>

來十年內現有的工作將會出現訓練缺口，加上新的勞動條件也會產生，因此預估到 2030 年，將有 210 萬個工作職缺產生。¹¹⁴

表 4-1 ARM 所列三種不同層級工作之職能內涵

工作層級	機器人技術工程師 (Robotic Technicians)	機器人專家 (Robotics Specialists)	機器人整合專家 (Robotics Integrators)
個別職能內涵	● 機器維護與問題解決 ● 電氣系統 ● PLC 可程式控制 ● 電子學與控制電路 ● 機器人程式設計 ● 機械系統 ● 流體動力 ● 系統與流程安全	● 設備檢查 ● 感測器 ● 進階機器人程式設計 ● 組裝概念 ● 實務應用 ● 安全風險評估 ● 視覺化 ● 專案管理 ● 機器人及系統問題解決	● 系統及流程設計 ● 虛擬實境與擴增實境 ● 視覺化技術 ● 大數據 ● 系統模擬建模 ● 模擬操作 ● 離線程式編寫 ● 交互通用操作 ● 電腦程式設計
共通職能內涵	主動傾聽、適應能力、注意細節、溝通、衝突解決、批判性思考、時間管理、工作倫理、人際技巧、領導能力、問題解決、團隊合作、技術學習能力、技術操作能力		

資料來源：ARM Institute (2022b)

就上述的資料來看，未來美國的勞工技能，將因為導入人機協作而被取代或轉型；那些重複性高、危險性高、污染嚴重的工作技能將以自動化的方式取代人力，而原先的人力則必須透過技能的升級，成為上述三種不同層級的機器人相關工作者，或者透過管理領導技能的學習，轉而成為生產品質與進度的管理者。而且從個別職能內涵與共通職能內涵來說，可以發現跨領域能力以及人際溝通能

¹¹⁴ ARM Institute (2022b). Empowering the Workforce of Today & Building the Workforce of the Future. Website: <https://arminstitute.org/our-work/workforce-development-services/>. Retrieved date: 2022/8/10.

力，是未來人機協作時代中的兩大重點，且共通職能的能力內涵，正是機器人難以達成，必須要和人類進行協同工作的重要原因。

二、德國

根據 IFR 的統計，德國是歐洲最大的機器人市場，每萬人就配置有 346 台機器人，是位居全球自動化程度第四高的國家，僅次於新加坡、韓國與日本，且人機協作已經是工作中的常態。德國在導入工業 4.0 的過程中，不僅追求自動化生產，更著力於提升勞工的素質，積極培養員工跨領域的能力，就人機協作領域來說，各知名大廠都希望員工能夠透過教育訓練，培養程式編寫、大數據、機電整合等資通訊專業技能。

BCG (The Boston Consulting Group) 國際顧問公司於 2015 年發表了名為「工業 4.0 之下的人與機器人：科技將如何影響 2015-2025 的勞動力市場」研究報告¹¹⁵，文中提到德國導入工業 4.0，德國製造業在這個工業 4.0 的過程中，勞動力市場產生了巨大的變化。該研究進行了 10 個深度訪談個案，從訪談資料整理過程中，瞭解工業 4.0 對於德國製造業的重大影響，並且藉由勞動市場量化模型的推估，預測新興與消失的職業項目及其增減幅度，以下為 10 個深度訪談案例所得到的推估結果：

(一) 大數據驅動的品質控制 (Big Data Driven Quality Control)：

半導體產業運用大數據技術廣泛蒐集資料，並透過演算法分析出最佳化的各項生產參數，進而控制產品品質、提昇產品良率、減少產品耗損與機械故障，在這樣的狀況下，未來品管人員的職缺將會減少，工業資料科學家 (Industrial Data Scientists) 的職缺則會增加。

¹¹⁵ BCG(2015). Man and Machine in Industry 4.0: How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025? Website: <https://www.bcg.com/publications/2015/technology-business-transformation-engineered-products-infrastructure-man-machine-industry-4>. Retrieved date: 2022/8/10.

- (二) 機器人輔助生產 (Robot Assisted Production)：透過人機協作的工作方式，將會減少第一線生產人員與包裝人員的人力需求，但將會增加新的「機器協調人員 (Robot Coordinator)」工作職缺。
- (三) 自動駕駛物流車 (Self-Driving Logistics Vehicles)：食品與飲料製造業者在工廠內部署人工智慧導航與自動運輸系統，使得物料運送與成品運輸的人力需求大幅減少。
- (四) 生產線模擬系統 (Production Line Simulation)：消費性電子商品製造商運用新的軟體，透過電腦進行生產線佈置規劃與模擬分析，找出最佳結果後再正式佈置生產線，使工廠生產運作最佳化，縮短新設備/機具打樣修改與導入的時間。此項技術的落實將增加「工業工程師」、「模擬工程師」等職缺。
- (五) 供應鏈網路 (Supply Network)：透過軟體來監控整體供應鏈的相互協調生產過程，跨國企業得以啟動最佳化的供應鏈網絡策略，優化生產流程，讓每個生產環節都作到智慧化，達到不同款式全球同步生產的目標。應用此技術將減少基層操作員的職缺，創造出新職業「供應鏈協調員」，來處理少量多樣的客製化需求。
- (六) 預測性維修作業 (Predictive Maintenance)：機械或生產設備製造業者，為客戶提供即時性遠端監控設備與全天候即時診斷服務。在監測機械或生產設備的感測器發生異常或故障顯示之前，透過大數據資料蒐集與自動偵測回傳中控系統，並啟動預警提示，以進行預防性維修。將促使「系統設計師」、「IT 工程師」、「資料科學家」與懂得運用數據資料輔助維修的技師等相關職缺需求增加。
- (七) 機器即服務 (Machines as a Service)：產品製造商轉型成為

服務提供廠商，例如製造廠商轉做銷售安裝、維修保養等服務，取代原先的產品生產製造，並可依個案需求，升級功能配備。這種製造業服務化的新商業模式，可以增加就業、生產和服務，促使產品製造商延伸擴大業務範圍，從原先的製造人力需求擴張到服務人力需求。

（八）自組化生產作業（Self-Organizing Production）：例如齒輪製造商可以自行設計專屬生產線，透過自動化的方式協調各項資產使用率，並達成最佳化，這樣的生產方式雖然會減少基層的作業人員，但會增加「資料庫模型工程師」、「專業領域知識專家」的職缺。

（九）複合零件的積層製造（Additive Manufacturing of Complex Parts）：以選擇性雷射燒結（SLS）3D 列印技術為例，可以讓製造業者同步增產精密零件，降低零組件庫存。3D 電腦輔助設計和積層製造的研發將創造更多新職業，減少聘雇包裝作業員。

（十）擴增實境技術的維護與服務（Augmented Work, Maintenance, and Service）：例如物流公司員工利用擴增實境眼鏡，查閱商品調度資訊、掌握貨架上商品的確切位置、自動掃描商品條碼、查詢商品最佳化遞送路徑並提供客戶特定需求的包裝。擴增實境技術系統也可以進行遠端基本維護任務的協助，提升設備維修技術人員的處理效率，同時促使企業擴張研發、IT 和數位輔助系統的新功能，並開展相關的新職缺。

BCG 依據各項數據資料，以「先進技術使用率」及「升級 4.0 後額外收入增加程度」為兩個重要變數，投入量化預估模型中運算，來分析這些先進科技對於從業人員職務水準的具體影響。預估在 2025 年時，德國已經充分落實工業 4.0，屆時將增加約 35 萬個新興

的工作機會，加上原先從事體力為主、重複性高的勞力工作，將被機器人取代，轉型成為較高技術等級且與人機協作相關的 61 萬個工作機會，合起來共有 96 萬個新興工作。

德國的學者專家對於機器人是否會影響原先人力的工作，傾向抱持正面的態度；雖然在各行各業引進機器人，會取代部分低技能勞工的工作，但同時也會如前述創造出新的工作需求，而原先的低技能勞工，需要提供他們職業訓練的機會，以不同的工作形式與內容重新返回職場。Antonia Schulte（2021）將這種新的勞動條件稱為人機協作的「典範轉移（paradigm shift）」，例如原先在生產線上，要由一名熟練的品管員工，針對產品的瑕疵情況淘汰掉不良品，如果純粹改用機器處理，雖然速度比人工來得快，但是一些比較特殊的瑕疵狀況，機器仍舊不容易判讀，此時若利用人機協作的方式，由機器去判讀很明顯的瑕疵狀況，較特殊或不明顯的狀況，則由人工去挑出，並且「指導」機器「學會」判斷這些比較特殊或不明顯的瑕疵，而這種「指導」機器進行學習的過程，就需要員工具備有關機器學習方面的知識與技能。¹¹⁶

三、日本

日本自 1990 年代泡沫經濟衰退後，經濟不景氣的情況一直持續到現在，且高齡化與少子化危機比我國來得早，造成經濟的沉重負擔，為了彌補勞動力的不足，進行產業升級，日本參考了美國與德國的經驗，領先發展智慧化無人工廠，期望能將第一線的勞力工作者，轉變成為監督者與維護者的角色。¹¹⁷

日本總理大臣安倍晉三於 2014 年 5 月參加在巴黎召開的 OECD

¹¹⁶ Antonia Schulte (2021) A Paradigm Shift in Human-Machine-Collaboration. Published in AiZUBI. Retrieved from <https://medium.com/aizubi/a-paradigm-shift-in-human-machine-collaboration-bd7123da64d2>

¹¹⁷ 汪建南、馬雲龍（2016）。工業 4.0 的國際發展趨勢與台灣因應之道。國際金融參考資料，第 69 輯，頁 133-155。中央銀行出版品。

部長理事會，他在演講中明確指出機器人技術的提升與應用，將能解決服務產業低產能的課題，而工業與製造業上更廣泛的機器人應用，也將促成生產線產能提升。機械人在日本的各個產業扮演著相當重要的角色，且其應用已逐漸擴展到工業應用、醫療、看護等領域。在機器人研發與應用上，日本占全球重要地位，為保持機器人領域的優勢，日本政府訂定機器人總體規劃，並納入日本成長策略之中。安倍總理大臣上述相關言論，也成為日本實現「機器人革命」政策之起步。¹¹⁸2015年1月23日，以安倍總理為本部長的自民黨日本經濟再生本部發表了「機器人新戰略」。5月15日創立了策略推動主體「機器人革命倡議協議會（Robot Revolution Initiative）」。¹¹⁹新策略為5年計畫，包括以下3大方向：1. 將日本變成世界機器人創新的據點；2. 以世界第一利用機器人的社會為目標，實現在全國各處採用機器人；3. 和 IT 融合，製造能夠熟練使用大數據、網路、人工智能的機器人，在 IoT 時代以機器人領先世界。新策略總括了從產業用到服務、醫療用機器人。聚焦於其中的製造領域，其內容大致可以總結如圖 4-1¹¹⁹。

¹¹⁸ 王宣智（2015）。日本機器人新戰略之產業策略。科技政策觀點。財團法人國家實驗研究院科技政策與資訊研究中心。

¹¹⁹ 苗馨允（2016）。邁向第4次產業革命之「機器人大國」。機械資訊，第715期，頁57-61。臺灣機械工業同業公會。



圖 4-1 日本政府描繪的機器人產業革命—聚焦製造業

日本面臨老齡人口增多、生育率下跌、工作人口不足、國家財政支出加劇、防災需要與產業再興等多元問題，機器人成為解決日本面臨勞動力不足，以及提升服務部門生產力等問題的重要手段。¹²⁰且日本在機器人應用的策略規劃上，也不僅止於製造業，更擴及一般服務業、照護與醫療、基礎設施建設、災害復原、農林漁食品產業等領域。在製造業方面，致力提升機器人相關的人工智慧、感測器、控制等相關技術，在組裝零件、食品加工等勞動力密集的製造業中，大幅導入智慧自動化機器人，預計將可以提升勞動生產力2%，強化日本的競爭力。以佔有日本就業人口七成以上的服務業來說，日本政府目前將服務業規劃為對人以及對物兩種工作模式，對「物」已有企業將機器人導入於送餐、洗碗或者物流中心的工作上。在看護及醫療保健方面，提出導入照護型機器人，減輕看護人員負

¹²⁰ 王宣智(2015)。日本機器人新戰略之產業策略。科技政策觀點。財團法人國家實驗研究院科技政策與資訊研究中心。

擔的 5 年計畫，並擴大醫療機器人的使用，預計醫療機器人投入將達到 100 件以上，除了加速新的醫療機器批准審查，日本政府也將手術支援用的機器人列為重點研發項目；農業方面，研發導入 20 種以上的新機器人，在農地配備自動行駛拖拉機，另外也加強農業或養殖業的自動化與遠程監控；災害救援方面，不僅在福島設置新的機器人實際運用場域，並在此成立飛行機器人以及災難機器人等示範地區。日本各個研究單位也積極發展可進入災區的無人駕駛或者遠距操作的機器人，以因應危險場域的救災工作。¹²¹

日本經濟新聞與英國金融時報合作，運用美國麥肯錫公司針對日本 2,069 項業務內容（包括 820 種職業）的歸納資料，於 2017 年 4 月推出一項分析工具，結果發現有 710 項業務（占 34%）未來將會被機器人取代。¹²²日本經濟產業省認為，為了取得第 4 次產業革命的主導地位，必須透過政策監督與管理、教育改革以及跨越行業領域的企業合作等方式，來降低因為導入機器人、人機協作、人工智慧等所造成的就業人數減少影響；就職業類別的轉變來說，未來有關人工智慧支援的營業與行銷，在 2030 年之前就業人數將有機會逆勢增加，相關的數據分析與資料管理等相關的工作也會有所成長，代表服務業中的管理階層在導入人工智慧與人機協作後，將更朝向以大數據與人工智慧支援的工作方向做出跨域性的轉換。以長照護理方面的工作來說，估計到 2025 年時，日本將有 253 萬個有關長照護理方面的職缺，比起 2015 年多出 80 萬個長照護理方面的職缺，因此日本政府積極發展健康照護型的機器人，以協助長者日常行動、如廁、沐浴等需求以及進行遠端安全監控¹²³；這些從事長照護理工作的人員同時需要熟悉各項健康照護機器人的操作與基本保養維護

¹²¹ 丁于珊（2016）。機器人革命席捲日本。CTIMES。Website: <https://ctimes.com.tw/DispArt-tw.asp?O=HK04876DHF2ARASTDP>. Retrieved date: 2022/8/10.

¹²² 日本經濟新聞中文網（2017）。你的工作會被機器人取代嗎？Website: <https://zh.cn.nikkei.com/industry/science/technology/24989-2017-05-09-04-59-13.html>. Retrieved date: 2022/8/10.

¹²³ IFR (2018). Robots and the Workplace of the Future. IFR Positioning Paper.

工作，且這樣的人機協作模式也將成為常態，以機器人為重要的工具，並透過受照護者、生活空間環境、照護者等各種數據資訊的蒐集，與人工智慧及大數據合併分析處理後，逐步優化長照護理的模式。因此未來從事有關人機協作長照護理的人員，除了基本的照護能力之外，在職能上也需要具備跨領域的機器人操作、保養維護、輸入資訊、簡易調校等能力。

四、韓國

根據國際機器人聯盟（International Federation of Robotics, IFR）2021 年公布的「2021 年世界機器人報告」顯示，世界上自動化程度最高的 10 個國家和地區分別是：第一名新加坡、第二名韓國、第三名日本、第四名德國，台灣與美國則分居第 8 名與第 9 名。截至 2019 年止，韓國製造業中每一萬名員工配有 868 台機器人，僅低於新加坡的 918 台機器人，此外日本、德國、台灣及美國分別為每萬名員工配有 364、346、234 與 228 台機器人。¹²⁴從數量上來看，韓國與新加坡比起第三名之後的國家，要多出兩倍以上，可說差異甚大。

2000 年代中後期韓國資訊科技產業的急速發展，促使韓國政府投入規模化及系統化的機器人應用研發支持，因此機器人產業得以興起。韓國於 2008 年 3 月公布「智能機器人開發及普及促進法」後，每 5 年制定一期「機器人產業基本計劃」，以系統化方式推動機器人產業育成政策。過去十多年以來，韓國政府投入約 7000 億韓元以上，進行機器人產業相關技術研發與支持。2012 年以來，韓國一直積極參與機器人產業，當時政府承諾投資約 3.16 億美元。2014 年，韓國政府通過貿易工業和能源部（MOTIE）為開發先進機器人額外承諾了 27 億美元。韓國聯合通訊社（2016）表示，公共和私營部門

¹²⁴ 世界機器人聯盟（International Federation of Robotics, IFR）（2021）。2021 年世界機器人報告。Website: https://ifr.org/downloads/press2018/2021-01-27_IFR_press_release_Robot_density-Chinese.pdf. Retrieved date: 2022/8/10.

投入約 3500 億韓元用於本地關鍵基礎機器人技術，並向企業研究中心注入超過 1000 億韓元。¹²⁵

整體而言，韓國的機器人產業能夠迅速發展，是源於該國政府高度重視機器人產業並持續推動。韓國政府於 2019 年 3 月邀集產業界、學界及研究機構之專家與相關人士，召開「機器人產業扶植策略報告會議」，會中討論將扶植機器人產業成為第 4 次工業革命之重點產業計畫，並發表「機械人產業發展方案」，該部亦決定推動「將製造業用機器人擴大利用於 3 大製造業」、「集中扶植 4 大服務型機器人領域」及「加強機器人產業生態系」等 3 大政策計畫。¹²⁶2020 年 12 月韓國政府進一步規劃修改其在產業、商業、醫療、公共等 4 個應用領域與機器人相關的規章制度，以進一步推動機器人產業發展；未來將同時發展工業與服務業機器人，利用機器人振興其傳統產業，並尋求掌握機器人領域硬體與軟體的核心技術。預計到 2025 年，韓國機器人市場規模將從 2018 年的 5.8 萬億韓元增加到 20 萬億韓元，銷售額超過 1000 億韓元的機器人企業將達到 20 家。

127

韓國雖然在機器人配用比例上很高，且政府也持續投入資源支持機器人產業，但在機器人製造方面仍舊存在許多問題。例如對工業和個人服務機器人組件的依賴程度比例分別為 56.3%和 53.5%。整體來說，機器人製造組件對進口的依賴比例更高達 61.1%。在驅動程式、軟體和感測器等三個方面，韓國自產的組件比率也僅分別為

¹²⁵ 機器人大講堂（2022）。密度世界最高，韓國的機器人產業為何能夠快速興起？如今怎麼樣？ Website: https://twgreatdaily.com/519026487_489960-sh.html. Retrieved date: 2022/8/10.

¹²⁶ 經濟部駐韓國台北代表部經濟組（2019）。韓國擬將機器人產業發展成全球第 4 大強國。經濟部商情快蒐。 Website: <https://info.taiwantrade.com/biznews/%E9%9F%93%E5%9C%8B%E6%93%AC%E5%B0%87%E6%A9%9F%E5%99%A8%E4%BA%BA%E7%94%A2%E6%A5%AD%E7%99%BC%E5%B1%95%E6%88%90%E5%85%A8%E7%90%83%E7%AC%AC4%E5%A4%A7%E5%BC%B7%E5%9C%8B-1775274.html>. Retrieved date: 2022/8/10.

¹²⁷ 機器人大講堂（2022）。密度世界最高，韓國的機器人產業為何能夠快速興起？如今怎麼樣？ Website: https://twgreatdaily.com/519026487_489960-sh.html. Retrieved date: 2022/8/10.

14.8%、24.3%和 24.9%。占據機器人成本最大的動力驅動部分，如伺服電機和減速器等，自產使用率為也僅為 29.6%，可以看出韓國機器人的進口組件比例對外依賴程度較高。¹²⁸

韓國中央銀行也針對 2018-19 年產業引入機器人與對就業衝擊的相關數據進行分析，在 2021 年所發佈的報告中指出，機器人的擴大使用已造成製造業勞動力需求「顯著」下滑，尤其是汽車業與科技業（這也是韓國最重要的兩大製造產業）就業受到最大的影響，因為這兩大產業高度依賴內容固定、高重複性的作業，很容易由機器人取代。報告指出：「隨著機器人科技進步，這類替代趨勢將增強。有必要提升現有與新進勞工的能力和精細技能，可藉由提升職業培訓、再教育、整頓總體訓練體系來提高人類勞工的生產力」。¹²⁹

就韓國的汽車業與科技業來說，當內容固定且重複性高的作業被機器人取代後，從事原先工作的人員有幾種可能的變化：1.透過職業培訓與再教育，提升跨域能力，使其具備基本的機器人操作、調校、保養維修能力；2.轉換到公司其他單位，繼續從事尚未被機器人取代的工作，但需面對未來全面自動化後的失業風險；3.轉職到較小規模、尚未導入自動化生產或人機協作機器人的中小企業，以保有工作。由於韓國是以大型財閥企業做為國家對外的競爭主體，LG、三星、現代等大型財閥企業在人才招募與導入人工智慧、人機協作等過程比起其中小企業來說擁有更多的人才優勢，再加上同樣面臨老年化的人口危機，因此年輕族群多半希望藉由上述的第 1 種

¹²⁸ 機器人大講堂（2022）。密度世界最高，韓國的機器人產業為何能夠快速興起？如今怎麼樣？ Website: https://twgreatdaily.com/519026487_489960-sh.html. Retrieved date: 2022/8/10.

¹²⁹ 林浩博（2021）。韓國央行報告稱，機器人擴大使用造成製造業人類勞力需求明顯下滑。財訊快報。 Website: <https://tw.tech.yahoo.com/news/%E9%9F%93%E5%9C%8B%E5%A4%AE%E8%A1%8C%E5%A0%B1%E5%91%8A%E7%A8%B1-%E6%A9%9F%E5%99%A8%E4%BA%BA%E6%93%B4%E5%A4%A7%E4%BD%BF%E7%94%A8%E9%80%A0%E6%88%90%E8%A3%BD%E9%80%A0%E6%A5%AD%E4%BA%BA%E9%A1%9E%E5%8B%9E%E5%8A%9B%E9%9C%80%E6%B1%82%E6%98%8E%E9%A1%AF%E4%B8%8B%E6%BB%91-075303680.html>. Retrieved date: 2022/8/10.

途徑培養跨域能力，以維持工作競爭力；其他族群若無法與時俱進，則受到自動化潮流的影響甚鉅。

第二節、我國人機協作對人力及職能需求影響之現況與問題分析

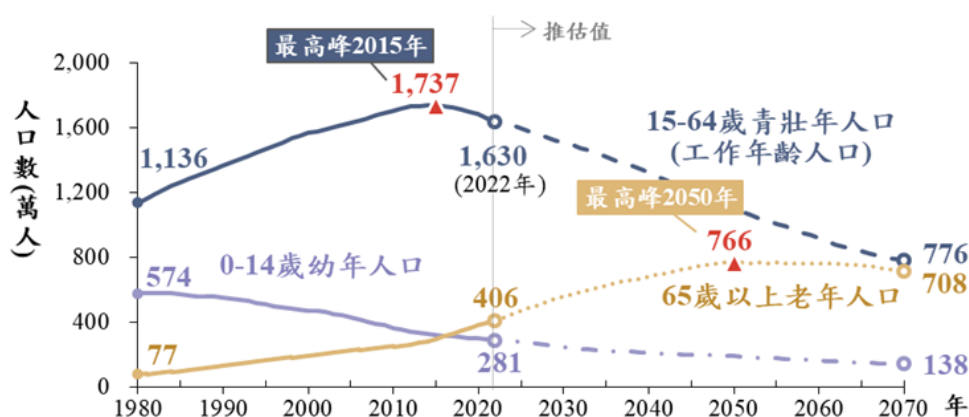
近年來少子化與高齡化已成為我國重要的人力資源議題，透過人機協作的方式，不僅可以促成產業升級，提昇效率與效能，更能夠解決人力高齡化與勞動人口減少所帶來的嚴峻挑戰，但相對來說，也會帶來不同工作項目的人力增減，以及工作內容與所需能力的變化。本節將先從我國在人力及職能需求上所面臨的重要問題進行說明，接著依據我國人機協作的發展現況，探討對於目前人力發展以及職能需求的正面效益與負面影響。

一、我國人力發展與職能需求的趨勢與挑戰

我國近年來受到少子化與高齡化等現象衝擊，人口結構產生巨大的變化。根據行政院國家發展委員會 2022 年 8 月份的 3 階段年齡人口數之「中推估」結果顯示，0-14 歲的幼年人口數從 1984 年一路下滑，推估到 2070 年將持續減至 138 萬人，較 2022 年減少 50.7%（減少 143 萬人）；15-64 歲工作年齡人口 2015 年達最高峰 1,737 萬人後已經開始下降，預估 2070 年將降至 776 萬人，較 2022 年人數減少 52.4%（減少 854 萬人）；相反地，65 歲以上老年人口隨國人壽命延長而增加，且因戰後嬰兒潮世代已陸續邁入老年階段，2017 年老年人口超越幼年人口；預估未來將持續攀升至 2050 年後始微幅下滑，2070 年預估為 708 萬人，較 2022 年增加 302 萬人或 74.2%。此外，自 2042 年起老年人口將維持在 700 萬人以上之規模，並於 2050 年達高峰 766 萬人。¹³⁰我國三階段的人口推估圖見圖 4-2。

¹³⁰ 國家發展委員會（2022）。「中華民國人口推估（2022 至 2070 年）」報告。Website: [https://pop-proj.ndc.gov.tw/upload/download/%E4%B8%AD%E8%8F%AF%E6%B0%91%E5%9C%8B%E4%BA%E5%8F%A3%E6%8E%A8%E4%BC%B0\(2022%E5%B9%B4%E8%87%B32070%E5%B9%B4\)%E5%A0%B1%E5%91%8A.pdf](https://pop-proj.ndc.gov.tw/upload/download/%E4%B8%AD%E8%8F%AF%E6%B0%91%E5%9C%8B%E4%BA%E5%8F%A3%E6%8E%A8%E4%BC%B0(2022%E5%B9%B4%E8%87%B32070%E5%B9%B4)%E5%A0%B1%E5%91%8A.pdf)

以少子化的現象來說，2020 年出生人口數為 16 至 17 萬人之間，由於 15-49 歲育齡婦女人口減少，在中推估的假設情境下，2070 年出生數將降為 7.9 萬人，較 2022 年減少 6.0 萬人！出生人口減少，帶來的最大影響就是勞動力的減少，15-64 歲的工作年齡人口（即三階段年齡人口中的青壯年人口）自 2015 年達最高峰的 1,737 萬人後逐年減少，預估將由 2022 年 1,630 萬人，續減至 2070 年 699 萬人至 828 萬人，減少一半以上。除人數減少外，我國工作年齡人口結構亦呈高齡化。自 2007 年起，45-64 歲人數已超越 15-29 歲及 30-44 歲，成為我國工作年齡人口主要年齡層。45-64 歲占工作年齡人口之比率將由 2022 年 43.3%，上升至 2070 年 46.0%至 53.8%，顯示我國未來工作年齡人口中，將有近半數為 45-64 歲之中高齡者。¹³¹



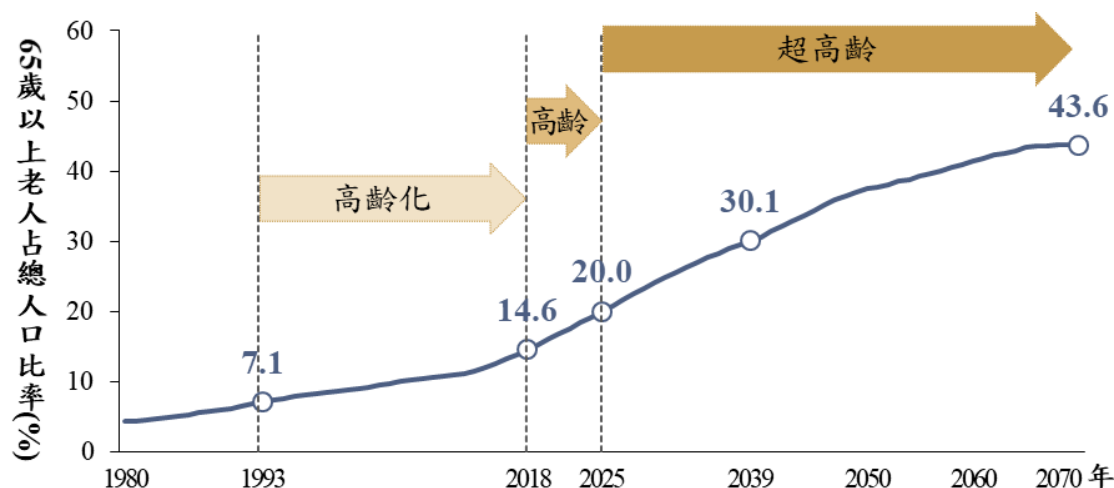
資料來源：國家發展委員會

圖 4-2 我國三階段人口推估圖

另從人口高齡化的方面來說，我國老年（65 歲以上）人口占總人口比率自 1993 年達 7% 進入高齡化（ageing）社會後，2018 年超過 14%，成為高齡（aged）社會；預估於 2025 年，老年人口占比將超

¹³¹ 國家發展委員會（2022）。「中華民國人口推估（2022 至 2070 年）」報告。Website: [https://pop-proj.ndc.gov.tw/upload/download/%E4%B8%AD%E8%8F%AF%E6%B0%91%E5%9C%8B%E4%BA%E5%8F%A3%E6%8E%A8%E4%BC%B0\(2022%E5%B9%B4%E8%87%B32070%E5%B9%B4\)%E5%A0%B1%E5%91%8A.pdf](https://pop-proj.ndc.gov.tw/upload/download/%E4%B8%AD%E8%8F%AF%E6%B0%91%E5%9C%8B%E4%BA%E5%8F%A3%E6%8E%A8%E4%BC%B0(2022%E5%B9%B4%E8%87%B32070%E5%B9%B4)%E5%A0%B1%E5%91%8A.pdf)

過 20%，成為超高齡（super-aged）社會之一員。¹³²我國高齡化之時程如圖 4-3。



資料來源：國家發展委員會

圖 4-3 我國高齡化時程推估圖（2022）

由於我國人口發展面臨上述的嚴峻問題，工作年齡人口不斷減少且朝向結構老化（高齡化比例增加）發展，政府積極推動各項以數位科技解決人口發展趨勢問題的重要政策。其中與工作年齡人口減少與老化議題相關的重要政策整理如下表 4-2：

¹³² 國家發展委員會（2022）。「中華民國人口推估（2022 至 2070 年）」報告。Website: [https://pop-proj.ndc.gov.tw/upload/download/%E4%B8%AD%E8%8F%AF%E6%B0%91%E5%9C%8B%E4%BA%E5%8F%A3%E6%8E%A8%E4%BC%B0\(2022%E5%B9%B4%E8%87%B32070%E5%B9%B4\)%E5%A0%B1%E5%91%8A.pdf](https://pop-proj.ndc.gov.tw/upload/download/%E4%B8%AD%E8%8F%AF%E6%B0%91%E5%9C%8B%E4%BA%E5%8F%A3%E6%8E%A8%E4%BC%B0(2022%E5%B9%B4%E8%87%B32070%E5%B9%B4)%E5%A0%B1%E5%91%8A.pdf)

表 4-2 我國以數位科技解決工作年齡人口減少與老化優先議題之重要政策

項目	政策工具	主要內容
人才培育	2017 年「前瞻基礎建設計畫—數位建設」	建置下世代科研與智慧學習環境，如校園智慧網路、強化數位教學暨資訊應用環境、建構雲端服務及大數據運算平台等。
	2016 年「DIGI+ 方案—數位經濟躍升行動計畫」	加強支援「推動產學研鏈結與前瞻人才培育」計畫，包括 AI 技術、物聯網、資安人才培育等。
	2016 年「DIGI+ 方案—培育跨域數位人才行動計畫」	優化 12 年國教之資訊科學教學環境，培育數位科技潛力菁英。
		推動大學程式設計教育、5G 行動寬頻技術及應用、產學研鏈結，培育跨域數位人才，並加強與國際數位人才連結。
		鼓勵企業辦理跨域數位人才培訓，以支援 5+2 產業創新發展。
		開發智慧化應用平台，提升廠商自製研發能力，並透過產學研合作培育跨域數位設計人才。
	2016 年「DIGI+ 方案—研發先進數位科技行動計畫」	成立科研級園區智慧機器人創新自造基地，鏈結產官學研技術及國際專家資源，培育跨領域人才。
	2019 年「精進資通訊數位人才培育策略」	目標導向擴增培育資通訊數位人才，並定期檢核學習成效，搭配實習就業媒合，促進供需接軌。

項目	政策工具	主要內容
就業資訊與媒合	台灣就業通	提供就業、訓練、檢定、創業及身心障礙就業等服務之整合性網路平台，提供線上諮詢與就業媒合。
提高生產力與服務品質	2006 年「2015 年我國產業與科技整合研究計畫」	推動智慧型機器人產業環境發展及技術整合應用，並列為國家重大政策發展計畫。
	2012 年「國家資通訊發展方案」	推動數位科技應用於健康照護、生活環境、數位溝通、交通、政府、育、樂、購物消費等 8 項領域。
	2014 年「生產力 4.0 發展方案」	鼓勵企業活用學術既有能量，如多機器人系統等，並發展自主技術，提升產業應用機器人之競爭力。
	2016 年「智慧機械產業推動方案」	推動產業導入智慧機械，減緩勞動人口結構變遷壓力，並創新產業生產流程，大幅提高生產力。
創新政府服務	2001 年「電子化政府推動方案」	促進公務機關業務電腦化更廣更深之應用與發展，資訊系統邁入決策支援，推動知識管理應用。
		選定具指標作用、共同性高之應用項目，如電子表單，塑造網路公務員，開創數位行政新紀元。
	2012 年「國家資通訊發展方案」	推動「電子化政府」服務。
	2017 年「前瞻基礎建	建構公教機關綠能雲端資料中心、強化政府資安

項目	政策工具	主要內容
	設計畫—數位建設」	防護機制及相關基礎建設。
	2016 年「DIGI +建構公教機關綠能雲端資料中心、強化政府資安防護機制及相關基礎建設。方案—網路社會數位政府行動計畫」	培養公部門中、高階資訊人才，提升各級政府資訊部門跨單位整合職能及公務人員資訊素養。
		以政府業務流程為基礎串連數位資料，建構公共需求導向之一站式智慧雲端政府服務。
		提供政府網路參與平台，深化公共政策多元溝通及全民協作機制，落實參與民主。
	2019 年「智慧政府行動方案」	優先推動數位身分識別證，並建立安全可信賴的資料交換機制，輔以相關配套措施，實現智慧政府。

就上述的各項政策可以看出，推展及運用數位科技，成為解決人口問題的利器之一；政府透過各種管道與方式，提昇各年齡層國人的基本數位科技能力，並致力投入未來應用之新興科技，以增強我國整體人力素質與國際競爭力，並從勞力密集、資本密集的產業型態積極轉型成為技術密集（或稱科技密集），其中有關人工智慧、大數據、物聯網、工業 4.0 以及人機協作等新興科技，都對未來勞動條件與技能內涵造成廣泛且深入的影響。

二、我國人機協作對現有人力發展與職能需求的正面效益與負面影響

麥肯錫公司（McKinsey&Company）的全球學院於 2017 年 5 月發佈報告指出，2016 到 2030 年間，全球勞動市場約有 4 到 8 億個工作將被自動化取代，但也創造 5.6 至 8.9 億個新的工作機會，顯示舊

的勞動力必須培養新的技能，才能夠順利轉換到新的工作。¹³³同年7月麥肯錫公司全球學院發佈另一篇報告，針對全球46個國家共800種職業進行調查，結果顯示未來全球將有2成工作會被機器人取代，其中先進工業國家的就業人口受到自動化影響較大，但知識密集度越高、可預測性越低的職缺則較不容易受到影響。¹³⁴

林曉嬋（2019）指出，新興科技對未來勞動市場的影響包括以下5點：（一）即使整體就業情勢尚未明朗，新科技勢必仍造成勞動力的重新配置，且由於新科技與舊科技所需的能力不同，勞工將會面臨技能提升及跨行職業移轉的壓力，必須花費一段「陣痛期」才能達成勞動力重新配置，其間可能衍生許多新的社會議題；（二）未來就業需求呈高技術高薪工作及低技術低薪工作的兩極化發展，由於例行性工作被自動化取代的機會最高，這些工作多屬中階技術、中等薪資之職業，例如電銷客服人員、會計人員、機械操作人員等，這類工作除就業需求降低外，薪資水準也會受到影響；相對來說，管理人員、技術專業人員等高技術且高薪資的工作，在新興科技影響之下，不僅人力需求可望增加，薪資水準也會隨之提高；（三）機器與人力分工改變下，具人類相對優勢的軟實力重要性提高，相對於技術能力方面的要求來說，「複雜問題解決能力」、「社會技能」、「社會情感」、「高階認知」等社會能力都將高於「技術能力」；（四）新科技促使新工作模式興起，同時提高勞動市場的彈性及不穩定性，就勞動條件來說，固定及全職工作的需求將減少，專案、任務導向的工作將增加，跨國員工組合也將成為常規；（五）職業需求兩極化的發展以及超級明星企業的興起，促使新興技術所產生的效益流向資本所有者及高階技術工作者，引發貧富差距擴大

¹³³ McKinsey Global Institute (2017a). Technology, jobs, and the future of work. McKinsey&Company.

¹³⁴ McKinsey Global Institute (2017b). Jobs lost, jobs gained: What the future of work will mean for jobs, skills, and wages. McKinsey&Company.

的現象。¹³⁵

陸鴻偉（2021）則指出，新興科技的導入將使部分職缺被取代，但同時也創造新的工作機會，既有的相關文獻多數認為，隨著各產業逐步導入應用新興科技，將會促使就業機會趨向兩極化，導致部分職缺薪資成長趨緩，未來的工作樣貌與所需的技能也將產生大幅翻轉改變。¹³⁶

人機協作等各項相關新興科技，將對未來的勞動人力結構與職能需求產生重大的影響，已是不言可喻，其正面的效益包括企業生產力的提升、雇用人力的減少、產品品質的提高以及生產週期的縮短，企業得以運用人機協作的方式，解決少量多樣化的客製化問題，並以彈性製造生產方式取得競爭優勢，但負面的影響則如前述專家學者所提，低技能低薪資工作被取代的機會大增，原先的勞動力必須透過教育訓練的方式，轉型成為新興科技中的研發、應用、管理及監督人員，而新的投入職場工作者，所需的學習領域與相關知識技能，也與以往有截然不同的差異，在轉型的過程中，勢必面對短期人力不足、失業者增加、貧富差距擴大等各種亂象。張智奇與連瑋鑫（2021）指出，根據國家發展委員會所進行的「智慧聯網生產相關產業所需人才調查」結果顯示，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。另根據經濟部工業局（2021）的「智慧機械產業 2022-2024 專業人才需求推估調查」指出，2021 年僅有 6% 的廠商表示人才充裕（比前一年度調查的 17% 降低了 11%），但有 68% 的廠商表示人才不足且招募困難（比前一年度調查的 59% 增加了 9%）。不足且招募困難的人才包括：電

¹³⁵ 林曉嬋（2019）。新興科技對未來勞動市場的挑戰與因應。國家發展委員會人力發展處人力規劃及發展研究報告，第 19 輯，頁 1-40。

¹³⁶ 陸鴻偉（2021）。人工智慧發展對就業之影響與因應。國家發展委員會經濟發展處經濟研究年刊，第 21 期，頁 1-56。

控系統工程師、機器人機電整合工程師、工具機機械設計工程師、CNC 銑床車床程式設計人員、自動控制工程人員、機械設計工程師、智慧生產工程師、工具機軟體人機介面工程師、機器人感知系統工程師、巨量資料分析師、物聯網應用工程師及資訊安全工程師等 12 種人才，且由於產業自動化需求增加，工業機器人與自動化關鍵零組件之市場亦快速成長，業者積極投入機械設備之軟硬體整合開發，機電整合、資訊軟體、生產管理等跨領域、整合性專業人才之需求增加。在教育程度要求方面，至少為大專程度。所需教育背景包含電機與電子工程、機械工程、產品設計、資料庫/網路設計及管理、資訊技術、軟體開發、系統設計及工業工程等學類科系。在工作年資要求上，各職務均要求 2-5 年工作經驗。¹³⁷

由上述的資料來看，我國在導入人機協作的過程中，和其他國家一樣，都會面臨「工作被機器人取代」的憂慮，但另一方面，轉型成為人機協作的企業又面臨找不到適當人才的困境，皆有賴產官學界共同努力解決。勞動部為了協助企業從業人員能夠具備一定標準的工作能力，與經濟部共同制訂人機協作各項相關職業的職能基準，期望透過職能基準的不斷開發與調整，讓各項職業訓練的課程能夠標準化且具有一定的品質，更有利於對接產業所需的人才；勞動部也透過各種產學訓合作訓練，與教育部及大專院校合作開設相關的學程或課程，學習的範圍包括自動控制、機電整合、程式設計、感測器等跨領域的系統化整合，並輔以勞動部職業訓練與進入產業界實習的機會，提供更多青年學子有機會進入此一領域成為專業人員；此外為因應企業中導入人機協作而產生的結構性失業，勞動部也透過公私立機構的轉職及在職訓練，調整提升員工的工作知識與技能，並針對特定族群（如二度就業婦女、特殊境遇、身心障礙或

¹³⁷ 經濟部工業局（2021）。智慧機械產業 2022-2024 專業人才需求推估調查。Website: <https://ws.ndc.gov.tw/001/administrator/18/relfile/6037/9211/d89e98d1-b01e-4343-963f-7e48d9fbc96d.pdf>. Retrieved date: 2022/8/10.

中高齡者）提供廠商與個人各項相關補助，希望能夠協助原先的技術密集勞工，轉換成為知識密集勞工，以適應未來人機協作的時代。

三、個案企業研究結果分析

(一)盈錫精密工業股份有限公司

盈錫導入協作機器人的主要功能是在協助加工生產流程的上下料以及產品的外觀檢查，導入的協作機器人生產廠商為發那科公司（FANUC），共導入17台。主要的協作生產模式，是以一台協作機器人搭配兩台工具機，人機協作的程度不高，僅在換線時由工作人員進入協作機器人的作業區域內，進行機械手臂的設定，設定完成後人員就會離開作業區域，然後進行物料移動、生產流程監控、抽檢（品質把關）等工作。

就整體人力資源發展策略來說，導入人機協作模式是配合盈錫整體智慧生產的規劃之一，過程中增加了三個新的部門：1.資訊部，主要負責系統維運、應用系統發展，以及大數據分析，並且負責資訊人才培育擴編計畫、培育系統發展與資料分析之專業人才；2.人力資源部：主要負責管理與培育人力；3.品質保證部，主要負責制定標準的生產操作規則、檢驗標準，以穩定產品品質。此外由於盈錫對於智慧製造、智慧工廠的進程具有一定的規劃，因此對於生產線上的操作員或新進員工，不單要求其具備資訊能力，更希望其具有跨領域能力，例如機械操作能力或是自我解決問題的能力。

以導入協作機器人後，原有職務的變動上來說，現場操作人員若學習意願高、學習成效好，有機會被安排到資訊部門或品保部門發展。若現場操作人員為資歷較深的師傅，則可能往人機協作模式發展的意願較低，甚至排斥學習新技術，這樣公司會安排其擔任無法自動化之單人機台的專職工程師（技術士）。就教育訓練的安排來說，一開始會由設備廠商提供教育訓練，訓練過程中公司再會從

各方面（態度、工作年資、學習意願）評估適合的人員，將其培養成種子人員。種子人員一定會包含基層人員，以避免種子人員流失的情況，之後由種子員工宣傳與教導協作機器人的操作模式。教育訓練內容包含量測、障礙排除、各個層級的人機協作、各單位的機台操作。

此外，盈錫也相當重視產學合作，從員工高中階段就開始接觸及培育，使公司人力有很好的銜接性，員工也不會有年齡上的斷層。且為了使員工更快上手工作，公司採取學長學弟制度，指導員會有津貼，也會接受嚴格考核，通過考核者才能進入工作場地進行操作。另外學長、學弟都可以各自評價，也可以以此做為更換指導的依據。

(二)本土股份有限公司

本土導入協作機器人的主要功能是在協助加工生產流程的上下料，導入的協作機器人生產廠商為優傲（Universal Robots, UR），共導入 20 多台。主要的協作生產模式，是在不同生產過程中進行上下料的動作，員工只需在一開始的時候，使用操控面板進行動作指導，之後於固定時間將物料或半成品放置在機器手臂可夾取的範圍，再由手臂放至下階段的機具內進行加工。因此員工與協作機器人的協作程度僅是在同一個空間依序（而非同時）動作。

就整體人力資源發展策略來說，由於目前就業市場上的應聘者多半傾向進入大型電子業工作，導致公司在人才招募方面較為缺乏。為了解決此情形，公司採取招募臨時人員或是約聘僱人員的策略；對於新進員工的職能需求，主要偏向技術性範疇，例如換刀、換模、調整參數等較偏技術性的工作。新進員工的科系則期望招募電機科系或電機電子工程科系相關專業的新進人員。整體上來說，不再只要求單一能力，而是轉變為跨領域能力的需求，例如同時具有操作機械工具機的基本能力以及能夠自我學習、嘗試自己解決問題的能

力。

以導入協作機器人後，原有職務的變動上來說，公司會希望操作員也具有基礎的檢驗能力（包括使用分厘卡、游標卡尺）。另外，數據分析、數據管理能力等未來的重要性會增加，但公司目前尚未自行開發系統，僅將相關業務外包給其他公司負責。由於公司成立了專門研究量產技術的部門「生產技術課」，主要負責研究工作流程的生產最佳化、機械手臂的調整校正、障礙排除的知識及技術累積。並且將機械手臂與生產技術的相關紀錄與數據書面化，並有制定保存資料的相關步驟與規定，產生的新職稱包括生產技術課長、生產技術工程師、生產技術助理。就教育訓練的安排來說，初期是由設備廠商提供與協助，後期為了能與工廠設備更切合，也為了保護公司機密，由員工透過自行累積經驗並設計相關教育訓練內容。目前公司為大量生產模式，由於協作機器人的操作簡單，一旦固定生產配置，通常也不用再深入學習其他知識，故現階段教育訓練比較少，未來有可能朝少量多樣的生產模式，教育訓練則可能隨之改變。

(三)友達光電股份有限公司

友達光電導入協作機器人的主要功能是進行搬運、巡檢、包裝以及拾放，導入的協作機器人生產廠商為達明機器人（Techmen, TM），共導入超過 100 台。主要的協作生產模式，是協助生產製造過程中的料件搬運；此外針對工廠設備及運作狀況的巡檢，公司內部也有開發自動巡檢設備，結合 AGV 無人搬運車與協作機器人，輔助員工完成工廠設備或機台的巡檢任務。

就整體人力資源發展策略來說，並沒有因為導入人機協作而有太大的變化。導入人機協作後，是交由原有生產線上的人員實際進行操作，由於協作機器人的操作介面較簡單且人性化，員工所需教

育時間較短，因此僅需透過簡單的訓練即可上手，不需要另請專業人員來操作；此外針對智慧製造相關領域，友達與台灣人工智慧學校合作，在公司內部創設名為「友達大學」的線上訓練平台，提供 AI 相關課程，希望能夠培育智慧製造的專才。

以導入協作機器人後，原有職務的變動上來說，友達並沒有出現新的職稱，而是將職稱略作調整，例如助理工程師名稱改為技師，以及工作內容受到新的工作模式影響而有所改變，例如增加了處理協作機器人的簡易故障排除的任務。友達也針對負責人機協作站點的技師，設計了員工職能的認證機制。首先是由設備供應商達明機器人初步教導基礎操作與簡易故障排除，後續再由友達自行設計符合整體策略的認證制度，使員工依循著認證機制提升自己的核心職能。此外也要求現場作業員學習簡易的障礙排除相關，並依照不同難易度提供不同課程設計與不同認證的機制。就教育訓練的安排來說有 3 種型態：1.公司自費將員工送往外部機構派訓進修；2.內部自行培育跨域職能；3.外部借調產學合作。將原有只注重單一專業的人才，逐漸養成擁有跨域專業的人才，最終培育成能夠整合資源、提供解決方案的人才。

(四)群創光電股份有限公司

群創光電導入協作机器人的主要功能是進行鎖螺絲、塗膠以及搬運等動作，導入的協作機器人生產廠商主要為達明機器人（Techmen, TM），共導入 200-300 台，另有少部分為優傲（UR）的機器手臂。主要的協作生產模式，是將多數的協作機器人投入在自動化的生產線上，少部分需要人力配合的產線僅有車材（車用面板）的產線。協作機器人主要用在鎖螺絲、塗膠，由於外國車廠對於產品要求高，不希望全線自動化，故以人機協作的生產模式進行。半導體生產線的部分，主要使用 AGV 與機械手臂組裝成 AMR

(Autonomous Mobile Robot) 在無塵室運送晶圓片。

就整體人力資源發展策略來說，和友達光電相同，導入人機協作後，是交由原有生產線上的人員，透過簡單短期的訓練後即進行實際操作，不需要另外聘請專業人員，因此並沒有因為導入人機協作而有太大的變化。此外群創設立了 Robot team 部門，作為專門設計、編寫程式的團隊。

導入協作機器人後，群創光電對於產線的操作員職能需求雖然沒有太大差異。但在其他領域的高階人才如機電、光電、AI、機器人設計等領域，會希望這些員工具備將物理、數學等學科知識應用到生產實務的能力，以及能自行設計出程式或團隊合作溝通的能力。另外，隨著海外貿易的增長，也希望工程師具備與國外客戶進行作基本溝通的外語能力。就原有職務的變動上來說，現場操作人員若學習意願高且通過教育訓練後，就有機會升遷為管理職，再由管理職人員負責教育訓練其餘現場操作人員。另外，障礙排除多數交由公司設備保養專責人員負責，唯有協作機器人本身系統有問題才會尋求設備供應商的協助。整體來說，基層工作會逐漸因為推動自動化的過程而自然被汰換，因此公司對於基層勞動力的需求將減少；原本的基層勞動人力若有學習意願，可以透過教育訓練升級為較高階的工作。例如原本於無塵室工作的員工，在公司導入機器人後，操作員工的工作可轉換到戰情室，進行監督與複判等工作。

(五)個案企業研究小結

從以上四家個案企業的訪談結果，可以看出以下幾個現象：

1. 從訪談資料可以看出，有關人機協作對於企業人力資源策略的變化，會受到「企業規模（員工人數）大小」以及「運用人機協作的基本思維」這兩個關鍵因素很大的影響。本次訪談的兩

家電子零組件製造業：友達光電及群創光電，員工數分別為 3.8 萬及 5.3 萬人，屬於全球型的大企業，金屬製品製造業的盈錫精密及本土，則是員工數不足 200 人的中小企業。對於規模非常大的企業來說，人機協作對其人力資源策略的影響不大，因為該公司必須符合全球各地不同的需求，在整體生產的過程中早已朝向全面自動化方向發展，人機協作對這樣的企業來說，可能只是自動化進程中的一小部分，換句話說，在他們的發展過程中，早已將整體人力資源發展策略考量在內，甚至包括後續是否產生新的職務職稱、員工職能是否產生什麼樣的變化、在教育訓練上是否有什麼樣的因應以及在人力資源管理上有什麼影響，都在公司整體自動化的進程中加以納管，人機協作對他們來說是一種廣義的人機協作，泛指工作人員與機器在同一個場所中共同進行工作，至於公司未來是朝向全自動化的關燈工廠，或者是其他不同的人機協作模式，端看什麼樣的生產方式能夠符合客戶的少量多樣與即時生產監控樣態，而非特別為「人機協作」訂製出什麼樣的規範；在這樣的思維之下，我們甚至可說人機協作是整體自動化生產的一種特定樣態與過渡階段。

2. 本次訪談的兩家金屬製品製造業中小企業來說，也可以看到上述這樣的現象：盈錫精密雖然規模不大，但是他們將人機協作視為公司自動化進程的一部分，現有的作法是全面地檢視生產流程，以人機協作搭配新的生產流程，改變傳統的生產方式，目的不僅是要提升生產的效率，同時也希望提高生產的品質，以便更符合來自全球各地不同廠商的品質要求，並且提高產品的競爭能力，因此在整體人力資源的策略發展上，盈錫精密有著與前述友達光電及群創光電相同的思維，也是將人機協作視為一種廣義的定義，並不侷限於特定的人機協作模式，且將人

機協作視為公司整體自動化生產規劃的一個過程；另一家本土同樣為員工人數不滿 200 人的中小企業，但他們是將人機協作視為一種因應人力短缺而導入的自動化生產模式，而且是在導入人機協作的過程中逐步調整與修正整個生產線，以提升生產的效率，因此在整體人力資源的策略發展上，尚未具有全面性的規劃，而是因應生產及招募的狀況進行機動的調整。

3. 就員工職能內涵的變化來說，由於友達光電與群創光電的第一線生產技術員工（從事高度重複性、高度勞力密集工作）早已被全自動化的生產線取代，因此在整體自動化的進程中，人機協作的導入對於現有員工職能內涵及職務職稱影響不大；但對於盈錫精密以及本土公司來說，藉由人機協作模式的導入，一方面可以重新規劃與調整生產線、提高生產品質（盈錫精密），一方面可以補充不足的人力，也逐步提升員工的能力（本土公司）。因此後兩者都強調檢驗能力的強化，以及跨領域能力的培養，希望未來公司在邁向大型企業時，能夠預先儲備足夠且優秀的人力，也因應這樣的發展趨勢，公司會針對未來所需的人力逐步成立相關的部門及產生相對應的新職務職稱，包括資訊部門、品質管理部門、人力資源部門、生產技術部門等，這些部門就整體來說，是從中小企業跨入大型企業的重要組織變革方向之一。
4. 就教育訓練來說，大型企業如友達光電及群創光電，對於員工的教育訓練本來就有一定的制度與作法，尤其為了知識的保存與管理，內部都設有專責的教育訓練單位，例如友達內部的企業大學。且由於公司現有員工的能力與工作內容都比較偏向中階以上的技術性工作，因此這些員工的學習能力與轉換適應，要比一般中小企業的第一線作業員來得容易，公司可以提供很

好的轉換方案與教育訓練措施來協助這些員工，包括設計相對應的員工職能認證機制、成立跨功能的專業團隊、協助轉換為更高階的管理人才等。但就中小企業來說，教育訓練的資源本來就相對缺乏，因此多半都由設備廠商提供教育訓練，再轉由公司內部形成特定的教育訓練方案內容，以做為知識管理的基礎，後續將具有學習意願與能力的員工，安排到新的資訊部門、品保部門、生產改善部門等單位任職。

四、問卷調查結果分析

本研究問卷調查共成功取得 1,065 筆有效樣本，其中有導入人機協作的公司有 103 家（占 9.7%），以下針對這 103 家企業所回覆的「人機協作之導入對於企業人力資源發展策略及職能需求之變化與因應」部分，進行分析與說明。

就「既有基層員工的人力需求」來說，本次有效回收 103 家企業中有 91 家認為人力維持不變，占 88.3%，另外有 7 家認為人力需求減少，5 家認為人力需求增加（如表 4-3）。

表 4-3 既有基層員工的人力需求改變

選項	家數	有效百分比
維持不變	91	88.3%
人力需求減少	7	6.8%
人力需求增加	5	4.9%
總計	103	100%

進一步詢問「人力需求減少」的 7 家公司，若因為導入協作機器人而使基層員工的人力需求減少，對於多出來的人力，以「轉移到其他部門」的安排方式比例較高，占了 57.1%（7 家中有 4 家）；有 2 家公司會增加這些多餘人力的工作任務與內容；選擇「予以裁汰」者僅有 1 家。從表 4-4 可以看出，若是人力需求減少，公司會以部門轉移或是調整工作任務為主，裁汰員工則是作為最後手段。

表 4-4 多餘人力的安排(複選題)

選項	回答次數	觀察值百分比
轉移到其他部門	4	57.1%
增加其他工作(業務)	2	28.6%
予以裁汰	1	14.3%

進一步以複選方式，瞭解企業對於導入人機協作後多出來的人力，會安排哪些種類的教育訓練。樣本中以「提供實際操作」最多（占 83.3%）；其次則是「安排員工觀看工作流程影片」，使其更加了解生產流程。由表 4-5 可以看出公司對於因為導入協作機器人所騰出的人力，所提供的教育訓練仍以實際的機具操作內容為主，有可能是被安排到同一部門中尚需人工參與製造的生產流程，教導這些多出人力關於其他機器的操作能力。

表 4-5 教育訓練(複選題)

選項	回答次數	觀察值百分比
生產管理	1	16.7%
實際操作	5	83.3%
安全衛生管理	1	16.7%
觀看工作流程影片	2	33.3%
提供 SOP 手冊	1	16.7%

就「員工職能需求是否產生改變」來說，問卷結果以「沒有改變」為大多數，占了 77.7%；對於生產線員工的職能需求「有改變」的占了 22.3%（如表 4-6）。可以看出協作機器人的安裝、操作簡易，企業對於原來生產線員工並不會特別要求其職能作調整。

表 4-6 原有生產線員工的職能需求改變

選項	家數	有效百分比
無	80	77.7%
有	23	22.3%
總計	103	100%

進一步以複選方式，詢問對於生產線員工職能需求產生改變的 23 家企業，認為員工需增加的能力，回答次數以「自動控制系統管理能力」為最多，占了全體 43.5%；其次為「機械設備安裝維運能力」占了 26.1%；較少回答的項目為「感測器與訊號處理能力」、「一般管理能力」、「跨領域整合應用能力」，各占 4.3%（如表 4-7）。

表 4-7 原有生產線員工的職能需求改變種類（複選題）

選項	回答次數	觀察值百分比
自動控制系統管理能力	10	43.5%
機械設備安裝維運能力	6	26.1%
機電整合能力	4	17.4%
軟體與程式應用能力	4	17.4%
機械設備系統整合能力	4	17.4%
智慧化生產管理能力	2	8.7%
智慧化生產品質管理能力	2	8.7%
感測器與訊號處理能力	1	4.3%
一般管理能力	1	4.3%
跨領域整合應用能力	1	4.3%

同時詢問公司為了滿足新的職能需求所做出的應對措施，問卷結果顯示回答最多的選項為「安排內部教育訓練」，占了 87%。其次是「請系統設備廠商提供輔導協助」，占了 47.8%。最少的是員工自行進修學習，回答次數僅有 3 次（占 13%）。從此可看出公司導入協作型機器人時，如果有新的職能需求會偏向安排內部教育訓練，也因為協作機器人容易設定及操作的設定，在內部進行教育訓練不但能規劃符合公司產品特性及需求的生產配置，也能保護公司機密。另也有半數企業會請系統設備商提供訓練方面的協助，主要可能是因為企業本身缺乏機械或自動化相關的部門，難以自行辦理訓練。（如表 4-8）。

表 4-8 新職能需求的應對措施（複選題）

選項	回答次數	觀察值百分比
安排內部教育訓練	20	87.0%
請系統設備廠商提供輔導協助	11	47.8%
招募新的人力	5	21.7%
安排外部教育訓練	4	17.4%
員工自行進修學習	3	13.0%

接著詢問企業，對於新招募的員工是否因為導入協作機器人而有職能需求的改變。回應沒有改變的公司共有 92 家，占 89.3%，有改變的公司共有 11 家，占 10.7%（如表 4-9）。進一步詢問 11 家新招募員工職能需求有改變的公司，所改變的職能項目以「機械裝備安裝維運能力」為最多，占 36.4%；其次為「機電整合能力」，占 27.3%（如表 4-10）。

表 4-9 人機協作後，新招募的員工職能需求有無改變

選項	家數	百分比
有改變	11	10.7%
無改變	92	89.3%
總計	103	100%

表 4-10 新招募員工的職能需求改變項目（複選題）

選項	回答次數	觀察值百分比
機械設備安裝維運能力	4	36.4%
機電整合能力	3	27.3%
機械設備系統整合能力	2	18.2%
軟體與程式應用能力	2	18.2%
自動控制系統管理能力	2	18.2%
網站／系統設計規劃／開發能力	1	9.1%
智慧化生產管理能力	1	9.1%
智慧化生產品質管理能力	1	9.1%

關於導入人機協作後企業是否產生新的職務，從問卷結果顯示沒有產生新職務的公司共有 87 家，占 84.5%；有產生新職務的為 16 家，占 15.5%（如表 4-11）。進一步詢問 13 家有產生新職務職稱的企業，問卷結果顯示選擇「自動控制工程師」最多，占 43.8%。其次是「機械設備安裝維運工程師」，占 25%（如表 4-12）。由於問卷設計的選項較多職類為工程師類別，問卷結果呈現也多是工程師類別，但並無受試者回覆其他的新職務，且回答的總數只有 20 個，顯示導入人機協作後企業增加新職務的現況不多，比較可能的作法，是將員工原有的工作職務額外增加新的工作內容，但職務職稱並未調整。

表 4-11 導入人機協作後，公司有無產生新職務

選項	家數	百分比
有產生新職務	16	15.5%
沒有產生新職務	87	84.5%
總計	103	100%

表 4-12 導入人機協作後產生的新職務職稱項目（複選題）

選項	回答次數	觀察值百分比
自動控制工程師	7	43.8%
機械設備安裝維運工程師	4	25.0%
智慧化生產品質管理工程師	2	12.5%
機器人機電整合工程師	2	12.5%
巨量資料分析師	1	6.3%
資訊安全工程師	1	6.3%
3D 編程工程師	1	6.3%
程式編輯工程師	1	6.3%
生管技術工程師	1	6.3%

此外也詢問企業在招募聘用人力時，對於哪些科系會優先考量。大部分公司（66 家）選擇「無特別考量」，占了 64.1%，會針對特定科系或學科背景的人才做優先考量的公司則有 37 家，占 36%（如表 4-13）。進一步詢問這 37 家公司他們會優先考量哪些科系畢業的新進員工，其中以「機械工程科系」獲得最多企業的選擇，占 78.4%；其次為「電機工程科系」，占 32.4%，但與第一多的選擇相差甚多。顯示一般企業認為機械工程科系專業背景的人較適合從事人機協作相關應用的工作。非理工科系的管理相關領域亦有選擇，但皆僅有一個回答次數（如表 4-14）。

表 4-13 導入人機協作後，公司有無特別考量科系

選項	家數	百分比
有考量	37	36%
無考量	66	64%
總計	103	100%

表 4-14 會考慮優先聘用的科系（複選題）

選項	回答次數	觀察值百分比
機械工程科系	29	78.4%
電機工程科系	12	32.4%
自動化工程科系	10	27%
電子工程科系	4	10.8%
機械與電腦輔助工程科系	2	5.4%
資訊工程科系	1	2.7%
工業工程管理科系	1	2.7%
企業管理科系	1	2.7%
資訊管理系科系	1	2.7%
人力資源管理與發展科系	1	2.7%
物理相關科系	1	2.7%
化學相關科系	1	2.7%
土木工程系	1	2.7%

最後，就公司導入人機協作後是否增設新的部門，絕大多數公司表示不會增設新部門，共有 96 家，占 93.2%(如表 4-15)，推測可能是因為公司原本就有設立專門的部門，或是已有處理自動化進程的相關部門，因此並不會因為導入人機協作後就特別設置新的部門。且引進協作機器人的數量就每家企業回答的情況來看並不多，對多數企業來說可能僅是生產流程上的微小改變，不會對企業的組織結構產生太大轉變。

表 4-15 導入人機協作後，公司有無增設的新部門

選項	家數	百分比
有增設	7	6.8
無增設	96	93.2%
總計	103	100%

而回答會增設新部門的 7 家企業中，新設立的部門以「機電整合自動控制部門」的回答次數較多，有 3 次(占 42.9%)。「資訊部門機電整合自動控制部門」、「3D 編程部門」以及「機械手臂焊接部門」、「研發部」也都有各 1 次的回答（見表 4-16）。推測這些會設立新部門的企業，可能對於自動化生產或是更進階的智慧生產有較完整且長期的規劃，因此設置了該部門，將協作機器人視為公司自動化進程的一個階段。

表 4-16 會考慮增設的新部門（複選題）

選項	回答次數	觀察值百分比
機電整合自動控制部門	3	42.9%
資訊部門	1	14.3%
3D 編程部門	1	14.3%
機械手臂銲接部門	1	14.3%
研發部	1	14.3%

綜合上述的問卷數據資料來看，可以歸納出以下幾個現象：

1. 多數的企業在問卷調查的結果中都顯示，導入人機協作後，對於基層人力來說是維持不變的（88.3%），不僅原有的員工職能內容沒有產生改變（77.7%），新招募進來的員工職能內容也沒有改變（89.3%）；84.5%的公司認為導入人機協作後並沒有產生新的職務，64.1%的公司招募聘用新的人力時，也不會特別考量優先錄取哪些科系畢業的應徵者，93.2%的公司不會因為導入人機協作而增設新的部門。由上述的數據可以看出，這 103 家導入人機協作的公司，大多數對於「導入人機協作」這件事情是「無感」的。可能的原因是因為這些公司都是中小企業，導入人機協作的用意主要目的是取代人力的短缺，並未具備在人力資源發展策略上整體性的、長遠性的規劃，且對於中小企

業來說，導入人機協作未必能夠提升生產的效率，相反地往往因為導入人機協作，機器的移動速度與工作效率，相對於全自動化機械操作來說是降低的，加上台灣地區許多中小企業是以特定零件的大量生產為主，而非彈性化生產的少量多樣模式，因此中小企業導入人機協作的意願較低（受訪的 1,065 家中僅有 103 家導入，不到 10%），導入的公司中也並未具備完整規劃，只能是走一步算一步。

2. 少數基層員工人力需求改變的公司，幾乎都會協助現有的員工調整工作任務，以便留存寶貴的人力；在導入人機協作的生產模式之後，少數認為在生產線上有員工職能改變的公司，多認為員工要增加有關自動控制系統管理、機械設備安裝維運、機電整合、軟體與程式應用、機械設備系統整合等能力，可以看出這些能力雖然名為「整合」，但還是以自動化機械加工的思維邏輯去思考，希望以自動化機械加工能力為核心，提升員工的多樣化、跨領域整合能力。正面來說是培養獨當一面的人才，但負面來說就是培養一位中高階的多能工，未來的工作負擔可能變得更加沉重；此外由於目前中小企業導入的人機協作模式尚屬簡易，因此多半由公司內部提供教育訓練（設備廠商提供技術支援），以便員工能夠有基本的上手操作能力。
3. 由於受調查的企業八成為金屬製品製造業，與機械加工的關係密切，因此少數回答在招募人力上會優先考慮特定科系的公司，都是以機械工程相關領域為主（包括機械工程、電機工程與自動化工程等科系），也如前述這些中小企業並未具備在人力資源發展策略上整體性的、長遠性的規劃，因此 93.2% 的公司並未因為導入人機協作而增設新的部門，即使有增設，也是以傳

統的機電整合自動控制部門為主，目的在維持導入後的運作順利，但並未具備積極的策略規劃。

五、專家諮詢座談會重點意見彙整

研究團隊於民國 111 年 12 月 27 日，針對本章之主題，邀集 6 位產學專家進行諮詢座談會議，專家名單及單位職稱如表 4-17。

表 4-17 專家諮詢座談會專家名單及單位職稱（依姓名筆畫序）

服務單位	姓名	職稱
佳研智聯股份有限公司	江家昇	資深工程師
義守大學工業管理學系	徐祥禎	教授
盈錫精密工業智慧製造推動聯盟	劉軒佑	副召集人
國立台灣師範大學國際人力資源發展研究所	蔡錫濤	退休教授兼前所長
國立台灣師範大學國際人力資源發展研究所	賴志樞	教授
104 人力銀行	鍾文雄	資深副總

在本次專家諮詢會議中，研究團隊提供前述的企業個案訪談以及問卷調查歸納結果，供專家做為討論基礎，並提出以下兩個議題做為討論的核心：

1. 針對本案初步結論及建議，對於個案企業訪談與問卷調查結果之解釋是否妥適，與會專家學者有無其他補充意見？
2. 目前我國產業引進協作機器人的情形尚不普遍，若預期未來人機協作將持續發展，政府在企業所面對的人力資源策略轉變過程中能夠給予什麼幫助？

研究團隊歸納專家所提出的建言後，彙整重點成以下專家意見與建議：

1. 現階段應該以廣義角度來看待人機協作。所謂人機協作，是「人類與機器人透過互動完成工作的一種行為模式」，這裡所指的「互動」，可以有狹義與廣義兩種不同的解釋。從狹義的角度來說，是以機械手臂為機器人的主要形式，工作者與機械手臂在同一個工作範圍內依序或同時進行動作，若從狹義的角度來看，會發現許多接受調查的企業會認為目前並沒有導入人機協作的需求，即使導入，也將其視為一般工業型機器人進行操作，因此不會產生新的職能需求。但從廣義的角度來說，除機械手臂之外，其他機器形式甚至是人工智慧，都可被視為協作機器人的主體，企業可以依據不同的產業特性、製程需求等，組合出各式各樣的人機協作形式，從這樣的廣義角度來看，人機協作才具有其特殊性與必要性，否則只會被視為自動化生產的一個過渡時期，當然也就無法真正發揮人機協作的功能。
2. 就個案企業訪談與問卷調查的結果，可以發現受到企業規模大小影響很大，對於中小企業來說，導入人機協作必須額外投資設備，以致於整體資本投入增加，是一項較大的負擔，但大型企業往往有自己的長遠及整體策略規劃，導入人機協作僅是整體公司策略發展的一環。此外對於人機協作的運用概念，人機協作究竟具有實際的應用特殊性？或者僅是企業做為全面自動化生產前的替代措施？再者人機協作究竟會取代哪些工作的類型？包括高度勞力密集工作、高度重複性固定性的工作、高度危險性工作環境的工作或者是大量生產且單價低的工作，這些工作未來會以人機協作方式還是全面自動化方式來進行？這些都是值得進一步研究的課題。
3. 除了生產製造流程可以運用協作機器人之外，若如上述以廣義角度看待協作機器人，那麼在生產的研發、設計、製造、保養、

維運等過程中，企業也可能有導入人機協作的需求，甚至是公司價值鏈的其他支援功能，也能夠運用廣義的人機協作概念；此外從產業的角度來探討，未來可以針對幾個特定的、目前尚無法完全達到自動化的產業，進行有關導入協作機器人的研究，例如物流業、機械業甚至是服務業，在應用人機協作的工作模式上都有不同的重點與考量，這些都值得進一步探討。

4. 就政策上來說，除了上述提出以廣義角度探討導入人機協作的影響之外，也應該將相關的職能需求，做為未來政府強化地區性人才培訓的重要參考；若考慮到我國少子化趨勢及產業缺工的情形，除了針對在職者提供職能相關訓練之外，也可以投入中高齡工作者的多元技能培訓，以開發中高齡勞動力市場，減緩缺工問題。此外針對我國占多數的中小企業來說，可以研議提供中小企業有關導入人機協作的貸款或優惠利率，以及建立顧問輔導機制，偕同產官學研共同提供諮詢服務，以強化中小企業導入人機協作之成效。

第三節、問題因應策略

上一節中探討了我國人機協作對現有人力發展與職能需求所帶來的正面效益與負面影響，並且以個案企業訪談、問卷調查及專家資訊會議等方式，進行各項有關導入人機協作企業的資料蒐集與分析，說明分析的結果。針對上述的議題，研究團隊提出以下六點因應策略。

一、提供多元教育訓練資源

人機協作等新興科技帶來的智慧自動化生產作業，將取代低薪、低技能的工作，這樣的現象不僅如前述發生在生產製造領域，也發生在服務業領域。2018 年 9 月「台灣智慧自動化與機器人協會」（TAIROA）就以服務型機器人為主題，介紹了「家用／教育機器人」、「商場／商業機器人」以及「醫療輔具機器人」等服務型機器人應用；2021 年 6 月出版的「防疫機器人產品暨技術服務電子專刊」，也闡明國內外六大類不同服務型機器人的產品或技術，包括「保全／監視／巡檢」、「公關／迎賓／接待」、「運輸／遞送」、「清潔／消毒」、「醫療系統整合」與「流程機器人」。顯見未來在人機協作的新興科技發展之下，現有高重複性、高替代性等性質的工作，將逐步為機器人取代。

要解決這樣的問題，學者認為必須在現有的職業求職相關資料基礎上（包括 Jobbooks、工作優升學、iCAP 職能基準應用平台、就業指南等，涵蓋了工作內涵、學歷要求、知識技能需求、薪資水準、職涯路徑、職能基準、職訓課程、技能檢定等資訊），整合成一站式且單一的職業與求職相關資訊，提供在職者規劃個人進修之參考（林曉嬋，2019）。此外透過產業人才投資方案，結合優質訓練單位，提供與人機協作相關之多元實務導向訓練課程，並補助參訓勞工的訓練費用，以激發在職勞工自主學習與累積人力資本；推動「產業

人才培訓據點計畫」，結合產、官、學、訓等資源，與民間單位攜手合作，針對人機協作相關產業成立區域人才培育據點，加強掌握產業發展所需人才與職能，規劃辦理實務與理論兼具的整合式訓練專班；透過「企業人力資源提升計畫」，補助企業部分訓練費用，以減輕企業的辦訓負擔，強化員工具備人機協作相關的各項知識與技能；藉由「小型人力資源提升計畫」，協助中小企業辦理人機協作相關教育訓練內訓與外訓，逐步導入相關知識與技能。¹³⁸

二、協助科技性失業者順利轉銜並向上流動

由於中階技術工作通常是由例行性工作任務所組成，具有一定規則或程序，因此面臨較高的自動化替代風險；相反地，高技術、高薪及低技術、低薪工作，通常屬非例行性工作，尤其是高技術及高薪工作，因涉及自動化技術無法突破的能力（如創造力、同理心等），加上已具備的能力通常能與新科技相互補，除了不易受自動化替代或影響外，也是未來新增工作的主要來源，同時也是科技性失業者（低技術與低薪）未來工作流動的方向。因此，如何協助這些科技性失業者順利轉銜並向上（高技術工作）流動，也是未來政府面臨的重要課題。¹³⁹

為了協助上述的科技性失業者順利轉銜並向上流動，政府單位可以朝以下幾個方向制訂相關政策，投入更多資源：（一）針對向上流動的工作目標與方向，制訂明確的工作名稱、內容與職能內涵，鼓勵在職民眾及早進修，儲備未來轉職發展的能力；經濟部工業局（2021）在「智慧機械產業 2022-2024 專業人才需求推估調查」中即提出 2022-2024 年智慧機械產業發展趨勢對人才發展的需求示意圖（如圖 4-4），並由經濟部針對所需求的 12 項職業訂定職能基準，各

¹³⁸ 陸鴻偉（2021）。人工智慧發展對就業之影響與因應。國家發展委員會經濟發展處經濟研究年刊，第 21 期，頁 1-56。

¹³⁹ 林曉嬋（2019）。新興科技對未來勞動市場的挑戰與因應。國家發展委員會人力發展處人力規劃及發展研究報告，第 19 輯，頁 1-40。

公私立訓練機構就可以依據這些職能基準內容進行訓練課程的規劃與開課，讓職前與在職人員得以參加相關訓練，取得新興科技的就業能力；(二) 針對各項新興科技所需工作，以能力疊加的形式，建置訓練地圖，並將此一模式廣泛運用在職前及在職訓練、技能檢定、職業訓練機構登記之訓練職類等方面，讓有志於向上流動的現職工作者，得以盤點自己現有的職能，透過不斷疊加的技能訓練機會，堆疊出新興科技工作者應有的技能；(三) 以往的職業訓練，多半投注於硬性技能（Hard Skill）與單一領域技能的訓練，但未來的新興科技，需要更多軟性技能（Soft Skill）與跨領域技能，因此應爭取更多訓練資源，投入這兩個方向的課程研發設計與實際開課。



圖 4-4 2022-2024 年智慧機械產業發展趨勢對人才發展的需求示意

此外，從本研究的各項資料蒐集以及專家會議討論後也可以發現，我國人機協作現有的應用範圍與內容，仍較世界各先進國家更為初階，且會受到產業特性、組織規模、對未來自動化進程規劃等不同狀況的影響。以本次調查的兩個產業類別來說，金屬製造業與電子零組件業仍是以整廠自動化與智慧化為目標，人機協作則是邁

向整廠自動化與智慧化的過渡階段之一，所替代的工作人員也是以第一線的勞動力為主。企業期望透過人機協作工作模式，協助第一線工作人員學習新的職能，並且向中高階工作流動，以保留寶貴的人力資源。惟我國對於以人機協作模式替代高階勞動力的議題尚未發展成熟，未來在進行各項人機協作相關職能規劃與訓練的過程中，除可參考圖 4-4 的多項產業所需各項技術人才類別，發展各項對應職前與在職的相關課程，協助其取得重要的就業能力，更可研發並開設各項跨域性質的整合性課程，讓技術性人才逐步類機能力，提升為管理階層，促使高階勞動力也能因為導入人機協作，而擁有管理及技術等多面向的跨域能力。

三、縮短教育訓練的陣痛期，補足人機協作相關人力需求

我國的職業訓練起源於 50 年代後期於聯合國基金支助下成立的工業職業訓練協會，職業訓練的正式組織「職業訓練局」在民國 70 年成立，後陸續改制擴編，成為目前的勞動部勞動力發展署。早期職業訓練政策主要是支援國家經濟建設計畫，政策目標為「純經濟性」。民國 80 年之後，隨著產業轉型，傳統產業外移，結構性失業問題開始顯現，為解決社會弱勢族群所受之衝擊，我國職業訓練政策加入「社會福利」任務。¹⁴⁰時至今日，勞動力發展署所承擔的職業訓練，更肩負了培育未來所需人力的重要目標。

就現有的資料來說，勞動部已經建立職能基準發展與應用推動計畫平台（iCAP），經濟部也建立產業人才能力鑑定平台（iPAS），加上原有的勞動力發展署所轄技術士技能檢定、企業訓練補助、職前訓練補助、產學合作、青年職訓等各項方案，我國的訓練資源可說是不虞匱乏。但未來更應以整體國家發展及產業人力需求為目標，研提各項新興科技所需的人力培育課程，例如「智慧機械產業 2022-

¹⁴⁰ 勞動部勞動力發展署（2020）。發展沿革。Website: <https://www.wda.gov.tw/cp.aspx?n=2421206077EBB11F>. Retrieved date: 2022/8/10.

2024 專業人才需求推估調查」中所提出的智慧機械產業類別共 30 項職能基準（如表 4-18），其中就有超過 25 項與人機協作有密切的關連性，但由於這些關鍵職缺的職能多屬跨領域人才，培養難度較高；學校學理教學無法充分讓學生操作機台，缺乏實務經驗，且對於現今新興職務需求適應度較小，導致學用落差問題；受疫情及少子化影響，企業發展自動化與導入數位化的過程中，同時需強化在職人員專業及跨領域技能。¹⁴¹

此外也應針對導入人機協作所可能產生的各項職務職稱，調查及參考國內外的狀況，訂定出明確的職務職稱、職能內涵與學習路徑，以提供教育訓練單位規劃相關的訓練課程，除了能夠讓產業界做為招募甄選能力認證的重要依據之外，更讓員工對於自己的生涯發展有規劃與執行的可行性。

表 4-18 智慧機械相關職能基準排序

排名	職能基準名稱	排名	職能基準名稱	排名	職能基準名稱
1	智慧生產工程師	12	CNC 銑床車床程式設計人員	24	專利工程師
2	物聯網應用工程師	13	機械組裝人員	25	模具技術人員
3	電控系統工程師	14	資通網路技術人員	26	半導體產業-製造-設備工程師
4	機械設計工程師	15	資通網路規劃人員	27	展覽行銷企劃經理
5	工具機軟體人機介面工程師	16	CNC 車床技術人員	28	網站開發人員

¹⁴¹ 經濟部工業局（2021）。智慧機械產業 2022-2024 專業人才需求推估調查。Website: <https://ws.ndc.gov.tw/001/administrator/18/relfile/6037/9211/d89e98d1-b01e-4343-963f-7e48d9fbc96d.pdf>. Retrieved date: 2022/8/10.

排名	職能基準名稱	排名	職能基準名稱	排名	職能基準名稱
6	機器人機電整合工程師	17	機械製圖人員	29	展覽行銷企劃專員
7	自動控制工程人員	18	雲端資訊服務人員	30	智慧財產人員
8	工具機機械設計工程師	19	CNC 銑床技術人員		
9	巨量資料分析師	20	製造業安全工程師		
10	機器人感知系統工程師	21	雲端軟體維護工程人員		
11	資訊安全工程師	22	網路資訊安全人員		
12	CNC 銑床車床程式設計人員	23	網站系統設計規劃人員		

資料來源：經濟部工業局（2021）

為縮短教育訓練的陣痛期，除了前述台灣各個智慧機械上中下游產業共同合作交換資訊之外，更建議勞動力發展署以及人機協作相關各企業，可與各大專校院、研究機構、職訓機構等充分合作，開發各項人機協作相關的訓練課程。尤其是勞動力發展署，更是責無旁貸，應該在前述各項國家發展政策的帶領之下，與各項未來新興科技廠商產業聯盟共同合作，運用各大專院校與研究機構的技術及課程研發能力，針對轉職所需的職前訓練以及在職的技能升級訓練，依據產業的真實需求，編定各項所需課程，廣泛運用各種形式，放寬過於嚴格的課程限制（如課程時數或授課地點），以更具有彈性的方式開課。

四、適當配置資源，投入新興科技的基礎素養與教育訓練

要適當配置各項國家發展資源，必須善用各項政策工具，提出不同的策略方案。如行政院於 2017 年所提出的「數位國家·創新經濟發展方案（2017-2025 年）—DIGI⁺」、2018 年所提出的「臺灣 AI 行動計畫（2018 至 2021 年）」以及「優化新創事業投資環境—打造台灣成為亞洲新創資本匯聚中心」、2020 年所提出的「台灣 5G 行動計畫」、科技部 2019 年所提出的「人工智慧科研發展指引」等，都希望能夠運用台灣完整的資通訊產業供應鏈、在全球扮演舉足輕重角色的半導體產業、極具潛力與實力的中小企業、完善的資訊基礎建設以及具有高素質的人才及新創團隊等諸多優勢，促進產業創新與轉型升級，成為推動經濟成長的重要驅動因素。¹⁴²

從人力培育的角度來說，除了上述各項針對企業與現職工作者的政策與補助之外，更應從基本的教育著手，協助未來將要踏入就業市場的青年學子快速適應未來多變的勞動力市場。學者認為近年來我國年輕學子就讀 STEM（Science, Technology, Engineering and Math, 科學技術工程與數學）領域之意願降低，因此應投資 STEM 教育，並串聯職能基準及考照制度，以健全再訓練體系，此外更應從提升國人科普素養、培育高階科研人才、完善終身學習環境等面向著手，提出扎根國民資訊科技基礎素養、培育智慧科技實務應用及高階科技研發人才、發展數位科技相關職能基準、鼓勵企業投資人力資本、推廣開放式大學等多元策略；具體來說，應建立 ICT（Information and Communication Technology）素養標準，明定一般社會人士於未來數位時代下所應具備的基礎素養，並健全職能基準循環應用體系，包含連結職能基準、職訓課程、認證制度及證照鑑定考試；尋求企業支持，提升證照證書的實質效用；引導學校活用

¹⁴² 陸鴻偉（2021）。人工智慧發展對就業之影響與因應。國家發展委員會經濟發展處經濟研究年刊，第 21 期，頁 1-56。

如課程調整之參考、獎勵相關考試等。¹⁴³

另外從職業訓練的資源配置來說，應該針對失業勞工、在職勞工以及青年勞工，持續投入各項訓練資源，開辦更多有關人機協作相關的訓練課程，以提升其知識與技能，避免結構性失業的情況出現。

五、研擬更積極完整的法規制度與配套措施

協作機器人目前在我國導入的比例雖然尚低，但從世界各先進國家的發展趨勢來說仍方興未艾，建議未來應有更多更積極完整的法規制度與配套措施，例如提供中小企業有關人機協作的各項諮詢、診斷及輔導資源；提供中小企業有關人機協作的優惠利率與貸款補貼；或在確保中高齡穩定就業的前提之下，提供中小企業、中高齡者失業與在職者各項有關人機協作的補貼及訓練資源，以因應勞動力短缺的現況並協助廠商提升生產品質以達到產業升級的目標。

六、形成更具競爭力的科技研發與生產製造垂直整合團隊

我國在晶片製造以及智慧機械製造等領域，已經在國際上具有領先地位，建議未來可以針對協作機器人在製造業與服務業中的各項應用，持續投入研發能量，整合我國原先具備的晶片製造與智慧機械能力，形成更具有競爭力的科技研發與生產製造垂直整團隊，充分發揮團體協同並與先進國家競爭的能力。

¹⁴³ 林曉嬋（2019）。新興科技對未來勞動市場的挑戰與因應。國家發展委員會人力發展處人力規劃及發展研究報告，第 19 輯，頁 1-40。

第四節、小結

本章首先探討世界各先進國家，在人機協作發展的過程中，對於人力發展與職能需求所造成的影響與改變，並加以整理分析，找出我國值得借鏡之處。我們可以看出世界各先進國家都已積極透過政府力量，整合各項產、官、學、訓等資源，投入人機協作等各項新興科技。美國估計將於 2030 年產生 210 萬個新的工作職缺，為了因應可能對人力發展與職能需求的影響，已經建立一站式的資料搜尋網站，提供受影響的單位與民眾最新的參考資訊。德國 2025 年將產生 96 萬個工作機會，因此極力協助員工從原先體力為主、重複性高的勞力工作，轉型成為較高技術等級的工作。日本以成熟的工業基礎，發展製造業與服務業機器人，更擴增到照護與醫療、基礎設施建設、災害復原以及農林漁食品產業等，以因應少子化及高齡化日趨嚴重的社會現象。韓國則是投入產業、商業、醫療及公共等四個應用領域，同時發展工業及服務業用機器人，但面臨關鍵零組件自製率偏低的危機。

接著從我國人機協作發展的現況，探討對於目前人力發展以及職能需求的正面效益與負面影響。相對於上述各先進國家來說，我國的人機協作機器人生產供應鏈更為完整，並擁有優良的人力素質、世界領先的半導體產業、具有實力的中小企業、完善的資通訊基礎建設，若能依據政府所提各項政策，整合上中下游廠商以團體戰的方式因應國際競爭，將能發揮最大的競爭優勢。

由於在轉型的過程中，將會面臨短期人力不足、科技性失業者增加、貧富差距擴大等問題，因此需要由政府政策主導，提供多元教育訓練資源，協助科技性失業者能順利轉銜並向上流動，縮短教育訓練的陣痛期，補足人機協作相關人力需求，並配置適當資源，投入各項新興科技的基礎素養與教育訓練；此外本研究團隊也將藉

由問卷調查、深度訪談以及專家諮詢會議等方式，蒐集我國導入人機協作之廠商與勞工對於影響我國勞動人力及相關職能的各項意見，並匯整上述的政策方向與後續的實際調查需求結果，藉由專家諮詢會議進行修正與確認，提出六點相關的政策建議：一、提供多元教育訓練資源；二、協助科技性失業者順利轉銜並向上流動；三、縮短教育訓練的陣痛期，補足人機協作相關人力需求；四、適當配置資源，投入新興科技的基礎素養與教育訓練；五、研擬更積極完整的法規制度與配套措施；六、形成更具競爭力的科技研發與生產製造垂直整合團隊。期望能夠減低導入人機協作所帶來的各項衝擊與影響，順利過渡到工業 4.0 的智慧科技時代。

第五章 人機協作對職業安全衛生的影響與因應

本章主要目的是研析人機協作對於我國勞工職業安全衛生的影響並提出因應策略。第一節為「國際與主要先進國家經驗之蒐集分析」，藉由蒐集與分析國際與主要先進國家的經驗，了解他國關於人機協作之相關安全規範。第二節為「我國人機協作對職業安全衛生影響之現況與問題分析」，主要先針對我國工業用危害預防標準之修訂作探討，接著對我國現況以及可能產生之有關職業安全衛生之問題做初步分析。我國雖有規範雇主使用協作機器人的安全措施，不過隨著人機協作的發展更加興盛，其他面向如適應人機協作工作模式以及隨之導致的勞工心理問題也是未來在勞工安全衛生保護上需要特別注意的。第三節主要針對問題之可行因應策略做初步討論。第二節、三節已經放入四個企業深度訪談結果、問卷調查結果與專家諮詢會議結果至本文，進一步充實我國有關人機協作對職業安全衛生之資料。

第一節、國際與主要先進國家經驗之蒐集分析

本節分為兩個部份：國內外相關文獻之蒐集分析以及國際組織與各國的職業安全衛生規定，前者為蒐集國外人機協作模式對於勞工在職業安全衛生的相關研究，像是導入人機協作模式後對勞工安全會有何影響；後者則先介紹國際標準化組織(International Organization for Standardization,ISO)與歐洲聯盟(EU)的國際標準，再針對各別國家有關協作機器人的安全標準或職業安全衛生相關規定作說明，分別為美國、德國、日本、韓國及中國大陸。

一、國內外相關文獻蒐集分析

協作機器人(cobots)是工業增長的重要加速器。它們的潛力是無可爭議的，但協作機器人的採用率仍然遠不及傳統的工業機器人。有研究特別將安全性作為一個影響採用的因素進行了研究，並認為協作機器人的系統範圍內的安全性導致了矛盾的緊張局勢。這種緊張局勢向從業者發出令人困惑和相互矛盾的信號，導致協作機器人的採用率低。再加上缺乏有關如何安全操作協作機器人的知識，協作機器人安全方面的緊張局勢被認為是導致協作機器人採用率低的原因。研究建議企業可以透過支持從業人員充分了解所有的風險因素並提供評估安全準備情況的工具，在決策過程的早期解決安全問題，作為緩解矛盾緊張局勢的重要步驟。¹⁴⁴

協作型機器人的主要目的是使人類與機器人一起工作。故應用場合大都用於協作型機器人與員工距離較近且碰撞概率較高。此時如果協作型機器人有使用鋒利或危險的工具，則需要採取與工業機器人類似的安全措施。需要從 ISO10218-1 及 ISO/TS 15066 中四個安全措施至少選擇一項實施，也就是安全等級的監控停止、手動引導、

¹⁴⁴ Berx, N., Decré, W., & Pintelon, L. (2022). Examining the Role of Safety in the Low Adoption Rate of Collaborative Robots. *Procedia CIRP*, 106, 51-57.

速度和分離監控以及通過固有設計或控制的功率和力量限制(四個安全操作措施容後說明)。除了上述所提的 ISO 強制性安全措施，亦可以為協作機器人加裝外部觸覺傳感器(external tactile sensors)或軟墊來滿足施力限制的要求。

另外，與協作機器人相關的一個安全問題是它們被應用在經常變化的生產配置中。這意味著，每次更動配置的時候可能需要經常進行風險評估，如果只進行例行性的簡易快速的風險評估，可能很難發現新的風險。另一方面，協作機器人在滿足安全要求上有其例外。系統設計人員必須從手冊中檢查機器人是否滿足這些安全要求的條件。協作機器人製造商提供的一些條件示例，例如：某些條件可能會阻礙撞擊檢測（特定位置、慢速）、高速/施力限制可能會導致不同的安全要求、加速/減速參數影響停止的表現（較慢的減速會增加衝擊力）等。¹⁴⁵

智能製造和智能工廠依賴自動化和機器人技術，而人機協作模式有助於提高當今和未來工廠的效率和生產力。然而安全議題對於人機協作模式至關重要，因為如果不建立適當的安全機制，機器人可能會對人類工人構成威脅。有研究透過 46 篇的文獻綜述發現所有研究中的案例有 1/4 沒有使用任何安全措施，因此大多數文章中所提出的功能僅類似於一個表面的口號。即使隨著合作程度的提高，從最低協作程度的共存(coexistence)，到最高程度的協作(collaboration)，一些安全標準被使用，但在那些只是在研究中提出卻沒有根本解決安全問題。¹⁴⁶

將人工智能集成到機器人系統中的過程正在逐步進行。智能機

¹⁴⁵ Malm, T., Salmi, T., Marstio, I., & Aaltonen, I. (2019). Are collaborative robots safe?. In *Automaatiopäivät23* (pp. 110-117). Finnish Society of Automation.

¹⁴⁶ Arents, J., Abolins, V., Judvaitis, J., Vismanis, O., Oraby, A., & Ozols, K. (2021). Human-robot collaboration trends and safety aspects: A systematic review. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 10(3), 48.

器人自動化的過程是基於機器人的機器學習和高視覺技術相結合，在發展人機協作的道路上，安全互動仍然是基本問題。為了充分利用機器人與人類之間的這種協作，有研究歸納出人與機器人協作工作時，需要注意的四個安全面向¹⁴⁷：

1.控制方法(Control method): 主要因素是機器人與人之間安全互動的碰撞前後的控制方法。透過機器人參數或設定安全區域。

2.移動規劃(Motion planning): 規劃更安全的機器人路徑和運動，以避免潛在的碰撞。

3.預測(Prediction): 預測不同解決方案來解決安全交互的問題，例如:序列比對法(sequence alignment)。

4.心理因素(Psychological factors): 包括通過問卷調查、行為指標等不同方法。了解人類在與機器人互動過程中的心理生理狀態這可以防止可能的傷害。

有關人機協作對人員的影響，近期國內相關研究認為評估人機系統表現應同時考慮人類的心智負荷，了解人類在工作時所需承受精神上的負載，藉此完整反映系統的優劣勢及人類的表現。陳雋浩（2021）針對人機協作下人的心智負荷進行研究，探討人類在人機協作下承受的心智負荷，進一步了解人機協作的表現及其優勢。該研究建立一以運送物品為工作導向之平台，於該平台中操作者可藉由與機械手臂協作共同運送物品。平台建立完成後招募共 15 位男性年輕健康受試者(年齡：23.4 ± 0.9 歲)進行實驗。實驗首先讓受試者重複練習至少五次成功的人機協作的工作模式以學習該模式之作業流程，完成學習後受試者使用三種方式完成運送任務：人機協作、人

¹⁴⁷ Galin, R., & Meshcheryakov, R. (2021). Collaborative robots: development of robotic perception system, safety issues, and integration of Ai to imitate human behavior. In Proceedings of 15th International Conference on Electromechanics and Robotics" Zavalishin's Readings" (pp. 175-185). Springer, Singapore.

人協作以及單獨作業，每種條件各進行五次。實驗過程中使用功能性近紅外光譜技術量測受試者大腦前額葉皮質的活化程度以量化心智負荷大小。該實驗結果反映了人機協作中機械手臂藉由其特性減少人類在工作中高重複性且需要大量體力負荷的參與，伴隨著人類心智負荷的降低顯示人類能以最少的心力發揮機器人無法比擬的判斷力和靈活性，此種協作模式充分運用人類與機器人各自的優勢，達到完全自動化或傳統人工無法達成的工作表現。¹⁴⁸

在服務領域方面，有研究提及使用在服務領域的協作機器人在安全需求可能比在工業領域的協作機器人在安全要求方面更嚴格。以醫療業來說，由於醫療與養老護理的環境是高度動態和非結構化的，亦即環境偏向未知和由人類主導的類型，導致協作型機器人在傳感、驅動和學習方面的能力需要再提升。研究中提到為了應對人類護理的需求，協作型機器人需要開發出三個關鍵功能：1.安全協作，為了使機器人能與人的工作空間緊密連結，避免碰撞與減少人機碰撞傷害的技術是解決安全問題的關鍵；2.遠程操作，老人的家庭護理與傳染病的患者護理，需要由人類操作員遠程控制辦自主機器人完成特定的任務，代表協作型機器人要具有類似人類的感知能力，才能使操作者明白所收到資訊代表的意義；3.情感互動，面對患者的情形，協作型機器人的舉動都會對被照顧的對象產生正向或負向的影響，若協作機器人能依據患者的情緒給予回應，將對患者產生積極或正向的影響。

機器人皮膚亦即裝配在協作型機器人的傳感器與執行器可以達到上述的功能。該裝置具備的優點有：1.機器人皮膚擁有的柔軟性可以分析與收集危害與風險的基礎數據，從而做出相對應的反應，以避免意外碰撞增加安全性。2.機器人皮膚能使操作者身歷情境的

¹⁴⁸ 陳雋濤（2021）。探討人機協作下人的心智負荷。國立陽明交通大學機械工程系所碩士論文，新竹市。取自 <https://hdl.handle.net/11296/rr7924>

感知協作型機器人所傳送的感官訊息，例如協作型機器人感知到力度過大就會發光提醒操作者並為遠程操作提供成功的基礎。3. 機器人皮膚能提供透過觸摸來識別患者的情感使協作型機器人也能對人類的情緒有初步瞭解進而對患者的情緒有所回應，使患者能產生猶如與人類護理員互動而獲得情感慰藉。總而言之，協作機器人的應用場景正在從傳統製造業向服務業延伸。協作機器人有潛力在未來提供人類護理服務，同時配備所需的功能。接近度、壓力、溫度、感覺反饋和剛度，傳感和驅動功能的協作設計可以使機器人皮膚為未來人類護理應用中的協作機器人提供更好的安全性、直觀的反饋和自然的界面。¹⁴⁹

二、 國際組織與各國的職業安全衛生規定

(一)ISO/IEC 國際標準

1. 機械安全

國際機械安全標準，主要是由 IEC (國際電工委員會)及 ISO (國際標準委員)所制定，由於歐洲在此方面扮演世界領導者的地位，於是大部分國際標準是將歐洲提出的 EN 標準轉化為 ISO/IEC 等國際標準。

機械安全規範主要分三大規格，A 類標準屬於基本安全規格，如 ISO12100「基本概念及一般設計」及 ISO14121「風險評估原則」；B 類標準屬於群組安全規格，如電氣類的 IEC 60204「電氣設備之安全規格」、IEC 61508「功能安全規格」、IEC61000-4「EMC 規格」、IEC 60079「防爆安全規格」等...或機械類的 ISO14119「聯鎖規格」、ISO 13849「系統安全相關零件規格」、ISO 13855「安全距離規格」，

¹⁴⁹ Pang, G., Yang, G., & Pang, Z. (2021). Review of robot skin: A potential enabler for safe collaboration, immersive teleoperation, and affective interaction of future collaborative robots. IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics.

而工業用機器人則歸屬於 C 類標準屬於個別產品的安全規格。

另依據 ISO12100-1:2010，機械上的危害包括有：(1)機械性危害(2)電氣危害(3)異常溫度危害(4)噪音危害(5)振動危害(6)游離和非游離輻射的危害(7)使用材料或物質所引起的危害(8)人體工學相關的(9)與機械使用之環境相關的危害(10)複合性危害等各種不同類型的危害源。也就是起因於動能、銳利端部以及剪力作用等的撞擊(impact)、擠壓(crushing)、切割(cutting or severing)以及剪(shearing)、夾(trapping)等型態的危害。而目前的協作機器人的構造，基本上和工業用機器人並無太大的不同，以多關節型機械臂為主。¹⁵⁰其可能造成的機械性傷害必須注意。

2. 機器人安全

2011 年 ISO 國際標準委員會推出 ISO10218-1:2011「Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots –Part 1:Robots」，其規定了機器人在單機設計和製造時應遵循的安全原則；同年推出 ISO10218-2:2011「Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Part 2: Robot systems and integration」¹⁵¹，其規定了機器人在與系統整合之應用、安裝、功能測試、編程、操作、維護以及維修時，對人身安全的防護原則。

根據 ISO10218-1:2011 對工業用機器人的定義，（工業）機器人為「用於產業自動化，固定位置或可移動之 3 軸或以上程式化或可再程式的自動控制多用途操作機（機械手臂）」。¹⁵²機械利用各種相對運動的機件，構成機構。由外部輸入的能量經機構的轉換，就

¹⁵⁰ 許宏德 (2021)，人機協作對於職場安全的影響及挑戰，臺灣勞工季刊，65 期，頁 15-16。

¹⁵¹ ISO 10218-1:2011 以及 ISO 10218-2:2011 於 2017 年開始進行修訂，新版本預計於 2022 年底完成。可預期的是新的標準制定的安全功能數量比 2011 年版本中提到的多。這些增加和改進，提高了易用性——特別是對於以前可能沒有機器人經驗的中小型企業。增強功能的另一個方面是為了作為支持協作機器人應用的功能。參照 ISO 官方網站資訊：

<https://committee.iso.org/sites/tc299/home/projects/ongoing/iso-10218-2.html>

¹⁵² 許宏德 (2021)，人機協作對於職場安全的影響及挑戰，臺灣勞工季刊，65 期，頁 14。

能對外做功，以加工物料或提供服務。由於機械的運轉需要能量，機械上又有各種轉換能量的機構，會有各種型態的大小能量在運作著。當超過人體容許值的能量傳達到人的身上，便會對人體造成傷害，甚至導致死亡事故。其中關於協作機器人的安全要求詳述如 ISO 10218-1(5.10 章節:協同操作要求)之章節及 ISO10218-2 (5.11 章節:協同作業機器人操作)之章節。詳細條文如下表 5-1 及表 5-2 說明。

表 5-1 ISO10218-1:2011 關於協同機器人單機之安全要求(章節

5.10)

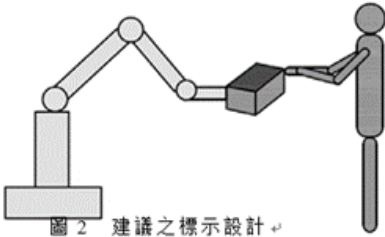
章節編號	安全要求
5.10 協同操作要求	
5.10.1 一般	為協同操作所設計之機器人，應提供協同操作時之目視指示裝置，且符合 5.10.2 至 5.10.5 之 1 項以上要求。
5.10.2 安全額定監控停止	人員位於協同工作空間內時，機器人應停止。停止功能應符合 5.4 及 5.5.3 之規定。人員離開協同工作空間後，機器人即可恢復自動操作。 或者，機器人可利用減速方式達到 IEC 60204-1 之類別 2 停止。一旦停止後，此停駐狀態應受符合 5.4 規定之安全相關控制系統監控。安全額定監控停止功能若發生出錯，即應導致類別 0 停止。 備考：這可包含符合 IEC 60204-1 所述之受監控類別 2 的停止功能，此功能可由符合 IEC 61800-5-2 所述安全操作停止之電氣驅動系統提供。
5.10.3 手動導引	若具有手動導引設備，則此設備應位於端效器附近且應配備以下項目。 (a) 符合 5.5.2 及 5.8.4 要求之緊急停止，及 (b) 符合 5.8.3 要求之致能裝置。 機器人應在安全額定監控速度功能作用中進行操作(參照 5.6.4)。安全額定監控速度限界應經由風險評估決定。
5.10.4 速度及分隔監控	機器人應維持於已決定之速度及與操作人員之分隔距離。此類功能可藉由整合特性或各項外部輸入之組合達成。維持已決定之速度及分隔距離期間，若偵測到失效情形，即應導致保護性停止功能(參照 5.5.3)。速度及分隔距離監控功能應依 5.4.2 之規定。 機器人僅為最終協同機器人系統之一構件，本身並不足以提

	供安全協同操作所需。協同操作應用屬動態應用，且應於應用系統設計期間，透過風險評估之執行而決定。使用資訊中應包含實行速度值及分隔距離之指示。設計協同操作時，應使用 ISO10218-2。額外資訊可參考 ISO/ TS 15066。計算最小安全分隔距離時，需考量操作人員與機器人之相對速度。最小距離要求可參考 ISO13855
5.10.5 由固有設計或控制所 限制之功率及力量	機器人限制功率或力量之功能應依 5.4 之規定。若超出任何參數限界，即應觸發保護性停止。 機器人僅為最終協同機器人系統之一構件，本身並不足以提供安全協同操作所需。協同操作應用須於應用系統設計期間，透過風險評估之執行而決定。使用資訊中應包含，設定受控制機器人內，已建立參數限界之細節。設計協同操作時，應使用 ISO10218-2。額外資訊可參照 ISO/ TS 15066。

表 5-2 ISO10218-2:2011 關於協同機器人系統之安全要求(章節 5.11)

章節編號	安全要求
5.11 協同作業機器人操作	
5.11.1 目的概述	協同作業是一種人與機器人間，共同一作業空間之特殊操作。僅針對下列條件。 — 用於預定任務。 — 在所有需要的保護措施作用中始可能，及 — 對具備特定設計，作為符合 ISO10218-1 之協同作業特色的機器人。備考：關於應用實例，參照附錄 E。 整合者應在使用資訊中包括協同作業所需的安全防護裝置與模式選擇。

5.11.2 一般要求	由於在協同作業空間中，人與機器人間之空間分隔距離可能會減少，在操作過程中可能發生人與機器人間的實質接觸。因此在任何時候都應提供保護措施以確保操作員之安全。 應滿足下列要求。 (a)整合者應執行如 4.3 中所描述的風險評估 (參照附錄 E 之應用例)。此風險評估必須考慮到整個協同作業任務及作業空間，至少應包括下列條件。 (1)機器人特性 (例：負載、速度、力及動力)。 (2)端效器之危害，包括工件 (例：人因工程設計、銳邊、凸出部分及工具更換器之作業)。 (3)機器人系統之配置。 (4)相對於機械臂附近(例：避免在機器人下方工作)之操作員位置。 (5)相對於定位零件的操作員位置及路徑、對結構之方位 (例：夾具、建築支撐及牆)，及在夾具上危害之位置。 (6)夾具設計、夾持配置與操作及其他相關之危害。 (7)任何手動控制之機器人導引裝置(例：可接近性及人因工程等)的設計及位置。 (8)特定應用之危害 (例：溫度、彈出部件及焊接飛濺)。 (9)使用必要的個人防護具所造成的限界。 (10)環境考量 (例：化學品、無線射頻 (RF)) 及輻射等。 (11)相關安全功能的性能準則。 (b)整合到協同作業空間之機器人應符合 ISO10218-1 的要求。 (c)用於存在偵測之保護裝置應符合 5.2.2 的要求。 (d)用於協同作業空間之額外保護裝置應符合 5.2 的要求。 (e)在安全防護之設計應能防止或偵測到，任何人越過協同作業空間而進一步進入安全防護空間。越過協同作業空間而入侵安全防護空間時，應使機器人停止，並使所有危害終止。 (f)周圍安全防護應防止或偵測到，任何人進入安全防護空間中的非協同作業部分。

	(g)若裝接至或安裝到機器人系統上，且呈現潛在危害的其它機器，其本身是在協同作業空間中，則此等機器之安全相關功能至少應符合 5.2 的要求。 被設為協同作業之機器人應標示如下圖的符號。  圖 2 建議之標示設計。
5.11.3 協同作業空間之要求	操作員可以直接與機器人互動之協同作業空間，應有明確的定義(例：樓板標示及標誌等)。 人員 / 操作員應由防護裝置之組合，及符合 ISO10218-1 所許可的機器人性能特性予以安全防護，此將依照 5.2.2 的規定使所有危害終止。 在任何情況下，若有 1 個以上的人員（操作員）在進行協同作業，應以符合 5.2.2 要求的控制，對每位人員提供保護。 協同作業空間之設計應使操作員可以容易地執行所有的工作，且設備及機械之位置不得引入額外的危害。只要有可能應使用安全額定軟體軸及空間限制，以減少可能之自由運動的涵蓋範圍。 機器人系統之安裝應在機器人(包括機械臂、任何裝接的夾具及工件)的操作空間至允許整個身體接近及有可能產生纏陷點或夾住點的建築物、結構、共用設施、其他機器及設備的區域間提供 500 mm 最小淨空範圍。若無法提供此最小淨空，當人員在靜態的環境中位於纏陷或夾住危害的 500 mm 時，應採取阻止機器人運動的額外防護措施來提供保護，若有動態的運動[例：線追蹤(line tracking)]，可能需要特別考量(參照 ISO13854)。 備考：對符合 5.11.5.4 及 5.11.5.5 所設計之系統而言，此等參數可能會有所差異。

5.11.4 在自主操作 與協同作業 間切換	自主操作與協同作業間之切換點，為協同應用中 1 個特別關鍵的部分。在自主操作切換為協同作業並再切換回自主操作時，其設計應使機器人不致危及人員。
5.11.5 協同作業空 間中之操作	5.11.5.1 一般設計協同作業時，應適當選擇 5.11.5.2 到 5.11.5.5 所述之 1 項或多項安全功能，以確保在該工作單元中，所有暴露於潛在危害之人員有一安全的工作環境。對協同作業所使用之機器人，ISO10218-1 提供如 5.11.5.2 到 5.11.5.5 所述的要求及性能特性。若協同作業中被選取之安全功能，被檢測到有任何故障時，依 5.3.8.3 應導致保護性停止。在此停止後，直到在協同作業空間外，由蓄意的再起動動作重置之後，方得恢復自主操作。 5.11.5.2 安全額定監控停止 若沒有人員在協同作業空間中，機器人會自主操作。若有人員進入協同作業空間時，依 ISO10218-1 機器人應停止移動並維持安全額定監控停止，以讓操作員與機器人進行直接互動（例：在端效器上裝載零件）。 5.11.5.3 手動導引 若滿足以下要求，可允許手動導引之操作。 (a)當機器人到達交接位置時，依 ISO10218-1 會發出安全額定監控停止命令。 (b)操作員應有一個符合 ISO10218-1 要求的導引裝置，將機器人移動到預定位置。 (c)操作員應能看見整個協同作業空間。 (d)當操作員釋放引導裝置時，依 ISO10218-1 會發出安全額定監控停止命令。 5.11.5.4 速度及分隔監控 設計為操作員與機器人間以動態之方式保持安全分隔的機器人系統，應使用符合 ISO10218-1 要求之機器人。 機器人的速度、最小分隔距離及其他參數都應由風險評估來決定。

	備考：ISO/TS 15066 將包含關於協同作業機器人操作的額外資訊及指引。 5.11.5.5 以設計或控制限制之動力及力 設計成以動力或力限制來控制危害之機器人系統，應採用符合 ISO10218-1 的機器人。 應由風險評估決定動力、力及人因工程等參數。 備考：ISO/ TS15066 將包含關於協同作業機器人操作的額外資訊及指引。

3. 協作機器人安全

不同於工業用機器人適用於大規模、專用生產線以及大量生產的需求，協作機器人通常用於多樣少量，或變種變量的生產型態。¹⁵³2016 年，ISO 國際標準委員會更為了因應人與機器人協同作業趨勢，推出 ISO/TS15066 「Robots and robotic devices - Collaborative robots，機器人和機器人設備 — 協作機器人」之技術指引，作為在協同作業模式下的設計參考，進一步詳細規範協作機器人在控制系統、工作空間、人員操作的安全要求。

在協同機器人系統中，操作者可以在機器人系統附近工作，而不用安全柵欄等去隔離空間，因此在協同空間內可能會發生操作者與機器人之間的物理接觸，因此需要採取額外安全措施，在 ISO/TS 15066 中，基本上做為協同機器人系統常見的安全措施分為四項，1. 安全額定監控停止、2. 手動導引、3. 速度及分隔監控、4. 動力和力量的限制，使用協同機器人必須符合 ISO10218-1 及 ISO10218-2，並且有能力符合前述四項要求至少一項，例如當機器人在自動操作模式期間會與人接觸的情況下，必須使用前述動力和力量的限制或是其他方法來限制動力或力量來減少傷害，這四項安全措施不限於使用

¹⁵³ 許宏德 (2021)，人機協作對於職場安全的影響及挑戰，臺灣勞工季刊，65 期，頁 19。

單一項目。以下就這四項安全措施逐一介紹：

(1). 安全額定監控停止(Safety-rated monitored stop)

在安全額定監控停止應用中，在操作員進入協同工作空間之前，為了與機器人系統交互執行任務，機器人需啟動安全監控停止的功能，主要是透過加裝傳感器使在機器在不移除電源的情況下能確保其停止動作。在協作空間裡機器人保持動力但不能移動。如果協同空間中沒有操作員，機器人可以執行非協同運作；當人員與協作機器人同時存在協同工作空間有兩種情況：(1.) 機器人運作中，人員若進入協同工作空間，機器會立即進入保護性停止，此時機器人致動器之驅動動力處於移除狀態；(2).安全額定監控停止有效時，表示協作機器人的驅動力仍在作用，但處於受監控的停止位置，則操作員可以在空間內部或外部作業，而不會改變機器人的功能。只有在操作員離開協同工作區後，才能恢復機器人系統之運作。(參考表 5-3)。

表 5-3 安全額定監控停止情形對照表

人的位置 機器人位置 與其功能狀態	人的位置	
	協同作業空間外	協同作業空間內
協同作業空間外	繼續動作	繼續動作
協同作業空間內，且在運作中	繼續動作	保護性停止
協同作業空間內，在安全額定監控停止中	繼續安全額定監控停止(維持功能)	繼續安全額定監控停止(維持功能)

(2). 手動導引(Hand Guiding)

在手動導引模式中，操作者使用手動裝置將運動命令傳送到機器人系統。在允許操作員進入協作工作區並執行手動引導任務之前，

機器人實現必須在安全額定監控停止狀態。該任務通過手動致動位於機器人末端執行器處或附近的引導裝置來執行。

(3). 速度及分隔監控(Speed and Separation Monitoring)

在速度及分隔監控的應用之中，機器人系統和操作員可以在協同工作區域同時移動。透過保持操作員和機器人之間的保護間隔距離以降低風險，在機器人運動過程中，機器人系統不會比保護間隔距離更接近操作員，若機器人與操作員的距離低於保護間隔距離時，機器人系統停止，當操作員離開時機器人系統可自動恢復運動且同時保持在保護間隔距離外。機器人系統的速度降低時，保護間隔距離相應減小。

(4). 動力和力量的限制(Power and Force Limiting by Inherent Design or Control)

在動力和力量限制的應用下，機器人系統(包含工件)和操作員之間的物理接觸可以在有意或無意的情況下發生，動力和力量的限制是專門針對這種作業情況設計的。其附錄 A 裡也有給出生物力學限制，以防止機器人運動引起的生物力學負荷，基於評估使機器人與操作員的接觸不超過準靜態接觸和瞬態接觸的極限值。

ISO/TS15066 旨在補充 ISO10218-1 和 ISO10218-2（工業機器人安全要求）中提供的協作工業機器人操作的要求和指南，規定了協作工業機器人系統和工作環境的安全要求。具體而言，ISO/TS 15066 為對協作機器人應用進行風險評估的人員提供了全面的指導。ISO/TS15066 背後的關鍵概念之一是：如果允許機器人和人類之間的接觸，並且偶然接觸確實發生，那麼這種接觸不應導致疼痛或傷害。為此，ISO/TS15066 提供了疼痛觸發程度(Pain Onset Level)數據、最大允許機器人功率/速度(Maximum Allowable Robot System

Power/Speed)、設計標準(Design Criteria)以及對協作技術的更深入解釋。¹⁵⁴人機協作的工作模式下，如危害識別、風險評估和減少風險的策略變得更加重要。因此 ISO/TS15066 在這方面亦作出指引，下表 5-4 為關於協作機器人系統之設計對於危害識別與風險評估方面的要求：

表 5-4 ISO15066:2016 關於協同機器人系統之設計要求(章節 4)

章節編號	協作型工業機器人的設計
4.1 概要 (General)	ISO10218-2 描述關於工業型機器人及其系統整合的安全要求，也包含了協作機器人。惟協作型機器人在操作、配置及系統整合上仍有別於傳統的工業機器人。在人機協作的工作模式下，人與機器人間的近距離，同時存在機器的動力輸出，機器與人之間的物理接觸也有可能發生。因此任何協作機器人的系統配置都需要保護措施以確保操作者的安全。其中風險評估至關重要，能夠辨識相關風險才可能制定適當的風險降低措施。
4.2 協作機器人 裝置之設計 (Collaborative application design)	協作機器人系統以及相關製造單元(Cell layout)的設計過程對於消除危險與減少風險具有關鍵的影響，並且也可以是包含了工作環境或者是對其之影響。以下是設計系統與製造單元時應該納入考量的因素： (a)協作工作的既有（三維）空間限制 (b)人機協作的工作空間、通道與清空情形： (1).禁止區域與共同協作工作空間之定義 (2).影響協作空間的因子（例如：材料存貨、工作流程的要求、障礙物） (3).清空障礙物周圍的必要，如建物內的固定裝置、設備及建築支撐物等 (4).對操作者的可達性(accessibility) (5).有意圖或可設想到的操作者與機器人間的接觸

¹⁵⁴ Association for Advancing Automation ,ISO/TS 15066 Explained posted on 05/25/2016 .
取自 <https://www.automate.org/tech-papers/iso-ts-15066-explained>

	(6).操作員進入協作空間的路徑(如操作員的走道、搬運材料的路徑等) (7).滑倒、絆倒、摔倒的風險(如纜線托盤、纜線、不平整表面、推車) (c)人體工學、人與設備的接觸面 (1).操縱、控制裝置清楚易懂 (2).可能的心理壓力、疲累感，或因為人機協作而致的專注力缺乏 (3).操作者使用不當或錯誤(有或無意圖) (4).操作員對機器人系統與相關設備所產生的可能反射行為 (5).操作員被要求進行的訓練水準及操作員的技術 (6).在有意圖的操作或是合理的可預期範圍內的誤用情形下，操作員可接受的生物力學極限 (7).單一或重複性接觸後潛在的結果 (d)使用限制 (1).對工作內容的描述，包含訓練與技能需求。 (2).進入協作空間時的人員身分識別 (3).潛在發生的有意圖、無意圖的接觸情形 (4).進入協作空間的操作員授權管制 (e)協作歷程(時間限制) (1).人機協作的運作起始 (2).從人機協作轉變成其他類型操作
4.3	危險識別與風險評估(Hazard identification and risk assessment)
4.3.1 概要 (General)	系統整合工程師(integrator)應依照 ISO10218-2 的 4.3 中所列舉之協同操作進行風險評估。應特別考量操作員與機器人系統間潛在的預期(意圖)或合理可預見的意外接觸情況，以及在協作區域中操作員與機器人互動的預期可達性。 使用者應參與風險評估與協作區域的設計。整合工程師須負責協調使用者的參與以及應用程序的需求選擇適合的機器人系統元件。

4.3.2 危險識別 (Hazard Identification)	ISO10218-2 附錄 A 中所包含的機器人和機器人系統的重大危險列表是 ISO12100 中所述的危險識別結果。特定的協作應用(如焊接、裝配、研磨或銑切)可能會產生額外的危險(如煙霧、氣體、化學物質和強放射性物質)。這些危險應各別透過針對特定協作應用的風險評估進行處理。 危險識別過程應至少考慮以下內容： (a)機器人相關危險，包含： (1)機器人特性（例如：負載、速度、力、動量、扭矩、功率、幾何、表面形狀和材料）； (2)機器人中的準靜態接觸條件； (3)操作員在機器人附近的位置（例如：在機器人下工作）； (b)機器人系統相關危險，包含： (4)末端執行器和工件(workpiece)的危險，包括缺乏人體工學設計、銳緣(sharp edges)、工件缺失、突出、換刀裝置的使用； (5)操作員的動作和位置，與零件的定位、結構的方向（例如：固定裝置、建築支架、牆壁）以及固定裝置上的危險位置有關； (6)固定裝置設計、夾子(clamp)位置和操作、其他相關危險； (7)確定接觸是暫時的還是準靜態的，以及操作員身體部位可能受到的影響； (8)任何手動控制的機器人引導裝置的設計和位置（例如：可及性、人體工學、潛在誤用(potential misuse)、控制和狀態指標可能造成的混淆…等）； (9)週遭環境的影響（例如：保護罩被附近機器上取下時接近雷射裁剪機附近）； (c)應用程式相關危險，包含： (10)特定過程危害（例如：溫度、彈出零件、焊接飛濺物）； (11)因使用個人防護設備要求所造成的限制； (12)人體工學設計不足（如造成注意力不集中、操作不當）。
4.3.3	與使用者協商後，整合工程師應識別並記錄與機器人單元相關的任

任務認同 (Task Identification)	務。所有合理可預期的任務和危險組合都應被識別。協作任務的特點是： (a)操作員在移動機器人系統的協作區域中出現的頻率和持續時間（例如：有外部固定裝置的協作配件）； (b)操作員和有驅動電源或與應用程式相關的能源源(energy active)之機器人系統接觸的頻率和持續時間（例如：手動引導、與工具或工件的物理相互作用）； (c)非協同操作與協同操作之間的轉換； (d)在協作完成後自動或手動重啟機器人系統動作； (e)涉及一名以上操作員的任務； (f)任何附加協作區域內的任務。
4.3.4 危險排除及 風險降低 (Hazard Elimination and Risk Reduction)	經過危險識別後，協作機器人系統相關的風險應於風險降低行動實施前被評估。風險評估應依照它們核心原則進行排序（請見 ISO10218-2:2011, 4.1.2）： (a)透過具有安全的設計排除危險或透過替代降低其風險； (b)在作業員可以接觸或被暴露在危險之前，將其處置於安全的狀態，避免接觸危險或控制危險的保護措施（例如：停止、限制力量、限制速度）； (c)事前的補充保護措施，例如：使用資訊、訓練、警訊、個人保護設備、等。 在傳統機器人系統底下，一般風險降低是透過將作業員及機器人系統所隔離的保護設備。而人機協作則是透過機器人系統及作業工作區域的設計與應用達到風險降低之效果。針對人機協作的風險降低請參閱第五項。

(二)歐盟

進入歐盟市場的首要必備條件就是機械產品之安全性，因此歐盟制定了統一的歐洲安全標準，其分為 A、B、C 三種類型，如下說明：

1. A 類標準(基礎標準)：給出可用於所有機械的安全檢查基礎概念，設計原則和通用要求，包括 EN ISO12100-2：機械安全-基本概念、設計通則-第二部：技術原理和規格；EN ISO14121：機械安全-危險評估原則）。
2. B 類標準(分組安全標準)：是關於大部分機器中使用的安全特性或安全防護的一組標準。涉及危險材料、安全距離、防護罩、人因工程的要求、衛生、噪音、振動、溫度、機器入口(如機器的人孔、工作平臺、扶手、固定扶梯、活動梯)、控制系統合信號等標準。
 - (1).B1 類標準，某一特定安全領域(如：安全距離、表面溫度、雜訊)標準。如：EN 294「機械安全-防止上肢伸及危險區域之安全距離」
 - (2).B2 類標準，有關安全裝置(如雙手操縱裝置、聯鎖裝置、壓敏裝置、防護裝置)標準。如：EN 418「機械安全-急停裝置的功能設計原則」
3. C 類標準(機器安全標準/產品標準)：給出某一特定機器或一機組的詳細安全要求。此標準可謂最重要的標準。製造商可以符合指令的基本要求，而不考慮標準。但符合指令的基本要求是非常困難的事。因為當市場上的監督機構有異議時，製造商必須提供證據。所以最簡單的解決辦法就是，如果有相應的、指令指定的 C 類標準，就按照 C 類標準去做。如果沒有 C 類標準，則由製造商根據 A、B 類標準來找出正確的解決方法。

與工業用機器人直接相關的 C 類標準為 EN ISO10218-1 及 EN ISO10218-2 兩部分，EN ISO10218-1 規定了工業用機器人在設計和組成方面的安全要求。而 EN ISO10218-2 規定了工業用機器人、工業

用機器人系統和工業機用器人單元集成的安全要求。EN ISO10218-2 是在 ISO12100 通用機械安全和 ISO 11161 的基礎上增加了裝配、安裝和使用要求等的內容，並根據 ISO 10218-1 的新要求，對安全相關的控制系統、停止功能等進行說明協同機械人安全。

歐盟目前沒有單獨為協同作業機器人研擬標準，其標準有討論到協同機器人安全的部分即為 EN ISO10218-1 和 EN ISO10218-2，此兩項標準同等於國際標準 ISO10218-1:2011 及 ISO10218-2:2011。目前並沒有另外將 ISO/TS15066 轉換成歐盟版本，因此，歐盟目前對於協同作業機器人之安全即包含在 EN ISO 10218-1 第 5.10 節及 EN ISO 10218-2 第 5.11 節裡面，但此兩小節一樣會提出對於協同機器人的額外安全資訊請參考 ISO/TS15066。¹⁵⁵¹⁵⁶

歐盟於 2021 年 11 月 26 日正式向 WTO 提出機械法規草案之通知文件（G/TBT/N/EU/856）¹⁵⁷，以解決數位化機械等新科技所帶來的新風險，特別是人機協作、連網機械、可能影響機械行為之軟體更新等風險，同時訂立高風險機械之標準及高風險機械之強制性第三方符合性評鑑。本法規提案考慮到了對機械指令 2006/42/EC 的評估結果。根據評估結果的建議，該提案包括下面六點

1. 明確範圍、例外情況和一些定義，包括一個關於「重大修改」(substantial modification)的新定義，即機器一旦投放市場，未經製造商同意就進行重大修改。
2. 規定源自數位化機器的新風險。特別是那些源於人與機器人的直接合作、連接的機器、影響機器投放市場後行為的軟體

¹⁵⁵ Europäische Norm. EN 294. Safety of machinery - Safety distance to prevent danger zones being reached by the upper limbs: EN; 1992.

¹⁵⁶ Europäische Norm. EN 418. Safety of Machinery - Emergency Stop Equipment, Functional Aspects - Principles for Design: EN; 1992.

¹⁵⁷ WORLD TRADE ORGANIZATION.(2021)Committee on Technical Barriers to Trade - Notification - European Union - Safety of machinery.<https://web.wtocenter.org.tw/Page.aspx?nid=13317&pid=364221>

更新，以及製造商在產品投放市場前對機器學習應用進行全面風險評估的能力。

3. 對「傳統機械」的一些要求進行了澄清，這些要求涉及起重設備的安裝、慢速升降機、座椅、對危險物質的保護、架空電力線以及可攜式手持和手導機械的振動。
4. 界定高風險機械的標準和根據技術水準調整現有高風險機械清單的可能性，以及對這類機械的強制性第三方廠商符合性評鑑。
5. 機械說明書和製造商符合性聲明的數位化，在購買機械產品時可以要求提供紙本說明書。
6. 與第 768/2008/EC 號決定保持一致，以彙集全面監管框架所需的所有要素，從而有效地促進機械產品的安全和合規性。

(三)美國

1. 機器人安全

美國工業機器人的技術法規內容，由美國職業安全衛生署 (Occupational Safety and Health Administration, OSHA) 頒佈，出於對勞工的保護，對工業機器人的安全作出了規定和要求。

美國工業用機器人的技術法規內容收錄在 CFR 第 29 篇第 1910 部分「職業安全衛生標準(Occupational Safety and Health Standards)」。
其中，29 CFR 1910.212 中的所有要求，都可以應用於工業中的機器。
對於工業用機器人，OSHA 指出，ANSI/RIA R 15.06 是一個有指導性的以及為保護勞工提出了基本的需求，但是當機器人在工作環境中使用時，雇主應該根據實際應用環境，提出一個更為完善的安全防護機制。而不同的有效安全防護技術，在 ANSI B 11.19 中有描述。
ANSI B 11.0-2010 Safety of Machinery; General Requirements & Risk

Assessment 是適用於機器、機器工具或者機器系統。但是 ANSI/RIA R 15.06 是屬於 C 類標準，優先於 ANSI B11.0 使用。

美國相關部門為識別機器人存在的工作環境中的危害，出版以下 2 篇手冊。OSHA 技術手冊：OSHA Technical Manual (OTM)(OSHA Directive TED 01-00-015 [TED 1-0.15A], 1999, January 20)Section IV: Chapter 4 Industrial Robots and Robot System Safety，該手冊的內容對工業機器人可能造成的危害，以及對個人的防護等進行了說明和要求；美國衛生和人力資源部(Department of Health and Human Services, DHHS)與美國職業安全衛生研究所(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)發佈的「防止勞工受到機器人的傷害」[Preventing the Injury of Workers by Robots. Publication No. 85-103, (1984, December)].在這份文件中，NIOSH 對機器人系統設計、勞工的培訓以及勞工監督提出建議。

另外，美國國家職業安全衛生研究所(NIOSH)於 2015 年 11 月發布了一個與勞工安全和機器人相關的部落格，其說明目前正在展開一項評估機器人工作者潛在風險的計畫，並為人類與機器人的安全互動制定一個指引，並提出四個機器人對於人身安全的指導方針。

- (1). 職業安全衛生專業人員應直接參與制定工作場所裡面人員和機器相關的安全之國際標準。
- (2). 應開發職業、個人服務以及協作機器人之維護、運行和互動的安全標準。
- (3). 應主動制定機器人工作場所之風險模式。
- (4). 應開發和實施額外的安全措施以保護進行維護的工作人員。

2. 協同作業機器人安全

美國協同作業機器人是引用 UL1740，ISO10218 當作協同作業

機器人安全驗證標準(ISO/TS15066 為技術指引不能出驗證報告)。美國國家標準學會(ANSI)作為美國的代表參與 ISO 和 IEC 的工作。在工業領域，由 ANSI 授權的標準制定機構有 200 多個。到目前為止，ANSI 批准了 1 萬多個美國國家標準(ANS)，用於工作場地、消費者和公眾的防護的安全標準有 1200 多個。ANSI 認為標準是在自願基礎上使用的指南，一旦其被與健康、安全和環境保護相關的法律、法規所引用或參照，標準就變成強制性的。

美國塑膠工業協會(SPI)和美國國家標準學會(ANSI)發佈了 C 類標準 ANSI/SPI B 151.27-2013 機器人與射出機整合安全要求，編制了機器人與射出成形機聯用的整合、保養和使用等內容，以減少發生於人員與機器人間的危害。根據機器和機器人種類和大小的不同，標準從三個方面處理集成安全問題：消除公認的危險設計標準，建立標準的設計方法，以及從公認危害中對操作員的保護操作。

3. 美國機器人協會(RIA)

(1). 機器人安全

ANSI/RIA R15.06 由美國機器人協會(Robot Institute of American, RIA)定制，1999 年第一次更新，2013 年通過 ANSI/RIAR15.06-2012 標準，與國際 ISO10218-1:2011 及 ISO10218-2:2011 標準等同一致。該標準是美國 ANSI 關於機器人的安全標準，是美國 OSHA 等組織推薦使用的安全標準。該標準的內容包括工業用機器人的設計、組裝和使用等，安全概念包涵到安全控制器、教導模式下的最大速度和物理屏障的使用。該標準的一個關鍵特性是「協同運作」，也就是在自動化的機器人操作中將勞工加入到主動式交互圈中。程式設計錯誤代表了一個嚴重的安全考慮，特別是在大型工業機器人。

如果程式錯誤或使用不安全的方式，電力和工業機器人的尺寸意味著它們能造成嚴重的損傷。由於工業機器人的品質和高速度，

如果總是停留在自動操作過程中的機器人工作區域，勞工是十分不安全的。該系統可以在意想不到的時間中開始運動，勞工在許多情況下將無法做出快速反應，即使作好了反應的準備。因此，即使軟體不出現程式設計錯誤，工業機器人與勞工接觸的時候也需要非常謹慎，例如在裝載或卸料零件、清除部分堵塞或進行維修等情況。目前，系統設計允許操作員直接載入/卸載機器人或人工駕駛機器人到選定位置，省去了高成本裝置。該標準的另一個關鍵特性是“安全額定的軟軸和空間限制”技術。新機器人的該可選特性名稱因不同的機器人製造商而不同，但其功能相同。安全評級軟體用於控制機器人運動，這樣有限的空間可以靈活設計。案例研究顯示這樣可以在系統設計中同時節約地面空間和成本。

(2). 協作機器人安全

該協會也在 2016 年發佈發佈 ANSI/RIAR 15.06 的補充技術文件，該文件說明了協作機器人和其系統特有的安全要求，並且是 ANSI/RIAR 15.06 中的指導補充，該文件也等同於 ISO/TS15066。

4. 美國優力國際安全認證有限公司(UL)

(1). 機器人安全

美國優力國際安全認證有限公司(Underwriters Laboratories Inc.) 簡稱 UL，其也提出了工業用機器人的相關標準 UL 1740-2007 「Standard for Robots and Robotic Equipment」，該標準中指出，除了符合該標準的要求，機器人和機器人系統還應當符合適用的工業機械電氣標準，ANSI / NFPA 79。從機器人的構成、運行、對人員保護、測試等方面對機器人提出了詳細的要求。該標準對機器人構成、運行的要求包括機器人的金屬尺寸厚度，門、窗以及鉸鏈、玻璃、高分子材料、聯結架構、發動機等部件和附件；在對人員的保護方面，該標準對機器人的尖銳邊角、機器人手臂、溫度、安裝部

件、電池等提出了要求；在機器人的運行方面，該標準對電源、溫度、電壓、電流、在水中或戶外使用、緊急停止等多個多個方面提出了要求和測試方法。¹⁵⁸¹⁵⁹

(2). 協同機器人安全

UL 1740 沒有協作機器人獨立章節，其協作精神隱含於教導模式中，相關章節如 41.4、41.5。UL 認為協同作業的模式就如同教導模式，例如限制功率/力量、監控速度、可監控停止等機制。

(四)德國

德國是世界主要國家當中，最早提出具體策略來因應此一智慧生產與工業 4.0 浪潮的國家；在 2011 年 4 月漢諾威工業展之後，德國政府即具體地推出了相關的經濟政策與產業策略來回應愈發蓬勃的智慧生產與工業 4.0 的轉型浪潮。2012 年德國政府正式地將工業 4.0（Industry 4.0）列入到德國高科技戰略 2020 的計畫當中，德國政府的目的即是希望透過此一戰略的實施，進一步地維持德國在全球生產與經濟體系的競爭能力。¹⁶⁰

德國在使用協作機器人之相關規範，原則上遵守 EN ISO10218 標準，對於工業機器人領域「協作機器人」應用的職業安全要求。另外，德國社會意外保險職業安全與健康研究所 (IFA) 針對有關協作機器人工作場所的醫學和生物力學的工作配置要求進行研究，並依研究結果編入《BG/BGIA 對有關協作機器人的工作場所設計建議書》¹⁶¹，作為補充 ISO10218-2 的技術

¹⁵⁸ Underwriters Laboratories. UL 1740. Standard For Robots And Robotic Equipment: UL; 2007.

¹⁵⁹ National Fire Protection Association. NFPA 79. Electrical Standard for Industrial Machinery Overview with High Tech Design Safety: ANSI; 2021.

¹⁶⁰ Hsien-Ming Lin (2020) 推動智慧化生產的機會和挑戰：臺灣與德國現況發展之政治經濟分析. Academia.edu.

¹⁶¹ BGIA – Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance。BGIA 是根據歐盟機械指令製作，該指令為 2006 年 5 月 17 日歐洲議會和理事會制定的指令 2006/42/EC 是歐盟關於機械和機械零件的指令。

規範。由於使用協作機器人的工作場所，不再有柵欄將機器(人)與人員區隔，需採取適當的保護措施來避免碰撞的可能性，然而能有碰撞的風險存在，因此須對此類工作場所進行風險評估，考量新的職業安全要求以因應人員在使用協作機器人可能發生碰撞之狀況，並從而發生碰撞時機損害風險保持在可容忍的最低程度。該建議書內容亦為根據歐盟機械指令(machinery directive) 為基礎，針對有關協作機器人的工作場所設計之建議。其建議書針對協作機器人工作場所設置要求如下：

1. 技術要求

- (1).在工作場所使用協作機器人，在人與協作機器人之間碰撞的可能性必須用適當的措施降至最低，如限制可能碰撞的空間。
- (2).如果有在人與協作機器人之間可能的碰撞的危險，鋒利的、尖銳的、切邊和零件或粗糙的表面都不能出現在碰撞空間。
- (3).在可能發生碰撞的狀況下，僅可能在廣泛的觸碰範圍發生。
- (4).可能發生碰撞的地區必須可被辨識(黑色/黃色)

2. 醫學/生物力學要求

此部分關於協作機器人在醫學與生物力學方面的要求，給出了具有主要和個別區域的定義的身體模型、相關的損害標準及其極限值，以及已建立的身體區域的變形常數的特徵值。損害標準的極限值已被定在文獻調查的基礎上。他們應該被視為目標值以及由於未來的研究而可能被調整。

- (1). BG/BGIA 建議的醫學/生物力學的要求指涉的各個身體部位的身體模型¹⁶²。人體模型在主要區域內建立了 4 個主要區域和

¹⁶² 身體模型圖可參考建議書頁 14 的表 1

15 個各個身體部位，因此可以在人體模型中分配體表的所有人體測量點。

- (2). 為了建立和界定暴露在碰撞風險中的各個身體部位，使用了根據身體模型。所有的身體區域可以透過編碼被定義。在風險分析之中，確定分配給碰撞風險的各個身體部位。
- (3). 在根據身體模型圖所建立的主要和各個身體部位中，只有在沒有更深的皮膚/組織穿透並伴有血腥傷口、骨折或其他骨骼損傷的情況下，才會出現皮膚和下面的連接或肌肉組織上的壓力。
- (4). 此外，不得超過簡化損傷量表(Abbreviated Injury Scale)的損傷嚴重度類別 1 和 ICD-10-GM 20062 的表面損傷編撰的損傷嚴重程度的損傷。
- (5). 在預期使用過程中發生碰撞風險，對於感官(眼睛、耳朵、鼻子和嘴巴)必須透過特殊的保護措施(如護目鏡)將損害風險降至最低。
- (6). 職業安全措施列在本文中無法確保在協作工廠錯誤的操作或用協作機器人有故意發生碰撞的狀況下有足夠的防護作用。
- (7). 以下傷害標準充分涵蓋了涉及所有各個身體部位的傷害嚴重度。包含了(1)夾緊/擠壓力、(2)衝擊力、(3)壓力/表面壓力。

如果遵守建議書表 2（參見第 15 頁）規定的損傷標準的限值，則不會超過各個身體部位所允許的損傷嚴重程度。

- (8). 為各個身體部位給出變形常數，通過這些變形常數建立各個身體區域的最大壓縮路徑，直到達到極限值。在此假設線性變形行為。

- (9). 在風險分析中，要求遵守對於損害標準的極限值並且必須包括在碰撞風險下的各個身體部位的壓縮常數數據。
- (10). 人員和協作機器人一起工作，所有要求的保護措施和在碰撞風險之下必須是健康和能勝任這些工作。由廠醫決定標準。最低限度是，人員應該服從職業醫學政策測試的要求 G25「操控、控制和檢查工作」

3. 人體工學要求

- (1). 人可能和協作機器人碰撞的工作空間必須規劃使人可以充分足夠的移動。
- (2). 人的感知、注意以及思考不能被工作環境和協作機器人限制或干擾
- (3). 如果人和機器人發生碰撞，由於發生負載，人員不應再有非機械應變操作應力（例如暴露於流動或輻射、電流連接力）。

4. 工作配置要求

- (1). 所有要求的職業安全價值的遵守根據於風險評估必須被經過詳細的驗證。
- (2). 當使用協作機器人進行工作時，必須通過放置“禁止未經授權的訪問”等標誌來表示接受或准許限制。
- (3). 人員工作使用協作機器人的物理能力以及因此暴露在碰撞風險中，應該定期檢查以及測試。
- (4). 必須定期告知使用協作機器人以及因此暴露在碰撞風險的人其風險。
- (5). 對於使用協作機器人的工作場所特殊的基本工作配置條件必

須測試以及有所規定(如工作時數、休息、急救案例以及留言簿)。

(6).如果發生碰撞，必須檢查人員是否適應其工作以及適當的工作場所設計。

(五)日本

日本素有「機器人王國」之稱，其工業機器人的發展令人矚目，無論機器人的數量還是機器人的密度都位居世界第一。在其經歷了短暫的搖籃期之後，快速跨過實用期，邁入普及提高期。在 20 世紀初期，日本的工業機器人處於繁榮鼎盛時期。然而，自 20 世紀中期開始，隨著歐洲和北美工業機器人產業的崛起，國際市場的格局發生了明顯的變化，從日本轉向了歐洲和北美。在度過了幾年的低迷期之後，21 世紀初日本的工業機器人又開始重新煥發生機，尤其是伴隨著中國和其他周邊國家對工業機器人需求的增長，以及日本本國早年工業機器人因服務期限而帶來的更新換代，預期將對日本工業機器人的發展發揮積極的作用。

日本新能源產業技術綜合開發機構(NEDO)每年公佈「機器人白皮書」。介紹日本的製造業的變化，製造業的機器人發展，以及分析工業機器人目前的發展和挑戰。白皮書預計 20 年後機器人市場將發展至 10 萬億日元左右的巨大規模，並指出政府應當大力發展機器人相關產業，從而應對日趨加速的老齡化社會。¹⁶³

1. 機械人安全

在日本的法律法規中，與工業機器人產品密切相關的是「勞動

¹⁶³ 日本勞動安全衛生規則，檢自：https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=347M50002000032_20220531_504M60000100091

安全衛生法」和「工業標準化法」。¹⁶⁴¹⁶⁵

(1). 日本勞動安全衛生法

日本「勞動安全衛生法」是以確保作業場所勞工的安全和健康、促進創造舒適愉快的作業環境為目的，法規大部分的具體內容均通過政令或省令形式貫徹實施。勞動省令是防止勞動者職業危害的健康損害的法律手段，是促進舒適愉快的作業環境的最重要、最根本的準則。省令的最基本形式是具有標準性質的各種規則。

- I. 勞動安全衛生規則第 150 條之 3：該條款說明「教導模式中的安全要求」的規範。
- II. 勞動安全衛生規則第 150 條之 4：該條款說明「雇主於工業用機器人運轉時，如接觸該工業用機器人可能對勞工導致危險時，必須設置柵欄或圍欄等必要裝置以防止危險發生。」的規範。
- III. 勞動安全衛生規則第 150 條之 5：該條款說明「工業用機器人的檢查、調整、確認等任務中控制盤上開關的管理，可立即停止對策」的規範。
- IV. 勞動安全衛生規則第 151 條：該條款說明「教導模式工作前的檢查和維修」的規範。
- V. 勞動安全衛生規則第 36 條 32 款：該條款說明「工業機器人的檢查、調整、確認作業。」的規範。

(2). 日本工業標準化法

此法頒佈於 1949 年 6 月，經多次修訂。該法適用於工礦產品(藥品、農藥、蠶絲及農林物資除外)，涉及通產省、運輸省和厚生省三

¹⁶⁴ Japanese Industrial Standards Committee. JIS 8433-1. Robots And Robotic Devices - Safety Requirements For Industrial Robots - Part 1: Robots: JIS; 2015.

¹⁶⁵ Japanese Industrial Standards Committee JIS 8433-2. Robots and robotic devices - Safety requirements for industrial robots - Part 2: Robot systems and integration: JIS; 2015.

個主管部門，以通產省占多數(占總指定產品的 94.2%)。

日本「工業標準化法」的目的是希望通過制定和普及適當且合理的工業標準來促進工業標準化，以期改善工礦產品的品質，提高生產效率及促進其他產品生產的合理化，交易的簡化和公正，以及產品使用和消費的合理化，並以此增加公共福利。

日本工業標準化法的主要內容由兩部分構成：一個是「日本工業標準(Japanese Industrial Standards 簡稱 JIS)」的制定，一個是 JIS 的合格評定制度。

2. 工業機器人相關標準

日本國家標準分成工業標準(Japanese Industrial Standard, JIS)和農林標準(Japanese Agriculture Standard, JAS)。另外，日本眾多的行業協會也制定行業標準。工業標準由日本工業標準委員會(JISC)主要依據「日本工業標準化法」制定標準。

日本工業標準(JIS)是日本國家級標準中最重要、最權威的標準。專業涵蓋：建築、機械、電氣、冶金、運輸、化工、採礦、紡織、造紙、醫療設備、陶瓷及日用品、資訊技術等。日本國家標準的協調和發佈機構是日本標準協會(JIA)。

根據日本行政管理體制，經濟產業省(原通商產業省)負責全面的產業標準化法規制定、修改、頒佈及有關的行政管理工作，具體工作由日本工業標準調查會(JISC- Japanese Industrial Standards Committee)執行，其他各個行政管理省廳負責本行業技術標準的制定。JISC 是日本全國性標準化管理機構，成立於 1949 年。其主要任務是組織制定和審議日本工業標準(JIS)；調查和審議 JIS 標誌指定產品和技術專案。

作為致力於標準化和品質管制知識技能開發和宣傳普及的公益

性民間組織，日本規格協會(JSA-Japanese Standards Association)的主要任務之一是：研究制定技術術語和管理通則等 JIS 基礎標準草案。

根據日本「工業標準化法」第 12 條，相關利害關係人或者民間團體可以根據主管省廳的規定，以草案的形式，將應制定的工業標準向主管大臣提出申請。截至 2000 年，在日本國內以民間標準方案向 JIS 提出的提案已經占全部提案的 80%。

在 JIS 相關標準中，涉及工業機器人之標準，其中關於協同作業機器人的標準有 JIS 8433-1：2015(等同 ISO10218-1：2011)，以及 JIS 8433-2：2015 (等同 ISO10218-2：2011)。¹⁶⁶¹⁶⁷

日本於 1995 年加入包含 TBT 協定(技術性貿易障礙協定)在內的 WTO 協定，有採用國際規格的義務。因此，針對根據工業標準化法規所制定的日本工業規格(JIS)需和 ISO/IEC 所組成的國際規格加以整合。厚生勞動省為因應基本安全規格 ISO12100，在 2001 年 6 月制定了「機械總括性安全基準相關指針」。該指針的特色為規定製造者降低風險的步驟，於製造生產設備/機械類產品時必須將相關安全性納入設計考量，同時針對導入設備並加以使用的業者擬定其作業時的安全對策。該指針並說明根據勞動安全衛生法第 28 條之 2，事業單位使用工業用機器人需進行危險性等調查(風險評估)並採取相關必要措施後，經評估接觸該工業用機器人不至於對勞工導致危險。若具備「設置柵欄或圍欄等」之措施，則可視同已採取相關必要措施以防止危險。因此，即使人和機器人之間沒有安全柵欄且共享一個工作區，即所謂的「協同機器人系統」，其使用之馬達為 80 瓦特以下，經過風險評估後的結果仍有需要圍欄的限制。

¹⁶⁶ 同註 167

¹⁶⁷ 同註 168

3. 協同作業機器人安全

日本為導入協同機器人這個國際趨勢，於增修條款基發 1224 第 2 號「工業用機器人職業安全衛生條例第 150-4 條部分修改」(平成 25 年 12 月 24 日發布)，說明以下事項：

- (1). 製造商必須根據 ISO10218-1:2011 及 ISO10218-2:2011 進行設計、製造和安裝工業用機器人，而設計者、製造商及安裝人員必須將符合性聲明與技術資料文件化。
- (2). 對於勞工操作工業用機器人必須進行風險評估，評估勞工與工業用機器人的接觸風險低於可接受等級，評估結果必須依據「危害性等調查指針」(平成 18 年 3 月 10 日發布的公告第 1 號)進行記錄與文件化。」

另外，基安安發 1224 第 1 號「工業機器人職業安全衛生條例第 150-4 條部分修改執行狀況說明」(平成 25 年 12 月 24 日發布)亦說明以下：「工業用機器人碰觸人的力量和動能應該被設定為不超過 ISO/TS15066 規定的數值。協同機器人系統必須符合國際標準 ISO10218-1:2011 (JIS B 8433-1:2015)和 ISO10218-2:2011 (JIS B 8433-2:2015)，以及相關技術規範 ISO/T 15066。」

(六)韓國

2008 年 9 月韓國《智慧機器人發展和促進法》正式生效。該法旨在架構智慧機器人產業發展之法律基礎，包含在法律中嘗試引入智慧機器人定義（指通過識別外部環境並判斷狀況後自動運行之機器設備，包含機器設備運行所必要軟體），以此作為後續促進產業發展、規劃機器人責任歸屬或保險等討論之開展基礎；另外也以促進產業發展觀點，訂定產品安全開發與布建之支持法源依據；挹注國家科研能量確保技術穩定；建置智慧機器人產業分類系統，依此

做為機器人產業統計基礎，為國家在機器人管理及政策提供相關數據。¹⁶⁸

為了確保使用協作機器人的人員安全，韓國在使用協作機器人之相關規範上，要求在安裝工業機器人系統需符合 KS B ISO10218-2¹⁶⁹，ISO10218-2 的標準。韓國亦有針對協作機器人安裝的工作場所的安全認證，依據韓國機器人產業振興院之告示以及由韓國機器人產業振興院所提出的《協作機器人安裝工作場所安全認證審查規定》(下稱審查規定)。

韓國職業安全健康標準規則第 223 條規定，雇主應採取必要措施，如安裝安全墊和高度 1.8 米以上的預防措施（考慮到機器人的運行範圍等，如果高度沒有危險，可以調整高度），以防止因機器人的操作（不包括根據第 222 條進行教學的機器人的操作）而對工人造成的傷害。但是，如果就業和勞工部長認為機器人的安全標準符合《工業標準化法》第 12 條規定的韓國工業標準或國際通行的安全標準，則不得根據本條採取行動。使用協作機器人並無圍欄將人與協作機器人與之區隔，因此在韓國職業安全健康標準規則第 223 條的前提下，在使用協作機器人前，需獲得安全認證，才可使用協作機器人。有關《協作機器人安裝工作場所安全認證審查規定》重要規定列舉如下：¹⁷⁰

1. 機器人系統停止功能(審查規定 5.3.8.1)

¹⁶⁸ 資策會科技法律研究所 (2020) 科技法制要聞：韓國人工智慧風險管理趨勢研析。取自 <https://stli.iii.org.tw/article-detail.aspx?no=55&tp=1&d=8530>

¹⁶⁹ 韓國標準 (KS) 是根據工業標準化法，由工業標準委員會審議確定並由韓國技術標準局公佈的國家標準，簡稱 KS。分類系統中機械事業部簡稱(B)。
<https://www.kpetro.or.kr/lay1/S1T156C349/contents.do>

¹⁷⁰ 韓國機器人使用者協會(한국로봇사용자협회)，《協作機器人安裝工作場所安全認證審查規定》(협동 로봇 설치 작업장 안전인증 심사규정)，取自
<https://korua.or.kr/%eb%a1%9c%eb%b4%87%ec%82%b0%ec%97%85-%ec%95%88%ec%a0%84%ec%9e%90%eb%a3%8c/>

- (1). 機器人系統配備保護性停止裝置。
- (2). 機器人系統配備單獨的緊急停止裝置。
- (3). 保護和緊急停止具有連接外部保護裝置的規定。

2. 保護區和限制區的設置(審查規定 5.4.2)

- (1). 保護區由周邊保護裝置建立，並根據保護區內機器和危險的位置和佈置來確定。
- (2). 機器人的限制區域是通過限制機器人、末端執行器、夾具和工作對象周圍的區域來設置的。
- (3). 限制區域位於保護區內。
- (4). 周邊屏障的安裝距離比限制區域更近，除非周邊防護裝置根據 5.4.3 設計為限制裝置。

3. 自動模式(審查規定 5.6.3)

- (1). 一般訊息：在自動模式下進入保護區時，會發生保護停止。
- (2). 自動模式的選擇
 - I. 選擇自動模式不能覆蓋保護停止或緊急停止狀態。
 - II. 自動模式的選擇/安裝只能在保護區之外進行。
 - III. 在自動模式下，轉換會產生一個停止信號。

4. 感應保護裝置用作存在檢測以防止啟動(審查規定 5.10.5.3)

- (1). 存在檢測保護用於防止啟動與其他安全措施結合使用
- (2). 存在檢測裝置被定位和配置為檢測檢測區域中的人或人的一部分。

(3).如有必要，提供輔助裝置，使檢測區域不被繞過。

5. 人工裝載、轉運或裝卸站（人工站）的安全防護(審查規定 5.10.6)

(1).概述

- I. 提供措施以確保操作員不會因無源零件處理站的操作而面臨額外的危險。
- II. 提供措施以防止操作員暴露於與應用相關的危險中。

(2).移動手動站的附加要求

- I. 採取措施防止操作者接觸手動位置操作帶來的危險。
- II. 移動台與包括保護措施在內的固定元件之間的距離不超過 120 毫米。

6. 暫停(審查規定 5.10.10.)

(1).暫停僅限於絕對必要的過程。

(2).暫停結束時，危險區域內不得留有未被發現的人員。

(3).如果停止條件正確，暫停功能會自動啟動或終止。

(4).暫停功能達到與被停止保護功能的安全性能相當的程度。

(5).暫停功能的性能水準不會對保護功能的性能水準產生不利影響。

(6).發生故障時，禁止後續停止功能，直到故障解決。

(7).暫停方式、描述、地點、區域和功能的描述包含在使用訊息中。

7. 協作區要求(審查規定 5.11.3)

- (1). 人類直接與機器人交互的合作工作空間被明確定義（例如地板標記、交通信號燈）。
 - (2). 機器人性能連同防護裝置的功能符合審查規定 5.2.2。
 - (3). 如果多人參與聯合操作，每個人都按照審查規定 5.2.2 的規定進行保護和控制。
 - (4). 協作工作空間可以輕鬆執行任務。
 - (5). 設備的位置不會造成額外的危險。
 - (6). 存在額外的保護措施，以防止在有 0.5 m 間隙的區域內掉入或被推入並暴露於危險中。
8. 自動操作與協同操作的轉換(審查規定 5.11.4)：確保從自動操作轉變為合作操作不會危及員工。
9. 5.11.5 在合作空間中操作
- (1). 概述
 - I. 選擇了協作機器人操作的適當安全特性。
 - II. 如果檢測到所選安全功能的故障，則根據 5.3.8.3 進行保護性停止。
 - III. 在檢測到故障的情況下，只有在從合作空間外部有意重新啟動後才能恢復自動運行。
10. 使用訊息(審查規定 7.7)
- (1). 概述
 - I. 使用訊息應包括安全和正確使用系統所需的訊息和說明，並應向用戶提供有關剩餘風險的訊息和警告。還應包括組件機器製造商提供的使用訊息。

- II. 應包括文件、符號、信號、符號或圖片等項目，為用戶提供與安全相關的重要訊息。
 - III. 使用訊息各部分的風格和內容應考慮到讀者的文化程度、技術理解、能力等，並以適合用戶的語言編寫，均應得到體現。
 - IV. 當有必要減輕危害時，訊息應包括：培訓要求、個人防護裝備要求、附加屏障或保護裝置的要求（ISO12100）
- (2). 使用指南(手冊)：該指南涵蓋運輸、組裝、安裝、初始操作、操作使用（啟動、關閉、設置、示教/編程、過程更改、操作、清潔、問題發現和維護），以及在適當情況下拆卸、拆卸、應描述與使用機器人系統相關的所有步驟。指導指南應包括與上下機器人相關的過程之間的接口（物理、機械、功能）。

(七)中國大陸

1. 機器人安全

中國機械安全源於中華人民共和國勞動法第 53 條，內容規定勞動安全衛生設施必須符合國家規定的標準。新建、改建、擴建工程的勞動安全衛生設施必須與主體工程同時設計、同時施工、同時投入生產和使用。

基於勞動法規定，1989 年 3 月發佈中國機器人安全標準 GB 11291-1989，並於 1990 年實施，其內容是參照日本標準 JIS B 8433：1986「工業機器人安全法則」制定。之後國際標準 ISO10218 已經發佈實施，中國即在 1994 年成立工作組對 1989 年版進行修訂，原國家技術監督局於 1997 年 9 月發佈，1998 年 4 月開始實施。此版本完全參照採用了 ISO10218：1992 的版本，在內容上有所增加，首次提出了安全分析和風險評價的概念以及機器人系統的安全設計和防護措

施。目前該標準仍在實施中，而目前最新的版本為 GB 11291.1-2011 及 GB 11291.2-2013，其等同於 ISO10218-1:2011 及 ISO10218-2:2011。

2. 協同機械人安全

中國目前沒有單獨為協同作業機器人研擬安全標準，對於協同作業機器人安全包含於 GB 11291.1 第 5.10 節及 GB 11291.2 第 5.11 節。

多數歐美國家、中國及韓國為 WTO 會員國，協同作業機器人是以前國際標準 ISO10218-1:2011 及 ISO10218-2:2011 的機器人安全要求事項為主。歐盟方面，協同作業機器人同樣也以 EN ISO10218-1:2011 及 EN ISO10218-2:2011 為規範，因未在機械指令 2006/42/EC 所規範的危險性機械範疇，無須向歐盟授權機構 Notified body 申請認證的機械種類實施型式驗證，但仍須確保工業用機器人符合相關安全衛生規定，確保提供相關技術檔案，正確完成符合性評估程序並黏貼 CE 標誌，才可在歐盟會員國進行流通販售。

相關 ISO 安全標準已與歐盟機械指令相調和，若產品符合 ISO 標準，則製造商得推定該產品也符合歐盟指令之要求，而不需再逐一檢視歐盟指令之列表。然而協同機器人系統是最新開發和引進的技術，也因此沒有足夠的時間來審議標準。協同作業工業機器人詳細的安全要求事項與技術規範持續在審議，此技術規範於 2016 年 2 月發布 ISO/TS15066:2016，美國也已於 2016 年年底發布 RIA TR15.606-2016 等同於 ISO/TS15066:2016。

第二節、我國人機協作對職業安全衛生影響之現況與問題分析

一、工業用機器人危害預防標準之修訂

我國有關企業應用人機協作的勞動相關法規，主要聚焦在職業安全方面。勞動部依職業安全衛生法第6條第3項規定之授權，訂定《工業用機器人危害預防標準規定》，起初僅對業者設置一般工業機器人的操作環境、適應環境、標示方法等事項訂定法規要求，其中，第21條規定機器人須有光學隔離或物理隔離，以防止勞工被機器人撞擊或夾傷。鑑於智慧科技發展趨勢及人口老化產生之就業人口遞減壓力，行政院積極推動各項方案，促使產業智慧化，其中工業用機器人之應用為發展重點，而人機共同作業之協同作業機器人為產業智慧化趨勢，也廣泛應用於我國半導體、印刷電路板、電子組裝、工具機及汽車等我國重點產業。¹⁷¹並且考慮到國際標準化組織（ISO）於規定工業機器人安全要求明定有ISO10218-1及ISO10218-2等標準，訂有協同操作機器人相關規範。美國、歐盟等先進國家及組織亦參考ISO標準，訂定工業機器人安全規範，我國也依據ISO標準，訂定了CNS14490-1B8013-1及CNS14490-2B8013-2等國家標準。

為因應自然人、機器人共同作業之趨勢及可能衍生之危害，僅依循過去傳統工業機器人的為危害預防標準顯無法因應新技術發展的現況。故勞動部於2018年修正《工業用機器人危害預防標準》，規定雇主若須進行人機協同作業，除機器人應符合CNS 14490系列或ISO10218系列等規定外，還須實施相關評估，製作7項安全評估報告，如流程、製程、管理計畫、選用符合安全規範的安全設備等，才可實行人機協作。此外，勞動部也要求廠方於試運轉或正式啟動

¹⁷¹ 參照《工業用機器人危害預防標準部分條文修正總說明（107.02.14修正）》

機器人時，須證明防護機制可被啟動，之後配合每週、每月的檢查報告表和其他緊急應變組織計畫，控管人機協同作業的安全性，目前臺灣已有許多企業在此預防標準下陸續實行人機協同作業。

有關新修正的《工業用機器人危害預防標準》，除在工業用機器人之定義增列「協同作業」及「協同作業空間」之定義¹⁷²之外。較重要的規定為第 21 條第 2 項規範雇主使用協同作業之機器人時，應符合國家標準 CNS14490 系列、國際標準 ISO10218 系列或與其同等標準之規定，並就下列七個事項實施評估，製作安全評估報告留存後，得不受前項規定之限制：

- 一、從事協同作業之機器人運作或製程簡介。
- 二、安全管理計畫。
- 三、安全驗證報告書或符合聲明書。
- 四、試運轉試驗安全程序書及報告書。
- 五、啟始起動安全程序書及報告書。
- 六、自動檢查計畫及執行紀錄表。
- 七、緊急應處置計畫。

同條第 3 項規定雇主使用協同作業之機器人，應於其設計變更時及至少每五年，重新評估前項資料，並記錄、保存相關報告等資料五年，以辨識協同作業機器人潛在危害，確保危害分析及現場狀況之一致。另考量機器人於安裝後，雇主對機器人之運作，應辨識、評估設置環境及作業危害，並採取控制措施，以防止職業災害，且係考量熟稔協同作業機器人製程之人員，具備維修、保養、檢測及

¹⁷² 工業用機器人危害預防標準規定，人機協同作業指使工作者與固定或移動操作之機器人，共同合作之作業；協同作業空間指使工作者與固定或移動操作之機器人，共同作業之安全防護特定範圍。

製程維護調整實施評估之能力一起參與。第4項責成雇主應組成評估小組實施，由下列五類人員組成：

一、工作場所負責人。

二、機器人之設計、製造或安裝之專業人員。但實施前項所定至少每五年之重新評估時，得由雇主指定熟稔協同作業機器人製程之人員擔任之。

三、依職業安全衛生管理辦法設置之職業安全衛生人員。

四、工作場所作業主管。

五、熟悉該場所作業之工作者。

除此之外，第23條原本僅有第一項針對工業用機器人系統，要求雇主對運轉中之機器人，應於可動範圍外可泛視機器人動作之位置設置監視人員，並禁止工作者任意進入機器人可動範圍內。對於人機協作的場域，協作機器人因其內建之安全裝置與設計，機器人可與相關作業人員於協同作業空間共同作業，而不須有防護隔離之設置¹⁷³，惟考量協同作業以外之工作者不熟悉該作業空間及相關作業，任意進入易發生危害，因此新增第二項：雇主應禁止非協同作業之相關工作者，進入協同作業空間，以避免人員誤入，致發生職業災害。

¹⁷³ 參考工業用機器人危害預防標準第21條第1項：雇主於機器人可動範圍之外側，依下列規定設置圍柵或護圍：

一、出入口以外之處所，應使工作者不易進入可動範圍內。

二、設置之出入口應標示並告知工作者於運轉中禁止進入，並應採取下列措施之一：

(一) 出入口設置光電式安全裝置、安全墊或其他具同等功能之裝置。

(二) 在出入口設置門扉或張設支柱穩定、從其四周容易識別之繩索、鏈條等，且於開啟門扉或繩索、鏈條脫開時，其緊急停止裝置應具有可立即發生動作之機能。

二、我國現況與可能產生之問題

面臨少子化、高齡化的臺灣無可避免的需要借助機器人的幫忙。在製造業的使用密度（每百萬員工設置臺數）也是世界第八大，高於世界平均值。但是協作機器人若要更為普及，尤其是讓更多中小企業或服務業使用，首先必須要培養多一點的系統整合技術人員才能因應人機協作趨勢及可能引發的職場危害。¹⁷⁴目前職業安全衛生法已經將確保作業安全的責任大幅的由雇主轉而要求機械設備的供應者。國際標準 ISO12100 也將降低機械設備風險的要求置於製造者（設計者）。由製造者於設計階段進行風險評估，並依其結果藉由本質安全設計方策將風險降至可接受的程度，同時透過安全相關資訊的提供，讓使用者可以採取適當的措施以降低殘餘風險。

為實現人機協同作業，必須在不損及安全的情況下撤掉圍籬。國際標準組織還訂定了 ISO/TS15066，對協作機器人做了技術上的規範(TS：Technical Specification)。¹⁷⁵我國也於 2018 年修訂《工業用機器人危害預防標準》以及公告《協同作業機器人作業安全評估要點》，以規範雇主使用協作機器人的安全措施。不過即使協作機器人的功能除了為企業帶來效率，也大幅度地將低了許多勞動者工作的負荷，進而減少工作帶來的傷害，且政府訂定了詳盡的機器設計上或操作上的安全規範。然工廠自動化卻也可能帶來負面效應，例如人力需求降低，現場人員缺乏同儕互動、關係虛擬化、失去人際支持等問題會被特別凸顯，也因為單一的作業環境而衍生壓力方面問題需要注意。再者，由於人力減少之影響，人為操作失誤，無論是私自繞過安全程序或是系統故障失效、訊息處理粗疏等作法，都可能造成更為嚴重的危害。¹⁷⁶

¹⁷⁴ 許宏德 (2021)，人機協作對於職場安全的影響及挑戰，臺灣勞工季刊，65 期，頁 22-23。

¹⁷⁵ 許宏德 (2021)，人機協作對於職場安全的影響及挑戰，臺灣勞工季刊，65 期，頁 19。

¹⁷⁶ 臺灣公共行政與公共事務系所聯合會年會暨國際學術研討會-「產業轉型工業 4.0 論壇」新聞稿

對於協作型機器人而言，其速度和精度受限，因此製造業者導入協作型機器人普遍第一個浮現的問題便是其速度與精度無法滿足業者需求，這對於講求生產效率與組裝品質的工廠來說無疑是一個令人棘手的問題。以現行協作型機器人來說，人與機器手臂的接觸要在 150 牛頓(N)的作用力以上才得以使機器手臂認知產生「碰撞」而停機，但在 ISO/TS15066 規範中透過人體測試明列出 29 個人體最脆弱的地方所可承受的最大力道，基本上 110N 的作用力就已可讓少數人體部位覺得疼痛。雖然部分業者採取降低內建受力感測上限的做法避免意外，但此舉也間接造成協作型機器人在運行時，容易因敏感的受力衝擊而時常停擺。總之，協作型機器人雖然訴求安全，但總歸此安全性仍必須建立在慢速作業的條件下。對於往往希望能提高生產效率的製造業者來說，協作型機器人的速度恐成為目前尚未導入的業者所衡量的最主要因素，但其在降低對人力的依賴仍產生正面效益，像是目前協作型機器人已被大量運用如上下料、棧板堆疊等內容重複性高的應用。¹⁷⁷

人機協作對職業安全衛生造成的影響是一種機會，可以有機會使工作者可以脫離不是和人從事的工作或作業。使人機協作的加入提高了工作的質與量，相對的，配合人機協作使得工作者人力技術的增強，有了多樣化的工作機會。而且因應人機協作，增加職業安全衛生的各項教育訓練機會，也因為人機協作的引進，企業可以好好地監控工作者的安全和健康狀況，同時針對職業安全衛生重點做有效的預防，檢查機器人的效能和合規性。至於實務上我國勞工在企業導入人機協作後，實際上產生何種影響？職業災害預防之效果是否因此提升？而我國企業對於《工業用機器人危害預防標準》規範雇

¹⁷⁷ 廖家宜(2019)。安全與速度難兩全 協作機器人三大癥結浮現仍有待解答。DIGITIMES，智慧應用。取

自：https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&cat1=20&cat2=10&id=0000562909_9O6LDTUCLY283ALFCB5I6

主使用協作機器人的安全措施，實施情形如何，以及在施行上通常會遇到甚麼困難?上述問題，透過後續的個案企業訪談、問卷調查，都將進一步地獲得了解。

三、個案企業研究結果分析

(一)盈錫精密工業股份有限公司

對盈錫精密工業股份有限公司實施之正式訪談共兩次，第一次對象包括副總經理、人資主管、智慧製造顧問（以下簡稱「管理人員」），第二次對象是該公司員工，以下是訪談內容分析。

1. 協作機器人安全裝置、安全措施與操作程序

受訪的管理人員與員工都表示，使用的協作機器人均已內建安全裝置，操作場域也有措施與程序。

目前所使用的協作機器人內建之安全裝置有碰觸到機器人，其會自動停止動作，另外，協作機器人的速度可以調整.....，降低員工操作上的安全疑慮。在每個生產單元.....都會加裝外部的防護閘門，打開閘門系統即會偵測到人員進入而停止動作；由於員工的任務主要是物料移動或區域巡檢，代表員工大多時候都是在作業區域外面執行任務而與協作機器人的接觸較少，故安全疑慮較小。（盈錫，受訪管理人員）

.....機械手臂在作業區外都裝設了護欄，人員基本上無法進入手臂動作範圍內。若人員打開護欄，機械手臂就會立即停止，因此不認為有危險之處。（盈錫，受訪員工）

由於協作機器人均已內建安全裝置，操作場域也有措施與程序，致使人員無安全疑慮。

2. 「工業用機器人危害預防標準」的可操作性及適用性

受訪的管理人員表示，現行「工業用機器人危害預防標準」在操作上並無窒礙難行之處，其中 7 項安全評估報告使用起來也符合

需求。簡言之，「工業用機器人危害預防標準」具有可操作性且適用性無虞。不過，管理人員也有些建議。

政府「工業用機器人危害預防標準」的7項安全評估報告指引操作上沒有遇到窒礙難行的情形，只是目前對於安全項目沒有具體明確的規定，例如負載、移動速度或安全距離沒有明確的數字限制。（盈錫，受訪管理人員）

針對上述建議，職安署莊技正在 111 年 12 月 28 日的「專家學者諮詢會議」作了回應：「事實上現行工業用機器人危害預防標準是根據國家標準及 ISO 的規定而訂定，上面對於機器人的功率速度皆有規定。至於廠商所採用的機器人是否符合這些規定就未可知，也許廠商不清楚所購買的機器人是否通過相關的安全檢驗。」

3. 導入人機協作模式對勞工職業災害之影響

在回答「導入協作機器人後，員工的工作內容與型態有何改變」的問題時，接受訪談的管理人員與員工均表示，導入人機協作工作模式之後，工作內容與型態確實有改變，隨之影響勞工的安全與健康。

導入人機協作基本上是為了讓員工從純勞動力的工作解除，不但能降低職業傷害發生的可能性，也能避免重複性高的工作所產生的工作疲勞。……未導入協作機器人前，人員需要在工具機之間取放物料、半成品，站立時間較長（工作時間8小時），現在員工轉變成監督多台機器，不需要長時間站立。（盈錫，受訪管理人員）

協作機器人基本上就是替勞工省去上下料的動作，將原料放進工具機裡加工，再拿半成品進入下一個工作機加工。原本這些作業需由人員自己做，……工作負荷的轉變上，……減輕了勞力工作，不致出現長期姿勢或動作而有肌肉骨骼傷害的情形。（盈錫，受訪員工）

總之，管理人員與員工都認為，導入人機協作能夠避免勞工因操作重複性高的工作所導致的人因性傷害，如疲勞造成的肌肉骨骼

傷害，這是正面的影響。不過，管理人員與員工所描述的狀況似乎指涉工作的替代（replacement）或人機合作（cooperation），並非人機協作（collaboration）。

對於導入人機協作工作模式之後，究竟增加或減少了哪些職業傷病，管理人員根據觀察推測，最有可能減少的職業傷害是「手與腕病變」、「砸傷」、「絆倒」。

原本上下料或工件拾取，員工需要積極使用手與腕，長期動作可能出現的傷害例如肌腱炎，透過將任務轉交協作機器人可以減少手與腕可能發生的病變。加上未來工廠對於原料的搬運會引入 AGV，減少搬運所可能產生的職業災害，例如被物料砸傷或被物料絆倒。（盈錫，受訪管理人員）

4. 導入人機協作模式對勞工的心理影響、工作壓力及因應方式

首先，受訪的管理人員與員工都表示，導入人機協作模式確實會對員工增添心理負擔，並帶來工作壓力。

導入人機協作工作模式後，若在生產過程產生一些小錯誤所導致的異常狀況，對員工造成的心理負擔或影響較導入前大。原因可能在於協作機器人的設定與操作，由於價值高昂，員工為了避免損壞或過程出錯，需要付出更大程度的細心與謹慎，所以員工進行任何步驟都需要投入高度的專注力，如此可能對員工會產生一些工作壓力。（盈錫，受訪管理人員）

.....工作壓力在過程是有增加的，因為人員現在必須確保配有協作機器人的生產單元，其生產流程順暢，對於操作介面必須熟悉，也必須具備基礎的障礙排除能力，甚至對成品的品質也需要有一定掌控。（盈錫，受訪員工）

受訪的管理人員分析勞工心理負擔與壓力的來源主要是必須細心、謹慎，提高專注力，以免損壞昂貴的設備；受訪員工的感覺大致類似，人機協作會擴大勞工在工作中的關照面，這種心理負擔提高了工作壓力。

其次，受訪的管理人員與員工都表示，人機協作工作模式會減少員工互動，但不會增加疏離感。

人機協作模式導入後，生產線上人員之間的距離較遠，且員工需要投入較多專注力，較少有機會在工作中與同事互動，但同時因為重複性工作轉交由協作機器人執行，員工在確保生產流程順暢之餘，有彈性時間還可以協助同事，公司藉此減少同事之間的疏離感。（盈錫，受訪管理人員）

人機協作的工作模式導入之後，因為生產單元彼此間有一段距離，一個人可能需要控管好幾組這樣的生產單元。同一空間的人員數量變少，彼此間的距離也增加很多，比較沒有機會在工作時間交談，但即便如此也不會造成明顯的人際疏離感。（盈錫，受訪員工）

受訪的管理人員與員工都表示，為因應人機協作工作模式可能產生的員工之間的互動減少及疏離感，公司與福委會採取的因應方式包括：經常安排教育訓練與團康活動、舉辦聚餐、國內外旅遊等。

最後，在心理層面，受訪員工還提到工作滿意度的面向。

就個人來說，生產過程能夠順暢是比較重要的，尤其是當作業員自己能習得障礙排除、維修的能力，在工作表現上自然會有正向的回饋，進而提升工作滿意度。……會持續感覺到協作機器人對工作生活影響很大是因為還不習慣，又或者勞工本身抗拒學習，以致在工作表現尚無法突破，工作滿意度自然就沒有辦法隨之提升。（盈錫，受訪員工）

人機協作模式究竟會提高或降低勞工的工作滿意度？有經驗的勞工之看法是「因人而異」，也就是端賴勞工本人如何看待這種工作模式，以及願不願意調適心態。

（二）本土股份有限公司

對本土股份有限公司實施之正式訪談共兩次，第一次對象是人資主管（以下簡稱「管理人員」），第二次對象是該公司員工，以下是訪談內容之分析。

1. 協作機器人安全裝置、安全措施與操作程序

受訪的管理人員表示，協作機器人本身有內建安全設定，但使用之初並未設置安全護欄以區隔操作員與機器人。

由於協作機器人的產線並沒有安全護欄區隔操作員與機器人，人員與機械手臂有可能發生碰觸、碰撞情形，導入協作機器人至今有兩起協作機器人與員工碰撞的事件，但協作機器人本身有內建的安全設定，其速度與功率有最高限制，並不會對人體造成太大的傷害。公司對此事件評估後，為了避免類似意外再次發生，在協作機器人上加裝感應器，增加協作機器人的靈敏度。（本土，受訪管理人員）

在缺乏安全護欄的情況下，發生了兩起碰撞事故，不過並不嚴重，公司在整體評估之後，並未設置護欄，只是在協作機器人上加裝了感應器，增加其靈敏度。

2. 「工業用機器人危害預防標準」的可操作性及適用性

受訪的管理人員認為，公司在導入協作機器人的過程中，現行的「工業用機器人危害預防標準」並無窒礙難行之處。不過，對於其中 7 項安全評估報告的適用性提出了建議。

現行「工業用機器人危害預防標準」針對機械手臂規定較為模糊，期望未來政府可以針對規定協作機器人詳細具體的相關要求，像是對於機器與人員作業重疊部分自動偵測人員在旁邊而做出停止或降速的安全設定。（本土，受訪管理人員）

顯然，管理人員希望相關規定能夠「詳細具體」，在遵循上也相對輕鬆。

3. 導入人機協作模式對勞工職業災害之影響

受訪的管理人員與員工都認為，導入人機協作模式之後，員工的工作內容與型態的確有些改變。

.....原本一人管理 2 台生產單元(工作母機)，目前轉變為一人管理 3 台生產單元(包含協作機器人、工作母機)，未來一個人管理 6、7 台生產單元(包含協作機器人、工作母機)。與導入之前相比，.....繁重、危險性質的工作都減少許多。(本土，受訪管理人員)

對於員工來說，原本的工作內容會有所改變，需要學習原本沒有具備的技術，會對員工產生不同於以往的工作負荷。(本土，受訪員工)

員工的工作內容與型態的改變，有些職業傷害也因之減少，尤其是肌肉損傷、手與腕病變。

重複性工作或裝載工作交由協作機器人執行後，原本長期上下物料所帶來的肌肉損傷發生機率會降低，因為大部分人力的工作，須積極地使用上肢及肩膀等部位，故在重複性的手工作業型態中，手與腕的病變最為盛行，例如常見的傷害如肌腱炎、扳機指等傷害。(本土，受訪管理人員)

4. 導入人機協作模式對勞工的心理影響、工作壓力及因應方式

任何一家公司在導入新工作模式或調整既有工作模式，針對員工實施相關訓練實屬必然，根據受訪管理人員與員工的經驗及觀察，導入人機協作模式亦是如此。

由於員工對於協作機器人皆沒有足夠的專業知識，故公司會開設相關專業訓練的課程例如協作機器人操作模式、障礙排除等。(本土，受訪管理人員)

公司導入人機協作模式後，協作機器人的操作對於員工是一項新技術，故需要花時間與精力去學習。(本土，受訪員工)

儘管導入人機協作模式會增加員工一些專業性訓練，但是對心理的負面影響並不顯著，充其量會有些「抱怨」，甚至會因使用機器人減少疲勞而在心理上產生正面影響。

人機協作工作模式對於招募本國籍員工有加分效果，因為廠房工作大都是由人力執行上下材料的動作，長期下來對於勞工造成一定的損傷，

也會對工作產生疲乏感，因此當導入協作機器人後，員工較不會出現疲乏感而降低士氣。（本土，受訪管理人員）

.....由於員工一人管顧的機台變多，導致有員工抱怨過此情況；然而因為不用人力長期上下料，員工也相對有較多閒暇時間，在總工作時間不變的情況下，能彈性安排工作的空檔。（本土，受訪員工）

最後，從以上受訪管理人員與員工的描述可知，他們對人機協作的理解似乎停留在機器人替代勞工或人機合作的模式。

(三)友達光電股份有限公司

對友達光電股份有限公司實施之正式訪談只有一次，對象是自動化開發部經理及副理（以下簡稱「管理人員」），以下是訪談內容之分析。

1. 協作機器人安全裝置、安全措施與操作程序

受訪的管理人員表示，該公司導入的協作型機械手臂大多是輕量化的，會依工業型機械手臂的要求做安全規劃；在工作環境上，也會因場域不同建置不同的安全設施。

生產線上即使使用的是輕量協作型機器手臂，仍會依照工業型機械手臂的要求做安全規劃，例如：加裝圍籬或安全防護偵測，也會依照場域不同做出不同安全防護，例如電子圍籬、人工皮膚、影像辨識系統等。（友達，受訪管理人員）

從發那科（FANUC）購入的小型工業機器人，經過加裝公司研發的人工皮膚，只要員工一碰觸到皮膚感應器機器人就會停下動作，並且降低其運轉功率.....。機械手臂還加裝了攝影機，主要功能在透過影像辨識系統，機械手臂可以只透過二維條碼作出 3D 定位。（友達，受訪管理人員）

2. 「工業用機器人危害預防標準」的可操作性及適用性

受訪的管理人員表示，「工業用機器人危害預防標準」的可操作性及適用性都沒有問題。

現行的「工業用機器人危害預防標準」在公司導入協作機器人的過程中，沒有窒礙難行之處。對於……7 項安全評估報告公司都會按規定處理，沒有窒礙難行之處。（友達，受訪管理人員）

3. 導入人機協作模式對勞工職業災害之影響

受訪的管理人員表示，導入人機協作模式不影響職業災害的發生；他們傳達的訊息是，影響職災發生率的並不是協作機器人的導入與否，而是端賴企業平時對工作安全的重視程度。

公司一直以來對於工作安全方面的重視，職業災害的發生一直是趨近於零。協作機器人的導入不會對於現況有太大的影響。（友達，受訪管理人員）

導入協作機器人後，員工的工作環境並沒有沒有明顯改變，協作機器人本身對於員工的職場安全性與生產動線的順暢有幫助。（友達，受訪管理人員）

尤其是受訪的管理人員強調，導入人機協作模式不但不會對職業安全衛生有負面影響，反而會減少某些職業傷病。

引進協作機器人後工作變得比較不費體力，公司希望他們可以嘗試從事其他更具價值的工作。（友達，受訪管理人員）

協作機器人也會出現在光阻自動補給系統的作業中：利用自主移動機器人(AMR)協助打開(桶蓋)放置危險化學物質的容器與放入抽取工具，最後再搬運容器，藉此避免員工接觸到危險化學物質(去光阻液)。（友達，受訪管理人員）

……導入人機協作工作模式降低了對於眼睛疲勞的產生，特別是在瑕疵檢測的過程……。另外，由於半導體工業於製程中使用多種之化學溶劑及毒性氣體，公司導入協作機器人後，減少員工與有害物質的接觸，故化學傷害機率也降低。在光阻更換作業中以 AGV 車配合機械手臂(UR ROBOT)進行光阻更換，減低抬舉光阻桶及手部扭轉桶蓋，所造成之肌肉傷害。（友達，受訪管理人員）

受訪企業主要產品為光電材料、元件以及其他電子零組件，製程中會使用多種化學溶劑及毒性氣體，導入協作機器人後，可避免員工接觸這些物質，降低職業病風險。此外，還可能減少眼睛疲勞、肌肉傷害等職業傷病。

4. 導入人機協作模式對勞工的心理影響、工作壓力及因應方式

針對導入人機協作模式是否對員工心理有影響，根據受訪的管理人員觀察，在導入過程中，員工會感覺不安。

公司導入協作機器人時，員工的反應只有在剛開始的時候有擔心工作被取代的不安感，但後續透過部門經理對各部門經過 1~2 年溝通與磨合，……使其充分瞭解協作機器人的運作模式與公司除了原廠的安全設置，還加設的其他安全防護以及宣導導入協作機器人不會取代員工的工作，故目前員工適應都步入正軌。（友達，受訪管理人員）

從受訪管理人員的描述可知，初期員工內心的不安來自兩方面：一是怕工作被取代，二是擔心與機器人協作時的安全。在瞭解人機協作模式與安全裝置之後，疑慮逐漸化解。

受訪的管理人員還表示，導入人機協作模式並不會增加員工的工作壓力，也不至於造成員工間的疏離感。

兩個原因使公司員工不會產生額外的的工作壓力，第一個原因是機器人技術不斷進化，操作上越來越人性化……，導致員工即使面對新的工作模式，也能短時間就適應；第二個原因是公司工作流程的設計與人力設計的規劃較分工明確，故較少出現員工一人身兼數職的情形，……也較少出現額外的的工作壓力。（友達，受訪管理人員）

人機協作工作模式對於勞工的心理方面，不論是員工互動減少或疏離感沒有造成影響，主因是公司在半導體製造大多在無塵室作業，故員工互動原本就少。另外，大多透過系統傳遞消息而不是員工互動或口語相傳資訊。（友達，受訪管理人員）

根據受訪管理人員說法，員工不會有額外工作壓力的原因有二：一是機器人改進得愈來愈人性化，二是工作流程與人力配置規劃妥善。至於員工之間不會產生疏離感，其原因與個案公司係製造半導體有關，員工大多在無塵室作業，原本互動就少，交流方式也多靠系統而非交談，因此看不出員工間的關係會因導入人機協作模式而有明顯變化。

(四)群創光電股份有限公司

對群創光電股份有限公司實施之正式訪談只有一次，對象是資深副理、總處長（以下簡稱「管理人員」），以下是訪談內容之分析。

1. 協作機器人安全裝置、安全措施與操作程序

受訪的管理人員表示，公司對協作機器人經過三階段評估後，建置安全防護設施。

針對機器人的安全性，公司設定安全評估分為三個階段，第一是由設計人員進行評估，判斷可能出現的危害，第二階段是由維修人員進行評估。第三階段則是危險物質的評估。安全防護費用上大約占了10%~20%的費用。（群創，受訪管理人員）

根據安全評估的結果建置安全防護設施是極為正確的途徑，也顯示出個案公司對安全衛生的重視。

2. 「工業用機器人危害預防標準」的可操作性及適用性

受訪的管理人員表示，在導入協作機器人的過程中，遵循現行的「工業用機器人危害預防標準」並無窒礙難行之處，而且應用其中 7 項安全評估報告亦是如此。換言之，「工業用機器人危害預防標準」的可操作性及適用性都沒有問題。

受訪者還補充說明，該公司適用 7 項安全評估報告無困難的原因是採用了更高的標準，例如加裝原本不需要的安全防護或擴大原本需要的安全距離，展現的是一種「料敵從寬」的態度。

……原因是為了符合地方政府對於職業安全衛生所作的評估，公司採用的是適用傳統型機器人的危害預防標準。（群創，受訪管理人員）

採用更高規格的預防標準雖然使員工的安全受到保障，然而協作機器人使用的場域，係針對傳統工業型機器人的安全模式而需要加裝原本不需要的安全防護或是安全距離，導致協作機器人原本使用情境較靈活且占地空間小的優勢被捨棄。（群創，受訪管理人員）

3. 導入人機協作模式對勞工職業災害之影響

受訪的管理人員表示，導入協作機器人後，員工的工作環境沒什麼改變，原因是人機協作模式是鑲嵌入既有的自動化環境。因此，導入協作機器人對職災沒有影響。

導入協作機器人後，員工的工作環境沒有過多改變。這是因為公司在早期就開始進行自動化，現在設的工廠生產環境就是以自動化作為基礎而建造，而協作機器人只是自動化的一部分……。（群創，受訪管理人員）

導入人機協作工作模式對於公司職業災害沒有影響。（群創，受訪管理人員）

4. 導入人機協作模式對勞工的心理影響、工作壓力及因應方式

根據受訪的管理人員觀察，導入人機協作模式對員工心理沒有負面影響、不會增加工作壓力，也不至於造成員工間的疏離感。

人機協作工作模式對於勞工心理沒有產生負面影響，可能原因有兩個。第一是公司使用協作機器人的半導體範疇需要在無塵室製造，而無塵室空間的員工人數本來就不多，相對地員工間互動頻率不高……。另外，公司屬於高科技產業，……員工在工作期間沒有太多閒暇機會，

交流的機會本來就比較少，因此導入協作機器人是否造成人際之間的疏離感，應該沒有太多影響。（群創，受訪管理人員）

由於協作機器人的人性化的操作介面，教育訓練的時間不長。工作壓力的部分沒有辦法得知，設想協作機器人是幫助員工生產過程變得更輕鬆，而生產作業有出現異常或是需要障礙排除也都有專人處理，這點對於基層人員應未造成問題。（群創，受訪管理人員）

員工之間不會產生疏離感的原因與個案公司係製造半導體有關，員工大多在無塵室作業，工作中互動與交流本來就少，因此看不出員工間的關係會因導入人機協作模式而有明顯變化。至於不會增加工作壓力的原因，得利於協作機器人的人性化以及有專人排除故障。

事實上，從受訪管理人員說明使用協作機器人的好處可知，人機協作有助於員工減輕工作壓力。

使用協作機器人進行人機協作的有兩個好處，第一個是原本無塵室作業空間不適合人員進入工作，因為在此空間作業需要全程穿戴防塵衣，造成人員悶熱不舒服，而且搬運晶圓也需要全程謹慎，發生一個失誤可能會導致龐大的損失，人員心理壓力也較大。（群創，受訪管理人員）

四、問卷調查結果分析

（一）協作機器人安全裝置、安全措施與操作程序

在詢問企業所引進的協作機器人本身內建的安全裝置為何，扣除掉 14 名表示不知道或拒答者。問卷結果顯示「安全額定監控停止」最多，占 61.2%。其次是「速度及分隔距離的監控」（約占 20.4%）。另外，本題項選擇了不知道/拒答的樣本數占 13.6%，一方面可能顯示企業引進協作機器人時對於其基本的安全設定不甚了解；一方面亦有可能是受訪者本身工作的部門不涉及職業安全衛生，對此情形並不熟悉所致。（見表 5-5）

表 5-5 協作機器人的內建安全裝置(複選題)

選項	回答次數	觀察值百分比
安全額定監控停止	63	61.2%
速度及分隔距離的監控	21	20.4%
動力和力量的限制	8	7.8%
手動引導系統	8	7.8%
不知道/拒答	14	13.6%

詢問企業針對協作機器人有否有設置外部的安全措施，大多數企業皆表示有設置外部安全措施，占全體 85.4%(見表 5-6)。進一步詢問設置的外部安全措施，企業選擇的以「圍柵或護圍」最多，占 80.7%；其次為「光電式安全裝置(光柵)」，占 58%；再者為加裝「安全墊」，占 25% (見表 5-7)。此結果顯示，即使協作機器人本身已有內建的安全裝置，多數企業仍將之與傳統工業機器人等同處理，並以人員安全為優先考量，額外加裝圍柵或護欄。這也顯示協作機器人的應用多屬於人員機器手臂分開進行作業的協作模式，而非高度緊密合作的協作模式。一般工廠的機器或設備運轉時通常在有人員接近機器可動範圍時，可使裝置緊急停止或立即動作。

表 5-6 協作機器人的外部安全措施

選項	家數	有效百分比
有設置外部安全措施	88	85.4%
無設置外部的安全措施	15	14.6%

表 5-7 協作機器人的外部安全措施(複選題)

選項	回答次數	觀察值百分比
圍柵或護圍	71	80.7%
光電式安全裝置(光柵)	51	58%
安全墊	22	25%
安全皮膚	15	17%
極限開關	2	2.3%

(二)「工業用機器人危害預防標準」的可操作性及適用性

詢問企業職業安全衛生署訂定的現行「工業用機器人危害預防標準」規定，在導入協作機器人的過程中是否有遵守上的困難。有97.1%的企業回答沒有窒礙難行之處(見表 5-8)；僅有3家企業回答有窒礙難行之處。分別選擇「文書作業流程過於繁瑣」、「設計或生產配置作些微變更時也需要重新評估七項安全評估報告，造成麻煩」、「缺乏具體的安全項目規定(如設定速度與功率的數值上限)」等原因。

表 5-8 「工業用機器人危害預防標準」規定窒礙難行之處

選項	家數	百分比
無窒礙難行之處	100	97.1%
有窒礙難行之處	3	2.9%

現行「工業用機器人危害預防標準」中規定，雇主使用協作機器人時應製作七項安全評估報告，本研究因此詢問企業：此評估報告於導入協作機器人的過程是否發揮了指引效果。問卷結果顯示，過半數（52.4%）企業認為七項安全評估報告對公司發揮了指引效果，但亦有 47.6%的企業認為安全評估報告沒有產生指引效果。解釋上，該七項安全評估報告是針對企業使用協同作業之機器人，具體而言是指企業若使勞工與固定或移動操作之機器人，執行共同合作之作業時有製作評估報告，即可不受《工業用機器人危害預防標準》中關於雇主於機器人可動範圍之外側，必須依規定設置圍柵或護圍之規定。但從上題項的調查結果顯示，有八成的企業在使用協作機器人亦會加裝外部的安全裝置，而無須製作七項安全評估報告。故問卷中直接詢問企業該評估報告是否具有指引效果，依其回答有近半數表示不具有指引效果，未必反映真實情形。(見表 5-9)

表 5-9 七項安全評估報告對於公司的指引效果

選項	家數	有效百分比
是	54	52.4%
否	49	47.6%
總計	103	100%

(三)導入人機協作模式對勞工職業災害之影響

職業災害與勞工之工作環境與工作內容有密切關連，由於與勞工之工作環境工作內容已經於第三章第二節著墨，故只針對問卷調查中職業災害的發現加以描述並分析。

詢問企業導入人機協作工作模式對職業災害的影響，根據問卷調查結果，有 64 家企業（占 62.1%）認為導入人機協作使職業災害的發生減少；部分企業認為職業災害的增減沒有變化，占 35%；僅有 3 家企業（占 2.9%）回答職業災害增加。（見表 5-10）

表 5-10 人機協作工作模式對職業災害的影響

選項	家數	有效百分比
減少職業災害	64	62.1%
沒有變化	37	35%
增加職業災害	3	2.9%
總計	104	100%

上述結果顯示，絕大多數企業導入人機協作工作模式減少了職業災害，僅有極少數企業的職業災害增加，也可看成是特例。詢問是增加或減少的職業災害種類，企業表示減少的職業災害以「人因性危害」最多，占 46.9%(見表 5-11)。這項發現與前述工作內容改變的發現相符，也就是協作機器人在生產上的主要功能是減輕員工的作業負擔、擺脫消耗體力及重複單調的工作內容，避免了因姿勢不良、過度施力及作業頻率過高等促發的肌肉骨骼病變。此外，由於

協作機器人的安全性較傳統工業型機器人高，因此有 43.8%的企業認為夾傷的次數減少，當然這也可能與大多數企業在使用協作機器人時，會在外部加裝安全裝置，使得員工碰觸機器的可能性低，減少直接來自機器的夾傷、撞傷、壓傷等物理性的傷害。

表 5-11 人機協作工作模式減少的職業災害(複選題)

選項	回答次數	觀察值百分比
職業疾病	33	
人因性危害	30	46.9%
物理性危害	2	3.1%
化學性危害	1	1.6%
職業傷害	73	
夾傷	28	43.8%
撞傷	18	28.1%
壓傷	15	23.4%
燒傷	9	14.1%
割傷	3	4.7%

(四)導入人機協作模式對勞工的心理影響、工作壓力及因應方式

問及導入人機協作模式對勞工的心理影響，有 95 家企業（占 92.2%）表示沒有負面心理影響，僅有 8 家認為會對勞工心理產生負面影響(見表 5-12)。至於會產生哪種負面影響，回答最多的選項是「擔心將來工作被取代」，占 62.5%；其次是「科技/數位能力不足」，占 37.5%(見表 5-13)。對於「員工之間彼此疏離」的選項並無企業選擇，這一方面顯示傳統研究認為的自動化與疏離感關連性，或許在人機協作模式上較不明顯；另一方面，涉及勞工心理方面的問題，直接詢問勞工應會更精確且更有參考價值。

表 5-12 人機協作工作模式是否對勞工的心理造成負面影響

選項	家數	有效百分比
否	95	92.2%
是	8	7.8%
總計	103	100%

表 5-13 人機協作工作模式對勞工的心理負面影響(複選題)

選項	回答次數	觀察值百分比
擔心將來工作被取代	5	62.5%
科技、數位能力不足	3	37.5%
機器手臂噪音對員工來說多一個負擔	2	25.0%

五、專家諮詢座談會重點意見彙整

為徵詢專家對本研究以及人機協作涉及職業安全的意見與建議，研究團隊於民國 111 年 12 月 28 日，針對本章之主題將會議主題定為「人機協作之導入對企業職業安全衛生措施之影響與因應」，受邀出席專家來自政府、學界、協作機器人製造與使用廠商代表共 8 人（專家名單及單位職稱如表 5-14）。

表 5-14 專家諮詢座談會專家名單及單位職稱（依姓名筆畫序）

服務單位	姓名	職稱
長榮大學職業安全與衛生系	李永輝	教授
長榮大學職業安全與衛生系	莊侑哲	副教授
勞動部職業安全衛生署	莊昊翰	技正
中正大學勞工關係學系	許繼峰	教授(退休)
達明機器人股份有限公司	蕭鼎亞	資深工程師
財團法人精密機械研究發展中心	蕭仁忠	技術總監
原見精機股份有限公司	蘇瑞堯	董事長
台達電子工業股份有限公司	鐘文敬	資深課長

在本次專家諮詢會議中，研究團隊提供前述的企業個案訪談以及問卷調查歸納結果，供專家做為討論基礎，並提出以下三個討論議題做為本次會議的討論的內容：

1. 針對本案初步結論及建議，對於個案企業訪談與問卷調查結果之解釋是否妥適，與會專家學者有無其他補充意見？
2. 目前我國產業引進協作機器人的情形尚不普遍，若預期未來人機協作將持續發展，政府在勞工的職業安全衛生保障方面需要注意什麼？
3. 目前工業用機器人危害預防標準第 21 條第 2 項規定，雇主使用協同作業之機器人時，應符合國家標準 CNS 14490 系列、國際標準 ISO 10218 系列或與其同等標準之規定，並就相關事項實施評估，製作安全評估報告留存。ISO/TS 15066 作為 ISO 10218 系列的補充標準，是否能給予企業更具體的指引而有納入現行法規的必要？

茲依照座談會討論題目順序，彙整與會專家學者意見與建議如下。

1. 本研究問卷調查的對象是事業單位負責人雇主而非實際進行生產與機器操作的勞工，其結果可能影響研究效度。因職業傷害方面的影響詢問勞工應更能貼近現實情形，本研究較缺乏對直接勞工的調查與觀察應是一項研究限制。另外，從本研究的問卷調查所蒐集的結果可發現，企業負責人並不一定瞭解何謂協作機器人或人機協作模式。因此界定人機協作至關重要，界定之後才能進一步了解人與機器互動存在不同樣態，因而有不同的安全風險以及設置安全防護裝置之需求。故建議將人機協作視為一種人與機器的互動光譜，依照人與機器生產作業之互動方式，將人機協作的程度再做分類以利分析。

2. 從與會專家的實務觀察，導入協作機器人的企業較少建立實質人機協作的工作場域，多半會額外加裝安全柵欄或感測裝置，這些觀察與本研究調查結果相同。目前業界所導入的人機協作模式仍透過隔柵間隔勞工與機器，主要目的是符合作業安全規定，因此業界普遍尚未建立人員與機器緊密協作的工作模式。未來若產業開始發展協作程度較高的人機協作，勢必需要讓機器減速或有設置安全防護裝置之需求，但此是否影響工作績效，以致於減低生產效率？是否比工業機器人生產效率低？或是導入人機協作的目標並非提高生產績效，而是減少勞工之工作量？或許未來可以研究這方面的議題。
3. 有接受深度訪談企業建議：「工業用機器人危害預防標準」的7項安全評估報告應有具體規定，例如負載、移動速度或安全距離要有明確的數值限制。職業安全衛生署代表對此則回應：現行工業用機器人危害預防標準是根據國家標準及 ISO 的規定而訂定，對於機器人的功率速度皆有規定。也許廠商不清楚所購買的機器人是否通過相關的安全檢驗。
4. 本研究根據受訪者意見，在「初步建議」中提出兩點：（1）7項安全評估報告中的「試運轉試驗、起始啟動安全程序書及報告書」兩個項目的評估內容多數相同，應可合併作業以簡化流程；（2）政府未來應加強宣導7項安全評估報告的製作方式。勞動部職業安全衛生署代表對此則回應：現行工業用機器人危害預防標準是根據國家標準及 ISO 的規定而訂定，對於機器人的功率速度皆有規定。或許是廠商不清楚所購買的機器人是否通過相關的安全檢驗。至於試運轉試驗以及起始啟動安全程序書及報告書，評估內容雖差異不大，但兩者仍然有其作用；前者是初始安裝時確保其安全功能的完整性，後者是正式上線運

轉前的最後確認，在職業安全上仍須確實做到這些程序，故兩個部分不建議省略或合併。

5. 關於 ISO/TS 15066 作為 ISO 10218 系列的補充標準納入現行法規的必要性。「工業用機器人危害預防標準」中已規定雇主使用協同作業之機器人時應符合國家標準 CNS14490 系列、國際標準 ISO10218 製作安全評估報告。因此，隨著 ISO/TS 15066 併入 ISO 10218 系列，廠商若有進行人機協作之需求，製作安全評估報告時所參考的「協同作業機器人作業安全評估報告參考手冊」相關內容亦會作調整。
6. 儘管本研究問卷調查結果顯示，只有 7.8% 的企業表示人機協作對勞工心理有負面影響，卻也引起與會專家的關注。其中有兩點須注意：其一，在關照勞工心理健康方面的問題應該著重在建立一個沒有壓力的作業環境。具體來說，必須使勞工了解到技術上的安全是對人無害、而機器人本身的設計也應該在視覺上看起來沒有潛在危險。其二，勞工在自動化生產過程與他人的互動減少，即使看起來沒有產生嚴重的疏離感，但獨自作業總容易有心理方面的問題，這些勞工或許更需要間歇式地休息。因此，政府未來可以針對這些面向進行更深入研究，檢視導入新技術或生產模式對勞工的心理影響與實際情形如何。
7. 調查結果顯示，現行已導入人機協作的企業，其導入之機器人數量批量甚少。推論這類企業大多沒有受過完整導入自動化的相關訓練，而是以嘗試的心態添購機器設備，但這也是最可能造成職業安全問題的來源。有關處理減少職災傷害的因應作為有幾點建議：首先，依現行職安署協同作業機器人作業安全評估報告，按各**應用類別**作成指導綱要(例如：從事上下料者需要符合哪些職安標準、是否需要柵欄與防護措施且如何安裝等)，

以利企業參採使用。後續可由系統整合的相關組織聯盟，協助提供業界職業安全相關文件，以供使用人參考，發揮其效果。

8. 現行七項評估報告似乎是不需要送主管機關核備。後續如果有核備的行政流程，政府就可以建立關於協同作業機器人七項評估報告的資料庫。另從企業面來看，若現行有企業完成，並逐步形成一個參考範本，後續隨即會有企業相仿。縱使報告內容大同小異，但至少程序上已完備，對確保職安仍有其助益。未來甚至可以推動報告通過核備，可以獲得補助，鼓勵廠商視需求加裝安全裝置或配備，或是有加裝安全裝置就予以課稅減免等優惠措施。

第三節、問題因應策略

我國的職業安全衛生法第 5 條一般責任條款，將確保作業安全的責任大幅的由雇主轉而要求設計者、製造者以及供應者。國際標準 ISO12100 也將降低機械設備風險的要求置於製造者（設計者）。由製造者於設計階段進行風險評估，並依其結果藉由本質安全設計等方案將風險降至可接受的程度，同時透過安全相關資訊的提供，讓使用者可以採取適當的措施以降低殘餘風險。¹⁷⁸

根據第二節的個案企業研究、問卷調查結果分析以及專家諮詢座談會重點意見，本研究發現企業導入人機協作後在職業安全衛生方面臨的一些問題，需要政府協助解決，以下針對些問題提出因應策略。

一、強化人機協作作業的認知

我國目前使用的協作機器人多屬工業型機器人，也就是人與機器人共同參與生產製造，預估未來人機協作在我國將持續發展，服務型機器人的使用必然會成長，人與機器的身體接觸情況會更多、工作場域也會更複雜。然而，從目前使用者的反應以及專家的觀察來看，大家對這種工作模式還不夠瞭解，包括協作機器人與工業用機器人的差別、人機協作的層次對安全設備上的不同要求等等。因此，政府有必要協助已經導入或計劃導入人機協作的企業強化相關認知。

由於機器人技術不斷進步、更新，強化企業對人機協作的認知需要靠不斷地宣導與教育訓練，政府可以借重機器人協會、智動化檢測驗證聯盟、精密機械研究發展中心等公私機構協力推動。至於需要強化企業認知的內容至少包括：

¹⁷⁸ 許宏德 (2021)，人機協作對於職場安全的影響及挑戰，臺灣勞工季刊，65 期，頁 17。

1. 工業用機器人與人機協作的應用與差異；
2. 不同層次人機協作應用場域的安全標準；
3. 如何創造人機緊密合作的場域；
4. 加裝感測裝置對安全上的意義。

二、加強人機協作於職業安全衛生適法性與驗證

歐盟職業安全衛生署（EU-OSHA）認為，政府要制定自動化工業型與服務型機器人的安全架構，技術管理（technology management）是關鍵的策略性課題之一。根據我國現況，政府在技術管理方面的策略應該是加強人機協作於職業安全衛生適法性與驗證。在這項策略之下，可以推動以下政策：

1. 針對不同協作情境作危害的識別與標示，來處理危害預防之評估；
2. 鼓勵並支持由系統整合的相關聯盟協助業界製作職業安全相關文件；
3. 提供「工業用機器人危害預防標準」七項安全評估報告指引之宣導與優良範例；
4. 以實質誘因（如補助、減稅）鼓勵企業通過七項安全評估報告並核備。

三、主導研究人機協作互動樣態與職業安全相關議題

如前述，已導入人機協作的企業與實際使用者，對於這種新型態的工作模式上還不夠瞭解，因此政府應該主導研究人機協作互動樣態與職業安全相關議題，然後再將研究結果作為宣導或教育訓練內容的素材，這些議題以及相關措施包括：

1. 人機協作互動的不同樣態(緊密程度)與模式所涉的職業安全衛生議題；
2. 不同行業（製造業、運輸倉儲業、服務業等）人機協作互動樣態與模式所涉的職業安全衛生議題；
3. 要求輸入商、製造商、供應商提供人機協作與職業安全衛生完整資訊；
4. 機器裝設於 AGV 與 AMR 趨勢引起的安全問題；
5. 導入人機協作之工作情境所涉之安全規範；
6. 設計人機協作人員專業教育訓練課程；
7. 加強人機協作應用的專業訓練。

四、人機協作推動對職業安全衛生影響

導入人機協作可以增進勞工的工作條件並提高生產效率，我國政府也正大力推動。且在人機協作應用中，安全與效率同樣是最關鍵的議題，「以人為本、善用機器」已是全球共識。因此，我國政府在推動人機協作的同時，也要關注這種新作業模式對職業安全衛生的影響，在政策上可以加強：

1. 探討人機協作造成職業災害的原因分析並提出預防對策；
2. 關注人機協作勞工在操作上各項問題與意見之回饋；
3. 加強勞工端包括工作負荷在內的各式真實反應，以及身心健康自覺症狀；
4. 利用健康問卷、健康檢查、身心健康量表等測量工具，長期監視勞工健康；

5. 人機協作作業對勞工心理影響的長期流行病學觀察，尤其是工作壓力、疏離感等。

第四節、小結

為瞭解人機協作對職業安全衛生的影響以及因應策略，本研究首先深入訪談了盈錫精密、本土股份、友達光電、群創光電四家公司，再對企業實施電訪問卷調查，共計訪問成功 1,065 家，其中有導入人機協作模式的企業有 103 家，屬於少數。此外，團隊亦舉辦專家諮詢座談會，希望相關領域專家學者對本研究已完成之部分表示意見，並對政府因應人機協作涉及的職業安全衛生問題提供政策建議。

在個案訪談中，研究者向受訪者提出七個問題，又在電訪調查中，提出其中五個需要進一步瞭解的問題，然後將上述問題的內容整理成四個面向：（1）協作機器人安全裝置、安全措施與操作程序；（2）「工業用機器人危害預防標準」的可操作性及適用性；（3）導入人機協作模式對勞工職業災害之影響；（4）導入人機協作模式對勞工的心理影響、工作壓力及因應方式。最後，利用這四個面向作為架構，分析所蒐集的資料，分析結果如下表 5-15 所示。

表 5-15 個案企業訪談與問卷調查分析

面向	個案企業訪談	問卷調查
1. 協作機器人安全裝置、安全措施與操作程序	1. 均有內建安全裝置並制定安全措施與操作程序 2. 評估作業環境建置安全護欄、感應器等安全裝置	1. 內建以「安全額定監控停止」最多，其次是「速度及分隔距離的監控」。 2. 大多數皆設置外部安全措施，以「圍柵或護圍」最多。
2. 「工業用機器人危害預防標準」的可操作性及適用性	1. 「標準」無窒礙難行之處，具可操作性。 2. 「7 項安全評估報告」符合使用需求，具適用性。	1. 絕大多數認為「標準」無窒礙難行之處，具可操作性。 2. 有 47.6% 企業認為安全評估報告沒有產生指引效果。
3. 導入人機協作模式對勞工職業災害之影響	1. 減少手臂頸肩與手腕病變、肌肉骨骼傷害、壓傷、絆倒等。 2. 避免接觸化學溶劑及毒性氣體，降低職業病風險。	1. 絕大多數認為職災減少或無增減。 2. 減少的職災以「人因性危害」最多。
4. 導入人機協作模式對勞工的心理影響、工作壓力及因應方式	1. 導入過程中及使用設備昂貴，增添心理負擔、工作壓力。 2. 是否產生疏離感與原先之員工互動方式有關。	1. 極少數認為對心理產生負面影響。 2. 員工之間不會產生疏離感。

在專家諮詢會議中，專家們針對討論題目提出的共同意見及值得參考的建議整理如表 5-16。

表 5-16 專家意見彙整

討論內容	專家意見
1.初步結論對深度訪談及問卷調查結果解釋之妥適性及補充意見	1.問卷調查訪問對象是雇主而非勞工，影響研究效度。 2.企業並未建立人機協作場域，因為多半會再額外加裝感測裝置，與本研究調查結果相同。 3.需要界定人機協作的定義。 4.應進一步分析造成職業傷害之原因、智慧化相關產業應用狀況、勞工心理的負面影響。
2.未來政府在職業安全衛生保護方面需要注意事項	1.注意機器裝設於 AGV 與 AMR 趨勢引起的安全問題 2.研議導入人機協作之工作情境所涉之安全規範，並據此設計教育訓練課程。 3.穿戴式服務型機器人 ISO 認證依照本質安全辦理危害鑑別與標註； 4.鼓勵並支持由系統整合的相關聯盟協助提供業界職業安全相關文件。 5.以誘因鼓勵七項安全評估報告並通過核備。
3. ISO/TS 15066 作為 ISO 10218 系列的補充標準納入現行法規的必要性	職業安全衛生署預計 112 年修正完成

以下綜合比較分析個案企業深度訪談、電訪問卷調查及專家諮詢三種方式蒐集的資料，其中對政府相關政策之制定亦應有些啟示。

- (1) 企業所使用之協作機器人均有內建安全裝置，也會制定安全措施與操作程序，甚至額外加裝安全設備，顯示企業對於職業安全衛生的重視，這也是政府推動人機協作職業安全衛生法規、標準所獲得的成效。對於那些抱著「料敵從寬」心態而加裝安全設備的企業，是否為必要的動作值得深入探討。當然政府可

考慮給予實質性的鼓勵，本研究已將此建議列在「問題因應策略」小節。

- (2) 值得注意的是，在電訪調查中發現，即使協作機器人已有內建安全裝置，多數企業仍會額外再加裝圍柵或護欄；並且，有13.6%的受訪者不知道或拒答內建的安全裝置為何。究其原因，除了受訪者職務可能不涉及職業安全衛生，更可能是企業對協作機器人與人機協作模式並不熟悉。此外，從問卷調查結果可知，企業導入協作機器人主要目的為提升生產效率，但是若進行人機之間沒有護欄的緊密型協作模式，其速度則必須符合安全規定而必須降速，因此效率有可能會變差。從個案企業其中一家金屬製品製造業者亦提到沒有特別加裝外部安全裝置，所以速度必須降低，使機器在運作即使碰撞到人也無受傷的疑慮，但缺點是效率較低。另一個半導體產業的個案企業則是表示，當生產過程中沒有明顯的人機協作，也就是人與機器作業空間並非一直保持重疊，勞動檢查人員通常會要求比照一般工業型機器人的安全標準加裝安全護欄。因此，本研究在「問題因應策略」中建議政府採取措施強化人機協作作業的認知，才能準確地因應安全衛生上的問題。
- (3) 接受訪談的企業均肯定「工業用機器人危害預防標準」的可操作性，以及七項安全評估報告的適用性，問卷調查結果也顯示「標準」無窒礙難行之處，但是卻有47.6%的企業認為安全評估報告沒有產生具體指引效果。這種矛盾情況似乎可從極少數對「標準」負面的評價中看出端倪，例如「文書作業流程過於繁瑣」、「設計或生產配置作些微變更時也需要重新評估，造成麻煩」。至於真實的原因為何，需進一步探討。

- (4) 對於導入人機協作模式對勞工職業災害之影響，三種方式蒐集的資料顯現出共識，也就是會大大減少肌肉骨骼傷害等人因性危害。
- (5) 專家們根據本研究的發現與分析，提出五項政府在職業安全衛生保護方面需要注意的事項，相當具有參考價值，本研究已列在「問題因應策略」的建議中。
- (6) 資料顯示，導入人機協作模式對勞工的心理有負面影響，儘管統計數字不高，但專家們對此均表示關切。因此，除了以上五項政策上的建議之外，本研究也提出未來政府應對勞工心理的影響進一步研究。
- (7) 至於傳統研究認為的自動化與疏離感關連性在個案訪談與問卷調查中並未顯現，推測原因有二：其一是疏離感與員工之間原先的互動方式有關，例如在半導體業無塵室工作的員工本來互動就少；其二是問卷調查的對象並非勞工。因此，本研究在「問題因應策略」中建議政府對此議題多加關注，未來的研究可針對不同行業與不同工作場域，並且直接詢問勞工的感受。

第六章 結論與建議

本研究旨在探討人機協作於我國的發展趨勢、勞工勞動條件與工作環境的改變、企業人力資源及職能需求變動與職業安全衛生等方面的影響，進行現況調查與勞動議題之探討分析。並綜合評估各面向產生之問題與解決策略，提出有關勞動權益保障之建議。研究發現與結論建議。為達上述目的，本研究內容為蒐集國際有關人機協作之發展趨勢、勞動政策各面向產生之問題與政府相關協助措施；透過問卷調查及個案企業研究了解我國目前主要導入人機協作之製造業，有關協作機器人應用之情形、對於企業及勞工產生之影響。最後綜合評估人機協作於上述議題產生之問題與解決策略，提出有關勞動權益保障之政策建議。

茲就上述各項研究內容之主要結論與政策建議，以及本研究進行過程中所遇到的限制與後續研究建議，依序說明如下：

第一節、結論

一、人機協作之國際經驗與發展情形

在工業 4.0 的趨勢影響下，許多國家產業對於人機協作的應用不僅在製造業，已經擴增到諸如餐飲業、教育業、醫療業、畜牧業等與民生需求密切相關的場域。至於製造業中應用的情形多是物料取放、檢測、組裝、包裝、鎖螺絲；餐飲業多半運用送餐機器人來執行點餐、送餐，或是由協作機器人於高溫危險的環境製作餐點；醫療業則是在可以協助分擔重複的繁瑣工作，例如藥品的分揀或搬運，使醫護人員的工作負荷得以減輕。由於導入人機協作最主要的目標並不是取代人力，故各國政府希望透過科技與網路結合機械與生產用具，整合現有資源並且加以開發並改善效能。

就人機協作對工作環境與條件的影響來說，各國對於人機協作的主題於勞動相關規範較少，多半聚焦在職業安全衛生規定，故第三章主要為收集各國個案企業經驗作為國際資料來源。從各國經驗可以發現導入人機協作後，員工可避免從事有礙人體工學、單調或重複的工作類型，協作型機器人的任務也多元化。就人機協作對人力及職能需求的影響來說，各先進國家已積極透過政府力量，彙整各方勢力，包括產、官、學、訓等資源，投入人機協作等各項新興科技。隨著新興科技導入，將產生新的工作職缺，如何使民眾獲得新興科技的專業知識與技能，進而得到工作職缺，是目前各國政府的重要任務。最後，就人機協作對職業安全衛生的影響來說，各國對於協作機器人的相關規範會將國際標準組織機器人技術工作委員會(ISO/TC 299)的規定作為規範基礎，再針對各國民情作出相對應的調整，特別是 ISO /TS 15066 即將併入 ISO 10218 系列，未來不會再針對協作型機器人本身作定義，而是以協作應用 (Collaborative application) 為核心探討工作安全標準，此轉變也將影響未來這類研究的取向。

二、我國產業導入人機協作情形

從問卷調查回收情形來看，即使是訪問製造業中應用較廣的電子零組件製造業及金屬製品製造業，1065 筆有效樣本中僅有 103 家表示有導入協作機器人(占比 9.7%)；尚未導入者則為 962 家(占比 90.3%)。且 100 家有導入的企業為設定的最低門檻，故實際上這兩個產業導入協作機器人的企業應不到 10%。

對於未導入的企業，沒有採用協作機器人的主要原因是工作內容無法使用人機協作取代(占 23.7%)、事業單位的產能目前還能應付客戶需求(占 16.7%)、事業單位產品屬於客製化(13.5%)

等。也因此未來仍有 72%的企業表示不會打算導入。並且有高達 86.2%的企業表示需要政府對設備有相關補助才考慮導入，顯示企業引進新技術主要還是在成本考量，且大多企業對於協作機器人或人機協作缺乏較完整的認識而未曾考慮將其納入生產配置。對於有導入協作機器人的企業，導入的機器人台數並不多且協作機器人在整個產線的產能「不到 10%」的比例最多。關於協作機器人的用途，大多數為簡單的拾放物件(約占 47.6%)；其次為焊接(占 22.3%)與搬運 20.4%。整體來說協作機器人執行的是生產線上的某個工段的作業，人與機器的協作模式密合度不高。

值得注意的是問卷中 85.4%企業表示使用協作機器人會加裝外部安全裝置。此部分則可說明即使導入協作型機器人，無論是基於安全規範或是維持生產效率的考量，廠商都會加裝如安全圍柵或是光柵等防護設施，在使用操作上與傳統的工業型機器人無異。此也顯示我國產業實際上使用人與機器協同作業的工作模式者，仍是極少數。不過隨著 ISO/TS 15066 併入 ISO 10218 系列，未來即著重在協作的應用，而不是傳統工業型機器人與協作型機器人本身的區分，只要符合安全設定與標準都有可能採用人機協作的作業模式。

三、企業導入人機協作對勞工勞動條件與工作環境之影響

(一) 對勞動條件之影響

從問卷、深度訪談結果可知，目前企業協作機器人的功能多半是執行比較單一旦簡單的動作，整體來說人機協作程度不高。勞工在生產中仍有其位置，如移動原料、半成品、監測、量測、品質管理等。而協作機器人的導入對勞工的工作條件確實產生影響，首先勞工可從重複性、單調或負荷重的作業中解

脫，並可透過教育訓練習得新技能，進而有機會從勞力取向的低價值工作轉而從事較高附加價值的工作，例如監督、複判、品質管理業務。而從問卷調查結果來看，約有三成導入人機協作的企業會對勞動條件作調整，其中主要為工作時間減少、薪資增加。推測企業可能因為產能不變的情況下，協作機器人代替勞工從事部分作業，使勞工整體工作時間的投入減少；薪資調漲則可能與勞工職務由操作員轉變為具有監督、品質管理、產線管理等高附加價值的工作所致。也呼應個案企業訪談中提到的，若基層員工能有技術升級，從事高價值工作，待遇將會有所提升。

(二) 對工作環境之影響

工作環境的部分在此次研究中看似較無受到協作機器人導入的影響，推測可能受到產業類別或公司規模而產生不同結果。例如企業訪談中的電子零組件製造業的兩家公司都是規模超過200人的大公司，並且皆是以自動化為產線設計基礎，代表公司接觸自動化的時間較長，故初期對於工作環境的設計也會與半自動化或全自動化相關，而協作機器人也僅是智慧生產的一環，較難觀察到其對工作環境的影響。另一方面，就問卷結果來看，人機協作對於空間運用的改善較明顯，其他關於空氣、噪音、溫度、清潔度則少有影響。主要可能是協作機器人本來就不具此效果，而工作環境是否產生變化受到工廠既有空間、硬體設備的影響，加上協作機器人引進的數量普遍不多，因此難以觀測到協作機器人帶來的變化。

(三) 對基層人力就業之影響

企業引進協作機器人的目的主要是讓生產效率提升、生產更順暢，同時也稍微舒緩了人力短缺的問題。透過問卷調查可

知，在產能不變的條件下，多數企業(76.7%)即使有導入協作機器人不會減少基層人力的投入，但亦有減少基層人力投入的企業(約 23.3%)。後續詢問企業導入協作機器人後對於既有基層員工的人力需求是否改變，有高達 88%的受訪者表示維持不變，至於減少需求者(約 6.8%)則多會以轉移到其他部門的方式因應。因此協作機器人的引進不以取代人力為目的，即便生產線上出現多出的人力，企業也不會因而裁汰，而是安排其他仍需要人力的產線或部門；對於有學習意願的員工，企業也可能安排教育訓練使其轉至其他具有監督性質或統籌管理的工作。與全自動化設備導入的情形不同，整體而言企業導入人機協作工作模式較不見一般對於自動化導致科技性失業的疑慮。

(四) 其他面向之討論

從問卷調查結果檢視，有導入人機協作的企業其員工年齡層分布較年輕，而未導入則是年齡層較高。雖未有顯著的差距，但可能是因為樣本多是金屬製品製造業，而該行業本來就是年輕勞動力較少投入的產業。一方面，願意運用新技術改善勞動環境，讓年輕勞動力願意在工廠環境從事製造工作的企業，則或許能招募到新的年輕勞動力。此也呼應深度訪談中，企業以有導入人機協作招募宣傳，顯示製造業也積極運用新技術擺脫傳統3K產業的負面印象。另一方面，企業員工的高齡化程度高，對於新科技與技術的接納度可能也低於其他高齡化程度較低的企業。就此，協作機器人的特點為操作介面友善且上手速度快，其實對於中高齡勞工的學習門檻不高，且協作機器人可執行許多不適合中高齡者的動作，例如提供搬運或代勞重複動作，應可為此類型勞工在工作上提供一定程度的協助。

除了協助中高齡勞工，人機協作技術亦可能作為支持身障人士重回勞動市場的一個重要工具，目前可能由於成本考量較少有企業願意投資。待未來人機協作所衍生的相關輔助系統，例如感官裝置、物理輔助裝置之技術純熟，或可將其作為促進弱勢就業族群就業的政策考量。

四、企業導入人機協作對人力資源發展與職能需求之影響

(一) 企業人力資源策略之改變

研究團隊透過企業個案訪談發現，有關人機協作對於企業人力資源策略的變化，會受到「企業規模（員工人數）大小」以及「運用人機協作的基本思維」這兩個關鍵因素很大的影響，同時也會影響企業對於現有及未來員工職能需求的規劃。例如大型企業有一定的制度與作法，公司可以提供很好的轉換方案與教育訓練措施來協助這些員工，但就中小企業來說，教育訓練的資源本來就相對缺乏，多半都由設備廠商提供教育訓練，再轉由公司內部形成特定的教育訓練方案內容。

在問卷調查部分，由於調查對象是以中小企業為主，導入人機協作的用意主要目的是取代人力的短缺，少數基層員工人力需求有改變的公司，幾乎都會協助現有的員工調整工作任務，以便留存寶貴的人力，但就職能需求來說，這些企業仍是以自動化機械加工的思維邏輯去思考，希望以自動化機械加工能力為核心，提升員工的多樣化、跨領域整合能力，因此在招募人力上，也是以機械工程相關領域為主，尚未針對人機協作有特別的設定，在人力資源發展與員工職能需求上並未具備整體性的、長遠性的規劃。

整體來說，多半企業對於人機協作的基本思維，是來自於自動化機械加工的延伸，且不同產業與不同企業規模，對企業

人力資源發展的概念與方向會有很大的區別，進一步對於員工職能發展的需求造成重大影響及差異。大型企業通常將人機協作視為整體自動化發展的重要過程之一，除了在人力資源發展及員工職能需求上已有較為成熟的規劃之外，也能充分掌握人機協作對於企業所造成的各種影響，但中小企業往往要面對各種資源的短缺，缺乏長遠及整體規劃，因此在導入人機協作後，在整體人力資源發展與員工職能需求上並沒有明顯的轉變。

(二) 從廣義角度看待人機協作對人力資源發展與職能需求的影響

人機協作是一項新的發展趨勢，以我國的發展現況來說，應該以廣義的態度去面對與闡釋，無須執著於太過嚴謹的定義。從問卷調查及專家諮詢會議的結果可以看出，如果以狹義的角度來看待人機協作的定義，那麼不僅有意願導入的企業少，且大多數都對於導入人機協作沒有長遠的、策略性的規劃，僅只是做為工廠全面自動化生產的過渡階段之一，或者是填補缺工的方法，是一種偏向消極性的應用；但若以廣義的角度來思考，將人機協作中「機器」的形式更加擴展，並且將人機之間協作的形式加以擴大，就可以進一步找到導入人機協作所帶來的利基，也能夠進一步發掘出導入人機協作所帶來的競爭優勢，從而分析人力資源發展與職能需求的改變。

(三) 以大企業做為導入人機協作後人力資源發展的借鏡

對於規模較大的企業來說，人機協作是公司整體自動化的發展進程階段之一，不管在人力資源發展策略，或者是員工能力的提升及教育訓練的規劃，都有一定的設想；他們也會針對導入人機協作後所可能帶來的員工衝擊、職能改變、後續衍生出的教育訓練等，進行較為縝密的規劃，同時會產生新的部門單位、職能內容與職務職稱；甚至有的大型企業會設有專責的

教育訓練單位、建立知識管理團隊、設計有關人機協作的內部認證機制等，期望能夠藉由人機協作的導入，培養基礎與中階人才的跨領域能力，未來更協助他們轉換為更高階的人才，這些都是中小企業所缺乏的人力資源策略發展方向，有待透過各項資源（例如各項人力資源輔導措施）的投入，協助中小企業進行體質的改變，建立長遠的策略性思考及規劃。

(四) 人機協作基本思維將影響企業對人力資源發展與職能需求的廣度與深度

人機協作受到企業規模大小、產業缺工狀況以及投入資本與技術多寡影響甚大，這些因素會影響企業面對人機協作的基本思維模式，更直接影響到企業整體人力資源發展的政策與方向。我國主要的企業形式多半是中小企業，從本次的問卷調查及專家諮詢會議可以看出，中小企業在面對各項嚴峻的生存議題（如人力及物料成本增加、新員工招募困難、缺乏訓練資源等）時，可能無法以產業升級為主要應對方式，而是嘗試降低成本、提高生產效能與品質等方式。人機協作固然可能是中小企業所選擇的其中一條路，但中小企業對於人機協作的基本思維與大型企業是不同的，他們是將人機協作視為一種因應人力短缺而導入的自動化生產模式，希望藉由導入人機協作的過程中逐步調整與修正整個生產線，以提升生產的效率，是一種因應生產及招募狀況進行機動調整的過程。

此外產學專家在會議中也提出，人機協作在現階段仍是值得探討的新興議題。在世界各先進國家邁向工業 4.0 的發展過程中，人機協作究竟是一個必要的階段？或者只是一種過渡時期的現象？仍是渾沌不明。除了運用上述的廣義思考之外，我們也可以進一步探究各種不同的人機協作形式與應用，例如以

各種不同形式的人機協作，在生產價值鏈上各個階段以及各種支援活動的應用、在不同產業中的應用等，更可探討在哪些生產流程中仍須藉助人力（以致於不得不採行人機協作形式）、哪些生產流程則可以完全被機器所取代等，這些議題都值得進一步探討與研究，才能更精準地找出可能被取代的人力、所需新的職能內容、職務職稱等，並且對應出政策上需要提供哪些更明確的資源及協助。

五、企業導入人機協作對職業安全衛生之影響

（一）導入人機協作對職業災害之影響

根據問卷調查結果，企業導入協作機器人對職業災害的影響，有 62.1%認為職業災害的發生減少；約 35%認為職業災害的增減沒有變化；僅有三家企業表示職業災害增加。顯示有大約九成七的企業職業災害因導入協作機器人減少或不變。在職業疾病方面，人因性危害最為顯著，此與協作機器人最主要的功能符合；職業傷害則是以夾傷、撞傷、壓傷之減少較明顯。然這也可能與多數企業在使用協作機器人時，會在外部加裝安全裝置，使勞工碰觸機器的可能性低，減少直接來自機器的物理性的傷害。

就個案企業深度訪談的結果，屬於半導體產業的兩家企業皆表示協作機器人在其自動化產線僅是小部分，少部分有採用人機協作的部分也會用一般工業型機械手臂的要求做安全規劃，例如加裝圍籬或安全防護偵測等。且企業一直以來都是使用高規格的安全標準，職災發生率也幾乎為零，故難以觀察導入協作機器人對職業安全發生的變化。值得注意的是個案中唯一未加裝外部防護圍欄區隔人員與機器手臂的廠商，就曾發生碰撞事件，但協作機器人本身有內建的安全設定，其速度與功率有

最高限制，並未造成人員傷害。而公司對此事件評估後，在協作機器人上加裝感應器，增加協作機器人的靈敏度。此顯示當機器手臂與人員之間的作業空間重疊則較有機會發生物理性的接觸與傷害，即使協作機器人有內建的安全裝置也需要謹慎應對，將潛在的危害降至最低。

(二)企業遵守現行危害預防標準規定之情況

問卷調查結果顯示，即使協作機器人本身已有內建的安全裝置，多數企業仍額外加裝圍柵或護欄，這也顯示協作機器人的應用多屬於人員機器手臂分開進行作業的協作模式。一般工廠的機器或設備運轉時通常在有人員接近機器可動範圍時，可使裝置緊急停止或立即動作。此也可能是本研究結果發現企業導入協作機器人對於企業內的職業安全衛生影響不大的主要原因。若未來企業內的協作機器人應用技術純熟而發展是人與機器人協作程度更緊密的作業模式，人與機器人之間的作業區重疊或互動與接觸的機會將更多。企業勢必必須對機器人安全之管理需要有更多的舉措。

詢問企業引進的協作機器人本身內建的安全裝置，選擇不知道或拒答的樣本數占了全體 13.6%，雖有可能是受訪者本身工作的部門不涉及職業安全衛生，對此情形並不熟悉所致。但此結果亦顯示企業引進協作機器人時對於其基本安全設定不甚了解。另外，就現行工業用機器人危害預防標準的遵守方面，絕大多數企業(占 97%)表示無窒礙難行之處。至於問卷中詢問到七項安全評估報告此評估報告於導入協作機器人的過程是否發揮了指引效果。有過半數(52.4%)企業認為七項安全評估報告對公司發揮了指引效果，但亦有 47.6%的企業認為安全評估報

告沒有產生指引效果。此題可能由於實際上製作七項評估報告的企業並不多而無法反映企業在執行時真實的情形。

(三) 導入協作機器人對於勞工心理健康方面的影響

問卷調查問及導入人機協作模式對勞工的心理影響，絕大多數企業（占 92.2%）表示沒有負面心理影響，僅有 8 家認為會對勞工心理產生負面影響，且主要是「擔心將來工作被取代」。這是在導入前對相關資訊不完整所導致的不確定感，而原先認為機器人之導入後可能造成「員工之間彼此疏離」，即傳統研究經常討論的自動化科技與疏離感，或許在不以取代人力為目的之人機協作模式上較不明顯；並且，涉及勞工心理方面的問題，直接詢問勞工應會更精確且更有參考價值。

另外，根據深度訪談結果，半導體產業導入人機協作對於勞工的心理方面，不論是員工互動減少或疏離感沒有產生影響，主因是工作場域大多在無塵室作業，故員工彼此互動原本就不多，且大多透過系統傳遞消息與資訊；僅金屬製造業的受訪企業的一名勞工在訪談時表示導入前會擔心工作被取代，而導入後則是因為工作轉為複合型工作，對是否能勝任工作及適應新工作模式產生壓力，但隨著時間長也漸習慣與適應。關於勞工心理方面的影響，專家諮詢會議中有學者提及，勞工在自動化生產過程與他人的互動減少，即使看起來沒有產生明顯的疏離感，但仍需留意獨自作業對員工心理方面的影響，這些勞工或許更需要間歇式地休息。

第二節、建議

針對本案規劃與人機協作相關的重要勞動議題：勞工勞動條件與工作環境、企業人力資源發展與職能需求、職業安全衛生。茲就三項主題提出下列政策建議，供未來政策規劃方向參考：

一、勞工工作環境與勞動條件方面

(一) 加強宣傳企業建立溝通管道的重要性

為了減緩員工在導入人機協作工作模式時對於工作被取代的擔憂，以及為了適應新技術的引入而需要學習新知識或勞動條件的轉變所可能產生的心理負擔。針對上述所提的員工心態的問題，企業應該建立與員工能進行交流的溝通管道，並且對於企業的新政策應該及早透過溝通，使員工能瞭解政策的規劃與緣由，減少誤會的產生。就此，政府可透過加強宣導現行規範中關於企業內勞資雙方溝通管道之制度，例如企業在製作安全評估報告中關於運作或製程簡介之檢核指引時，應當搭配建立一個企業內的宣導機制使相關人員充分了解，減少潛在危害。政府亦可宣導企業善用勞資會議中資方就關於事業之生產計畫、業務概況及市場狀況等生產資訊向勞工報告的功能。協助企業對於企業導入人機協作時溝通管道之建立並明白其重要性，期望促進企業勞資關係和諧發展。

(二) 協助企業擬定設備整合規劃，縮短導入人機協作的摸索期

勞工由單純的基層工作轉變為複合型工作可能增加工作壓力，特別是對於生產流程、產品品質、機器操作等須有更清楚的掌握。若企業在未有通盤規劃的情況下就引進設備，產線可能無法達到最有效的配置，也容易發生人為因素導致的異常狀況，而對勞工造成負面影響。針對以上情況，政府可協助企業

在導入協作機器人前就先擬訂長期規劃，分析產業趨勢與產品特性並釐清協作機器人的功能與定位，配合教育訓練使員工適應新的工作模式，達到生產效率與員工穩定工作的綜效。尤其針對缺乏資源的中小企業應介入輔導，在企業引進人機協作時能給予生產配置與自動化系統整合方面的技術指導，縮短其導入人機協作的摸索期。後續亦可視情形給予相關導入人機協作所需的經費補助或貸款優惠。

(三) 探詢弱勢就業者之需求，提供人機協作相關之訓練機會

中高齡者或身障人士在工作上較不容易獲得實質平等，就業情形較不穩定。然而我國出生率極低又即將進入超高齡化社會，勞工退休年齡也隨之出現後移現象，如何使就業上的弱勢族群保有工作或取得工作機會是一大課題。問卷結果呈現未導入人機協作的企業年齡層較老化，可能是來自於員工對於新技術的排斥；但是協作機器人本身設計對於使用者友善，且對於勞工從事危險、堅強體力的工作，以及減少職業傷害的發生有所助益，這些特性恰好適合中高齡及身障勞工學習。未來針對此部分，政府可進一步探詢中高齡及身障勞工的需求與期待，對於有需求的企業與員工，可以增加輔導與補助的措施，協助企業導入協作機器人。並且為就業弱勢族群規劃人機協作相關課程，使其獲得相應的技能，以因應人機協作工作模式之趨勢，進而減緩我國製造產業缺工的問題。

二、企業人力資源發展與職能需求方面

(一) 針對各種不同面向進行探究與分析

針對不同產業（如製造業與服務業）、不同規模、不同地區以及不同思維模式的導入人機協作企業來說，應該有不同的運用措施與人力資源發展策略規劃，這將進一步影響員工的職

能內容、職務職稱後續教育訓練的需求，同時也會涉及政府部門建立與人機協作相關的職能基準，是未來值得探究的內容。

(二) 建立職能內容、職能標準與課程地圖

針對導入人機協作所可能產生的各項職務職稱，調查及參考國內外的狀況，訂定出適合於我國的明確職務職稱、職能基準、職能內涵與學習路徑或課程地圖，以提供教育訓練單位規劃相關的訓練課程，除了能夠讓產業界做為招募甄選級能力認證的重要依據之外，更讓員工對於自己的生涯發展有規劃與執行的可行性。

(三) 提出更積極完整的法規制度與配套措施

對於不同類型的企業研議人機協作相關的法規制度與配套措施。例如提供中小企業有關人機協作的各項諮詢、診斷及輔導資源；提供中小企業有關人機協作的優惠利率與貸款補貼；或在確保中高齡穩定就業的前提之下，提供中小企業、中高齡者失業與在職者各項有關人機協作的補貼及訓練資源，以因應勞動力短缺的現況，並協助廠商提升生產品質以逐步達到產業升級的目標。

(四) 善用各項政策工具，提出不同的策略方案

針對現有的各項訓練資源配置來說，必須善用各項政策工具，提出不同的策略方案。如行政院於 2017 年所提出的「數位國家·創新經濟發展方案（2017-2025 年）—DIGI+」、2018 年所提出的「臺灣 AI 行動計畫（2018 至 2021 年）」以及「優化新創事業投資環境—打造台灣成為亞洲新創資本匯聚中心」、2020 年所提出的「台灣 5G 行動計畫」、科技部 2019 年所提出的「人工智慧科研發展指引」等，此外也應從強化 STEM 教育

著手，協助未來將要踏入就業市場的青年學子快速適應未來多變的勞動力市場，培養跨領域的問題解決能力，建立 ICT（Information and Communication Technology）素養標準，列出就業者於未來數位時代下所應具備的基礎素養，並健全職能基準循環應用體系，包含連結職能基準、職訓課程、認證制度及證照鑑定考試；尋求企業支持，提升證照證書的實質效用；引導學校活用如課程調整之參考、獎勵相關考試等。從職業訓練的資源配置來說，應該針對失業勞工、在職勞工以及青年勞工，持續投入各項訓練資源，開辦更多有關人機協作相關的訓練課程，以提升其知識與技能，避免結構性失業的情況出現。

三、職業安全衛生政策方面

（一）強化人機協作的認知

有鑑於企業內一般非技術性管理人員以及勞工對人機協作的界定不甚明瞭，而正確掌握人機協作的作業情況又是促進工作場所安全衛生的第一步，因此建議政府使用各種資源實施宣導與教育訓練，藉以強化企業對這方面的認知。攸關職業安全衛生認知的內容很多，以下四項相對重要，應列為宣導與教育訓練的重點：(1)工業用機器人與人機協作的應用與差異；(2)不同層次人機協作應用場域的安全標準；(3)如何創造更多人機緊密合作的場域；(4)釐清加裝感測裝置對安全上的意義。

（二）加強人機協作於職業安全衛生的適法性與驗證

政府負有制定自動化機器人安全架構的責任，為了從技術管理層面加強人機協作於職業安全衛生的適法性與驗證，建議政府積極推動人機協作危害風險辨識、評估與管理。由於人機協作在現階段仍屬新興作業方式，因此，政府應該利用引導、示範、鼓勵等手段，扮演領頭羊的角色，例如提供安全評估報

告撰寫指引之宣導、補助或獎勵通過安全評估報告的企業、提供安全評估報告撰寫優良範例等，讓業界輕鬆遵法、樂於遵法，其實這些也都是業界所期待的。另外，對於不同的產業或應用類別，由於工作業務不同，所需執行的任務及需求也會不同，故應該針對不同產業或應用類型，作出相對應的評估報告指導說明。

(三) 建議研究人機協作互動樣態與職業安全衛生相關議題

人機協作的職業安全衛生除了有共通性的問題之外，還有與人機不同互動樣態的特殊性問題。由於政府具有探索宏觀問題的能力，因此建議政府主導研究人機協作互動樣態與職業安全衛生相關議題，尤其是不同人機協作互動樣態模式(緊密合作程度)所涉及之安全衛生議題、不同行業(製造業、運輸倉儲業、服務業等)人機協作互動樣態模式所涉及之安全衛生議題，對於這些議題探討的結果或共識，可以作為設計人機協作人員以及加強人機協作應用專業訓練的教材。

(四) 探討人機協作對職業安全衛生的實際影響

政府在推動人機協作的同時，也要讓業界瞭解這種新作業模式對職業安全衛生的真實影響，以便採取正確的預防措施。因此，建議政府有系統地研究人機協作造成職業災害的原因並提出建議性的預防對策。當前，至少應該蒐集相關資料作為研究分析的基礎：(1)勞工端的各式真實反應(尤其是工作負荷)以及身心健康自覺症狀；(2)使用健康問卷、健康檢查、身心健康量表長期監視勞工健康；(3)人機協作作業對勞工心理影響(尤其是壓力、疲勞、挫折感、疏離感)的長期流行病學觀察。

針對上述三項主題所提出之政策建議，增加說明與所涉及法規，將其彙整成表格：

表 6-17 各主題建議整理表格

主題	建議	說明	所涉法規
勞工工作環境與勞動條件方面	1. 加強宣傳企業建立溝通管道的重要性	為了避免下列員工可能發生的心態問題 (1) 員工在導入人機協作工作模式時對於工作被取代的擔憂 (2) 員工為了適應新技術的引入而需要學習新知識或勞動條件的轉變所可能產生的心理負擔。	1. 《勞資會議實施辦法》 2. 《促進特定對象及弱勢者就業補助作業要點》
	2. 協助企業擬定設備整合規劃，縮短導入人機協作的摸索期	若企業在未有通盤規劃的情況下就引進設備，產線可能無法達到最有效的配置，也容易發生人為因素導致的異常狀況，而對勞工造成負面影響。	3. 《失業中高齡者及高齡者就業促進辦法》 4. 《協助事業單位群組進用身心障礙者試辦計畫》
	3. 探詢弱勢就業者之需求，提供人機協作相關之訓練機會	協作機器人的兩點特性，適合中高齡及身障勞工學習 (1). 協作機器人本身設計對於使用者友善 (2). 對於勞工從事危險、堅強體力的工作，以及減少職業傷害的發生有所助益。	5. 《協同作業機器人作業安全評估要點》
企業人力資源發展與職能需求方面	1. 針對各種不同面向進行探究與分析	人機協作受到企業規模大小、產業缺工狀況以及投入資本與技術多寡影響甚大，這些因素會影響企業面對人機協作的基本思維模式，更直接影響到企業整體人力資源發展的政策與方向。	
	2. 建立職能內容、職能標準與課程地圖	針對導入人機協作所可能產生的各項職務職稱，調查及參考國內外的狀況，訂定出適合於我國的明確職務職稱、職能基準、職能內涵與學習路徑或課程地圖。	

	3. 提出更積極完整的法規制度與配套措施	不同類型的企業在導入人機協作工作模式會需要不同的法規制度與配套措施。例如提供中小企業有關人機協作的各項諮詢、診斷及輔導資源。	
	4. 善用各項政策工具，提出不同的策略方案	(1). 為了使現有的各項訓練資源配置妥善利用，需要做評估與分析，進而找出合適搭配的方案，避免規劃出相同方案。 (2). 協助未來將要踏入就業市場的青年學子快速適應未來多變的勞動力市場，培養跨領域的問題解決能力數位時代下所應具備的基礎素養。	
職業安全衛生政策方面	1. 強化人機協作的認知	企業內一般非技術性管理人員以及勞工對人機協作的界定不甚明瞭，而正確掌握人機協作的作業情況又是促進工作場所安全衛生的第一步。	1. 《工業用機器人危害預防標準》 2. 《協同作業機器人作業安全評估要點》
	2. 加強人機協作於職業安全衛生的適法性與驗證	(1). 由於人機協作在現階段仍屬新興作業方式，故需要從技術管理層面加強人機協作於職業安全衛生的適法性與驗證。 (2).對於不同的產業或應用類別，由於工作業務不同，所需執行的任務及需求也會不同。	
	3. 主導研究人機協作互動樣態與職業安全衛生相關議題	人機協作的職業安全衛生也會因為不同面向，而涉及不一樣的安全衛生議題。例如人機協作互動樣態模式(緊密合作程度)、不同行業(製造業、運輸倉儲業、服務業等)所涉及之安全衛生議題。	
	4. 探討人機協作對職業安全衛生的實際影響	由於深度訪談結果有一名勞工提及對於心理方面的影響，加上專家諮詢會議中學者亦提及，仍需留意獨自作業對員工心理方面的影響。	

第三節、研究限制與後續研究建議

由於人機協作的產業應用在我國也僅是起步階段，對於人機協作的定義在研究初始僅能以具體方式定義，而以是否導入協作機器人為命題。事實上，目前對此議題之趨勢應以人機協作模式或是協作應用之概念作理解，而非直接對機器人做定義。亦即即使是傳統型機械手臂只要符合安全之標準與程序亦能進行協作應用。

而為了聚焦在我國應用層面較廣的兩個產業，個案企業研究及問卷調查對象僅限定在電子零組件製造業與金屬製品製造業。然而我國其他產業亦有可能使用協作機器人或有人機協作應用，而且個別廠商使用人機協作的情形應各有差異，若能再細緻區別之間的差異，在分析上應更具解釋力；此為本研究的一項限制。此外，本次問卷調查是以電話訪問方式進行施測，回答者可能為負責人或是行政主管。但由於問卷包含三個主題，專業領域相當迥異，加上問卷長度偏長，回答者可能了解企業整體狀況，對於更細緻的問題未必清楚，而影響問卷的施測效度。總體來說，本研究較偏向對於我國產業界導入協作機器人情形的初探，待未來人機協作模式於業界的技術應用更加成熟，並且更為普遍，再調查各產業應用情形以及相關影響評估與因應策略，應可獲致更豐富的資料加以探討分析。

參考文獻

一、中外文文獻

- [1]. AG, S., ROBOTICA, D., & SAU, A. A. (2018). Mobile dual arm robotic workers with embedded cognition for hybrid and dynamically reconfigurable manufacturing systems.
- [2]. American Society of Mechanical Engineers (2019). Accelerating U.S. Robotics for American Prosperity and Security.
<https://www.asme.org/wwwasmeorg/media/resourcefiles/aboutasme/get%20involved/advocacy/policy-publications/ps-19-01-accelerating-us-robotics-general-position-paper.pdf>
- [3]. Antonia Schulte (2021) A Paradigm Shift in Human-Machine-Collaboration. Published in AiZUBI. Retrieved from <https://medium.com/aizubi/a-paradigm-shift-in-human-machine-collaboration-bd7123da64d2>
- [4]. Arents, J., Abolins, V., Judvaitis, J., Vismanis, O., Oraby, A., & Ozols, K. (2021). Human–robot collaboration trends and safety aspects: A systematic review. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 10(3), 48.
- [5]. ARM Institute (2022a). *Robots & Jobs – What’s the Truth?* Retrieved 2022/8/10, from <https://arminstitute.org/news/robots-jobs-whats-the-truth/>.
- [6]. ARM Institute (2022b). *Empowering the Workforce of Today & Building the Workforce of the Future*. Retrieved 2022/8/10, from <https://arminstitute.org/our-work/workforce-development-services/>.
- [7]. Asfour, T., Regenstein, K., Azad, P., Schroder, J., Bierbaum, A., Vahrenkamp, N., & Dillmann, R. (2006). ARMAR-III: An integrated humanoid platform for sensory-motor control. In 2006 6th IEEE-RAS international conference on humanoid robots (pp. 169-175). IEEE.
- [8]. Baltrusch, S. J., Krause, F., de Vries, A. W., van Dijk, W., & de Looze, M. P. (2022). What about the Human in Human Robot Collaboration? A literature review on HRC’s effects on aspects of job quality. *Ergonomics*, 65(5), 719-740.
- [9]. Bauer, A., Wollherr, D., & Buss, M. (2008). Human–robot collaboration: a survey. *International Journal of Humanoid Robotics*, 5(01), 47-66.
- [10]. Berx, N., Decré, W., & Pintelon, L. (2022). Examining the Role of Safety in the Low Adoption Rate of Collaborative Robots. *Procedia CIRP*, 106, 51-57.
- [11]. Bröhl, C., Nelles, J., Brandl, C., Mertens, A., & Nitsch, V. (2019). Human–robot collaboration acceptance model: development and comparison for Germany, Japan, China and the USA. *International Journal of Social Robotics*, 11(5), 709-726.

- [12].Brun, L., Wioland, L. (2020). Prevention of occupational risks related to the human-robot collaboration. In International Conference on Human Interaction and Emerging Technologies (pp. 441-446). Springer, Cham.
- [13].CoLLaboratE Project (2020) D-2.5 Social Studies Analysis of the Implications Human-Robot Collaboration on Job Quality.
- [14].CoLLaboratE Project (2020) D-2.6 Social Studies Analysis of the Implications Human-Robot Collaboration on Job Quality.
- [15].CNS 14490-1 B8013-1 機器人及機器人裝置－工業機器人之安全要求－第 1 部：機器人 Robots and robotic devices – Safety requirements for
- [16].CNS 14490-2 B8013-2 機器人及機器人裝置－工業機器人之安全要求－第 2 部：機器人系統及整合 Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Part 2: Robot systems and integration
- [17].D, kremer, & S, H. (2018). Arbeitsplätze Für Die Mensch-Roboter-Kollaboration Inklusionsförderlich Und Wirtschaftlich Gestalten. Dundesanstalt Für Arbeitsschutz Und Arbeitsmedizin., S.1.
- [18].De Simone, V., Di Pasquale, V., Giubileo, V., & Miranda, S. (2022). Human-Robot Collaboration: an analysis of worker's performance. *Procedia Computer Science*, 200, 1540-1549.
- [19].Deng, L., Plümpe, V., & Stegmaier, J. (2021). Robot adoption at German plants (No. 19/2020). IWH Discussion Papers.
- [20].Drolshagen, S., Pflingsthor, M., Gliesche, P., & Hein, A. (2021). Acceptance of industrial collaborative robots by people with disabilities in sheltered workshops. *Frontiers in Robotics and AI*, 7, 541741.
- [21].Elprama, B. V. S. A., El Makrini, I., & Jacobs, A. (2016). Acceptance of collaborative robots by factory workers: a pilot study on the importance of social cues of anthropomorphic robots. In International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (Vol. 7).
- [22].Europäische Norm. EN 294. Safety of machinery - Safety distance to prevent danger zones being reached by the upper limbs: EN; 1992.
- [23].Europäische Norm. EN 418. Safety of Machinery - Emergency Stop Equipment, Functional Aspects - Principles for Design: EN; 1992.
- [24].Fournier, É., Kilgus, D., Landry, A., Hmedan, B., Pellier, D., Fiorino, H., & Jeoffrion, C. (2022). The impacts of human-cobot collaboration on perceived cognitive load and usability during an industrial task: an exploratory experiment. *IIE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, (just-accepted), 1-11.
- [25].Galín, R., & Meshcheryakov, R. (2021). Collaborative robots: development of robotic perception system, safety issues, and integration of Ai to imitate human

- behavior. In Proceedings of 15th International Conference on Electromechanics and Robotics" Zavalishin's Readings" (pp. 175-185). Springer, Singapore.
- [26]. GB 11291.1. Robots for industrial environments—Safety requirements—Part 1: Robot : GB; 2011.
- [27]. GB 11291.2. Robots and robotic devices.Safety requirements for industrial robots—Part 1: Robot systems and integration : GB; 2013.
- [28]. G. T. &. Invest(2021). The Robotics & Automation Industry in Germany. Germany Trade & Invest.
- [29]. Haigh, R (2022).AUTOMOTIVE INDUSTRY 2022 RANKING.BRAND FINANCE. <https://brandirectory.com/rankings/auto/table>.
- [30]. Hambling, D. (2021). US Military May Get a Dog-like Robot Armed with a Sniper Rifle. NewScientist, 3357.
<https://www.newscientist.com/article/2293908-us-military-may-get-a-dog-like-robot-armed-with-a-sniper-rifle/>
- [31]. Hsien-Ming Lin (2020) 推動智慧化生產的機會和挑戰：臺灣與德國現況發展之政治經濟分析.Academia.edu.
- [32]. International Federation of Robotics. (2017). The Impact of Robots on Productivity, Employment and Jobs. IFR Positioning Paper.
- [33]. International Federation of Robotics. (2018). Demystifying Collaborative Industrial Robots. Frankfurt, Germany.
- [34]. International Federation of Robotics. (2018). Robots and the Workplace of the Future. IFR Positioning Paper.
- [35]. International Federation of Robotics. (2020). Next Generation Skills: Enabling today's and tomorrow's workforce to benefit from automation. IFR Positioning Paper.
- [36]. International Federation of Robotics. (2021). A Mobile Revolution: How mobility is reshaping robotics. IFR Positioning Paper.
- [37]. International Federation of Robotics. (2022).Robot Density nearly Doubled globally," International Federation of Robotics. <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/china-overtakes-usa-in-robot-density>.
- [38]. International Organization for Standardization. ISO 10218-1. Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots —Part 1: Robots : ISO; 2011.
- [39]. International Organization for Standardization. ISO 10218-2. Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots —Part 2: Robot systems and integration : ISO; 2011.
- [40]. International Organization for Standardization. ISO 15066. Robots and robotic devices — Collaborative robots: ISO; 2016.

- [41].International Organization for Standardization. ISO 12100. Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction: ISO; 2010.
- [42].International Organization for Standardization. ISO 14121-1. Safety of machinery — Risk assessment—Part 1: Principles: ISO; 2007.
- [43].International Organization for Standardization. ISO 13855. Safety of machinery — Positioning of safeguards with respect to the approach speeds of parts of the human body: ISO; 2010.
- [44].International Organization for Standardization. ISO 14119. Safety of machinery — Interlocking devices associated with guards — Principles for design and selection: ISO; 2013.
- [45].International Electrotechnical Commission. IEC 60204. Safety of machinery - Electrical equipment of machines—Part 1: General requirements: IEC; 2016.
- [46].International Electrotechnical Commission. IEC 60079. Explosive atmospheres - ALL PARTS: IEC; 2022.
- [47].International Electrotechnical Commission. IEC 61508. Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems - Part 1: General requirements: IEC; 2010.
- [48].International Electrotechnical Commission. IEC 61000-4. Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4-12: Testing and measurement techniques - Ring wave immunity test: IEC; 2017.
- [49].Japanese Industrial Standards Committee. JIS 8433-1. Robots And Robotic Devices - Safety Requirements For Industrial Robots - Part 1: Robots: JIS; 2015.
- [50].Japanese Industrial Standards Committee JIS 8433-2. Robots and robotic devices - Safety requirements for industrial robots - Part 2: Robot systems and integration: JIS; 2015.
- [51].Johnson, K. (2022). Hospital Robots Are Helping Combat a Wave of Nurse Burnout. *WIRED*. <https://www.wired.com/story/moxi-hospital-robot-nurse-burnout-health-care/>.
- [52].Kingatua, A. (2021). Robots and automation in electronics manufacturing. Supplyframe Hardware. <https://medium.com/supplyframe-hardware/robots-and-automation-in-electronics-manufacturing-a77f177585eb>, accessed on, 25.
- [53].Lorenz, M., Rüßmann, M., Strack, R., Lueth, K. L., & Bolle, M. (2015). Man and machine in industry 4.0: How will technology transform the industrial workforce through 2025. The Boston Consulting Group, 2.
- [54].Malik, A. A., & Bilberg, A. (2019). Human centered Lean automation in assembly. *Procedia CIRP*, 81, 659-664.

- [55]. Mark, B. G., Hofmayer, S., Rauch, E., & Matt, D. T. (2019). Inclusion of workers with disabilities in production 4.0: Legal foundations in Europe and potentials through worker assistance systems. *Sustainability*, 11(21), 5978.
- [56]. Malm, T., Salmi, T., Marstio, I., & Aaltonen, I. (2019). Are collaborative robots safe?. In *Automaatiopäivät23* (pp. 110-117). Finnish Society of Automation.
- [57]. Manufacturing USA (2022). Securing America's Manufacturing Future. Retrieved date: 2022/8/10, from https://www.manufacturingusa.com/sites/manufacturingusa.com/files/2021-09/MFGUSA_one_pager_v9_13_RVSD2.pdf.
- [58]. Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., Willmott, P., & Dewhurst, M. (2017). A future that works: AI, automation, employment, and productivity. McKinsey Global Institute Research, Tech. Rep, 60, 1-135.
- [59]. MarketsandMarkets.(2022). Smart Manufacturing Market by Information Technology, Enabling Technology, Industry (Process and Discrete) and Geography (North America, Europe, Asia Pacific, Rest of World) (2021-2027).Smart Manufacturing Market. https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/smart-manufacturing-market-105448439.html?gclid=CjwKCAjw3qGYBhBSEiwAcnTRLnMJPwGasQqgwX5mwDiMn4tmnYJoLxmlByaHLi9a_CxGd1pmE_G3ahoCLzUQAvD_
- [60]. McKinsey Global Institute (2017a). Technology, jobs, and the future of work. McKinsey&Company.
- [61]. McKinsey Global Institute (2017b). Jobs lost, jobs gained: What the future of work will mean for jobs, skills, and wages. McKinsey&Company.
- [62]. Monje, C. A., Martínez, S., Jardón, A., Pierro, P., Balaguer, C., & Muñoz, D. (2011). Full-size humanoid robot TEO: Design attending mechanical robustness and energy consumption. In 2011 11th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (pp. 325-330). IEEE.
- [63]. National Fire Protection Association. NFPA 79. Electrical Standard for Industrial Machinery Overview with High Tech Design Safety: ANSI; 2021.
- [64]. NIST (2021). Manufacturing USA Highlights Report: A summary of 2020 Accomplishments and Impacts. Retrieved date: 2022/8/10,from <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ams/NIST.AMS.600-9.pdf>.
- [65]. Pang, G., Yang, G., & Pang, Z. (2021). Review of robot skin: A potential enabler for safe collaboration, immersive teleoperation, and affective interaction of future collaborative robots. *IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics*.

- [66].Parasuraman, R., Sheridan, T. B., & Wickens, C. D. (2000). A model for types and levels of human interaction with automation. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics-Part A: Systems and Humans*, 30(3), 286-297.
- [67].R. Staff(2015).Samsung Electronics Launches New \$100M Robotics Lab. *Robotics Business Review*.
https://www.roboticsbusinessreview.com/consumer/samsung_electronics_launches_new_100m_robotics_lab/.
- [68].Safe Robotics MRK – MENSCH-ROBOTER-KOLLABORATION, S.1.
- [69].Safe Robotics MRK – MENSCH-ROBOTER-KOLLABORATION. Sensor Intelligence., S.1.
- [70].Scholtz, J. C. (2002). Human-robot interactions: Creating synergistic cyber forces. In *Multi-robot systems: From swarms to intelligent automata* (pp. 177-184). Springer, Dordrecht.
- [71].Strietska-Ilina, O., Chun, H. K., & Aleksynska, M. (2021). Changing demand for skills in digital economies and societies: literature review and case studies from low-and middle-income countries.
- [72].TIETZE, M., & MCBRIDE, S. (2020). Robotics and the impact on nursing practice.
- [73].Tobe, F. (2015). Why Co-Bots Will Be a Huge Innovation and Growth Driver for Robotics Industry. *IEEE, Spectrum*,(12).
<https://spectrum.ieee.org/collaborative-robots-innovation-growth-driver>.
- [74].TORO. (2013). Institute of Robotics and Mechatronics.
<https://www.dlr.de/rm/en/desktopdefault.aspx/tabid-11678/#gallery/28603>.
- [75].Trudell, C., Hagiwara, Y., & Jie, M. (2014). Humans replacing robots herald Toyota’s vision of future. Online verfügbar: [http://www. bloomberg.com/news/articles/2014-04-06/humans-replacingrobots-herald-toyota-s-vision-of-future](http://www.bloomberg.com/news/articles/2014-04-06/humans-replacingrobots-herald-toyota-s-vision-of-future) (Stand: 02.12. 2015).
- [76].Underwriters Laboratories. UL 1740. Standard For Robots And Robotic Equipment: UL; 2007.
- [77].WORLD TRADE ORGANIZATION.(2021)Committee on Technical Barriers to Trade - Notification - European Union - Safety of machinery.<https://web.wtocommerce.org.tw/Page.aspx?nid=13317&pid=364221>
- [78].Zaleski, A. (2016). Man and machine: The new collaborative workplace of the future. *Consumer News and Business Channel*.<https://www.cnbc.com/2016/10/31/ford-uses-co-bots-and-factory-workers-at-its-cologne-fieta-plant.html>.
- [79].2021 年世界機器人報告（2021）。世界機器人聯盟（International Federation of Robotics, IFR）。2022 年 8 月 10 日，取自

- https://ifr.org/downloads/press2018/2021-01-27_IFR_press_release_Robot_density-Chinese.pdf。
- [80].王宣智（2015）。日本機器人新戰略之產業策略。科技政策觀點。財團法人國家實驗研究院科技政策與資訊研究中心。
- [81].行政院生產力 4.0 發展方案(2015)。行政院科技會報辦公室。台灣經濟論衡，卷 13，期.3，頁 50、54。2022 年 8 月 10 日，取自：
<https://ws.ndc.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9hZG1pbmlzdHJhdG9yLzEwL3JlbGZpbGUvMC85MjQ2L2Q3NDQ4NzA4LWRmYjktNGU0YS04MDQ5LWNhMWNhOTE1MDI1Yy5wZGY%3D&n=Mj7nibnliKXloLHlsI4zLnBkZg%3D%3D&icon=..pdf>
- [82].汪建南、馬雲龍（2016）。工業 4.0 的國際發展趨勢與台灣因應之道。國際金融參考資料，第 69 輯，頁 133-155。中央銀行出版品。
- [83].林怡慧（2021）。因應產業人機協作新趨勢對勞動環境及勞動權益之影響與展望專家學者諮詢會議紀要報導。勞動部台灣勞工季刊，第 65 期，頁 4-13。
- [84].林曉嬋（2019）。新興科技對未來勞動市場的挑戰與因應。國家發展委員會人力發展處人力規劃及發展研究報告，第 19 輯，頁 1-40。
- [85].法制部。促進智慧機器人的發展和普及的法案。韓國，法制部，29/12/2020。取自：
<https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EC%A7%80%EB%8A%A5%ED%98%95%EB%A1%9C%EB%B4%87%EA%B0%9C%EB%B0%9C%EB%B0%8F%EB%B3%B4%EA%B8%89%EC%B4%89%EC%A7%84%EB%B2%95>.
- [86].苗馨允（2016）。邁向第 4 次產業革命之「機器人大國」。機械資訊，第 715 期，頁 57-61。臺灣機械工業同業公會。
- [87].國家發展委員會（2020）。中華民國人口推估（2020 至 2070 年）報告。取自：[https://pop-proj.ndc.gov.tw/upload/download/%E4%B8%AD%E8%8F%AF%E6%B0%91%E5%9C%8B%E4%BA%BA%E5%8F%A3%E6%8E%A8%E4%BC%B0\(2020%E8%87%B32070%E5%B9%B4\)%E5%A0%B1%E5%91%8A.pdf](https://pop-proj.ndc.gov.tw/upload/download/%E4%B8%AD%E8%8F%AF%E6%B0%91%E5%9C%8B%E4%BA%BA%E5%8F%A3%E6%8E%A8%E4%BC%B0(2020%E8%87%B32070%E5%B9%B4)%E5%A0%B1%E5%91%8A.pdf). Retrieved date: 2022/8/10.
- [88].張智奇、林懿貞(2017)。智慧聯網生產型態下勞動市場供需與青年就業促進研究。頁 284。
- [89].張智奇、連瑋鑫(2021)，人機協作對於人力需求及技能發展的影響及挑戰，臺灣勞工季刊，65 期，頁 24-33。
- [90].許宏德(2021)，人機協作對於職場安全的影響及挑戰，臺灣勞工季刊，65 期，頁 14-23。

- [91]. 陳雋浩 (2021)。探討人機協作下人的心智負荷。國立陽明交通大學機械工程系所碩士論文，新竹市。取自 <https://hdl.handle.net/11296/rr7924>
- [92]. 陸鴻偉 (2021)。人工智慧發展對就業之影響與因應。國家發展委員會經濟發展處經濟研究年刊，第 21 期，頁 1-56。
- [93]. 勞動部，工業用機器人危害預防標準，法規資料庫，檢自：
<https://laws.mol.gov.tw/FLAW/FLAWDAT0202.aspx?id=FL015037>。
- [94]. 勞動部，職業安全衛生法，法規資料庫，檢自：
<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=n0060001>。
- [95]. 勞動部勞動力發展署 (2020)。發展沿革。取自
<https://www.wda.gov.tw/cp.aspx?n=2421206077EBB11F>. Retrieved date: 2022/8/10.
- [96]. 智慧機械產業 2022-2024 專業人才需求推估調查 (2021)。經濟部工業局。2022 年 8 月 10 日，取自：
<https://ws.ndc.gov.tw/001/administrator/18/refile/6037/9211/d89e98d1-b01e-4343-963f-7e48d9fbc96d.pdf>.
- [97]. 黃淑婷 (2020)。數位科技解決我國人口結構變遷優先議題與對策之研究。國家發展委員會人力發展處人力規劃及發展研究報告，第 20 輯，頁 1-44。
- [98]. 經濟部駐韓國台北代表部經濟組 (2019)。韓國擬將機器人產業發展成全球第 4 大強國。經濟部商情快蒐。取自：
<https://info.taiwantrade.com/biznews/%E9%9F%93%E5%9C%8B%E6%93%AC%E5%B0%87%E6%A9%9F%E5%99%A8%E4%BA%BA%E7%94%A2%E6%A5%AD%E7%99%BC%E5%B1%95%E6%88%90%E5%85%A8%E7%90%83%E7%AC%AC4%E5%A4%A7%E5%BC%B7%E5%9C%8B-1775274.html>. Retrieved date: 2022/8/10.
- [99]. 葉席吟、葉芳瑜、林海珍 (2018)。人機協作之生活服務科技創新系統研析。
- [100]. 潘俊良 (2017)。德國機器人和人工智慧研究，科技法律研究所。取自：
<https://stli.iii.org.tw/article-detail.aspx?no=67&tp=1&d=7749>.
- [101]. 潘敏瑤 (2017)。“人機協作”從概念到趨勢的解析 (五)：國外製造業協作機器人應用一覽。高工機器人網，取自：<https://www.gg-robot.com/asdisp2-65b095fb-60284-.html>
- [102]. 蘇恒立 (2017)。「協同作業機器人國際標準技術重點介紹」。財團法人安全衛生技術中心。取自：
[https://www.asmag.com.tw/roadshow/download/2017/\(%E7%B0%A1%E5%A0%B112\)%E5%8D%94%E5%90%8C%E4%BD%9C%E6%A5%AD%E6%A9%9F%E5%99%A8%E4%BA%BA%E5%9C%8B%E9%9A%9B%E6%A8%99%E6%BA%96%E6%8A%80%E8%A1%93%E9%87%8D%E9%BB%9E](https://www.asmag.com.tw/roadshow/download/2017/(%E7%B0%A1%E5%A0%B112)%E5%8D%94%E5%90%8C%E4%BD%9C%E6%A5%AD%E6%A9%9F%E5%99%A8%E4%BA%BA%E5%9C%8B%E9%9A%9B%E6%A8%99%E6%BA%96%E6%8A%80%E8%A1%93%E9%87%8D%E9%BB%9E)

[%E4%BB%8B%E7%B4%B9 %E8%98%87%E6%81%92%E7%AB%8B%E8%99%95%E9%95%B7.pdf](#)

- [103]. 蘇晨瑜 (2021)。讓機器幫一把 製造業大未來 人機協作營造更健全工作環境。臺灣勞工季刊，第 65 期，頁 34-39。
- [104]. 韓國機器人使用者協會(한국로봇사용자협회)，《協作機器人安裝工作場所安全認證審查規定》(협동 로봇 설치 작업장 안전인증 심사규정)，取自 <https://korua.or.kr/%eb%a1%9c%eb%b4%87%ec%82%b0%ec%97%85-%ec%95%88%ec%a0%84%ec%9e%90%eb%a3%8c/>

二、網路資料

- [105]. Cat Robot Servers at Skylark Restaurants. (2021). AKIHABARA NEWS. <https://akihabaranews.com/cat-robot-servers-at-skylark-restaurants/>
- [106]. Chopra, R. (2017). Robots sweep across Maruti Suzuki's shop floor. electronics B2B. <https://www.electronicseb2b.com/industry-buzz/robots-sweep-across-maruti-suzukis-shop-floor/>
- [107]. Cobots vs. Industrial Robots: What Are the Differences? (n.d.). Collaborative Robotics Trends. <https://www.cobottrends.com/cobots-vs-industrial-robots-what-are-differences/>
- [108]. Cuthbertson, A. (2022). Robot Sheep Dog Herds Animals in New Zealand. INDEPENDENT. <https://www.independent.co.uk/tech/robot-sheep-dog-boston-dynamics-spot-robotics-a9526276.html>
- [109]. Cobot Basics: 5 Differences Between Collaborative Robots and Traditional Robots. (2019). Elixir. <https://www.elixirphil.com/cobot-basics-differences-collaborative-robots-traditional-robots/>
- [110]. Cobot: A Helping Hand at MINI Plant Oxford. (2018). The Manufacturer. <https://www.themanufacturer.com/articles/cobot-a-helping-hand-at-mini-plant-oxford/>
- [111]. Force Design. *COLLABORATIVE ROBOTS: A COMPREHENSIVE GUIDE TO CAPABILITIES, SAFETY, AND APPLICATIONS*. Retrieved 2022/8/19, from <https://www.forcedesign.biz/collaborative-robots-a-comprehensive-guide#top>
- [112]. Fung, D. (2022). Who Won the Global Automotive Sales Race in 2021? CarExpert. <https://www.carexpert.com.au/car-news/who-won-the-automotive-global-sales-race-in-2021>
- [113]. Hambling, D. (2021). Taking Down Terminators: U.S. Army Carries Out First Exercise Fighting Enemy Robots. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2021/10/22/us-army-carries-out-first-exercise-fighting-enemy-robots/?sh=7e6af6056c03>

- [114]. Manfredi , L . (2022). Meet Proteus: Amazon’s First “fully Autonomous” Mobile Warehouse Robot. FOXBusiness.
<https://www.foxbusiness.com/technology/proteus-amazon-first-fully-autonomous-mobile-warehouse-robot>
- [115]. Mech-Mind, "Vision-Guided Assembly of Counterweights," Mech-Mind, [Online]. Available: <https://www.mech-mind.com/use-cases/vision-guided-assembly-of-washing-machine-counterweights-for-household-appliance-factory.html>.
- [116]. Ministry of Trade, Industry and Energy (2015). Stepping Stone Project to Create USD 2.7 Bil Market by 2017.https://english.motie.go.kr/en/pc/pressreleases/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=372&bbs_cd_n=2
- [117]. Ministry of Trade, Industry and Energy (2021). Vice Minister Cheong Announces Roadmap for Regulatory Innovation in Robot Industry.
http://english.motie.go.kr/en/pc/photoneews/bbs/bbsList.do?bbs_cd_n=1&bbs_seq_n=1001.
- [118]. Thomas, M. (2022). 11 Medical and Surgical Robots Transforming the Healthcare Industry. Built In. <https://builtin.com/robotics/surgical-medical-healthcare-robotics-companies>
- [119]. Personable Pepper robot gets a job in a pizza joint(2016).New Atlas.
<https://newatlas.com/mastercard-pizza-hut-pepper-commerce-app-pilot/43525/>.
- [120]. Pickit, The LG Home Appliance & Air Solution: the Smart Park where robots with vision assemble refrigerators. <https://www.pickit3d.com/en/blog/the-lg-home-appliance-air-solution-company-the-smart-park-where-robots-with-pickit-3d-vision-assembly-refrigerators>.
- [121]. Robotics for people with disabilities. Industry 4.0. (2018).<https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/en/robotics-for-people-with-disabilities-171968.html>
- [122]. ROBBIE THE COBOT HELPS DISABLED PEOPLE AND THOSE WITH REDUCED MOBILITY TACKLE FORD ASSEMBLY WORK.(2022).<https://media.ford.com/content/fordmedia/feu/en/news/2022/05/25/robbie-the-cobot-helps-disabled-people-and-those-with-reduced-mo.html>
- [123]. Tao , M. (2020). Collaborative Robots: A Helping Hand in Healthcare. Robotics and Automation News.
<https://roboticsandautomationnews.com/2020/05/11/collaborative-robots-a-helping-hand-in-healthcare/32189/>
- [124]. 丁于珊（2016）。機器人革命席捲日本。CTIMES。取自：
<https://ctimes.com.tw/DispArt-tw.asp?O=HK04876DHF2ARASTDP>。

- [125]. 工研院，「經濟部推出全臺第一個機器人外送員 Cubot ONE」，工研院，2023/02/22。
(https://www.itri.org.tw/ListStyle.aspx?DisplayStyle=01_content&SiteID=1&MmmID=1036276263153520257&MGID=112022212555095392)
- [126]. 日本勞動安全衛生法(勞働安全衛生規則)，檢自：<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=347AC00000000057>
- [127]. 日本勞動安全衛生規則(勞働安全衛生規則)，檢自：https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=347M50002000032_20220531_504M60000100091
- [128]. 王明德(2016)。台灣工業機器人後勢看漲。CTIMES。取自：
<https://www.ctimes.com.tw/DispArt/tw/FANUC/ABB/%E5%8F%B0%E9%81%94/YASKAWA/%E8%87%AA%E5%8B%95%E5%8C%96/160412145531.shtml>.
- [129]. 台灣就業通(2021)。產業快訊—工業機器人產業發展。取自：
<https://job.taiwanjobs.gov.tw/internet/index/DocDetail.aspx?uk=1590&docid=38567>. Retrieved date: 2022/8/10.
- [130]. 全台第1佳世達取得人機協作安全認證(2019)。自由時報。2022年8月10日，取自：<https://ec.ltn.com.tw/article/breakingnews/2764254>. Retrieved date: 2022/8/10.
- [131]. 你的工作會被機器人取代嗎?(2017)。日本經濟新聞中文網。2022年8月19日，取自：
<https://zh.cn.nikkei.com/industry/scienceatechnology/24989-2017-05-09-04-59-13.html>.
- [132]. 佳世達取得人機協作安全認證(2019) Digitime，取自：
https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=130&id=0000559034_jps1b1sv24mcpd5vs3efj
- [133]. 所羅門有限公司。有了工業機器人為何還要協作器?。2022年8月19日，取自：
<https://www.solomon.com.tw/%E7%94%A2%E5%93%81/%E6%99%BA%E5%8B%95%E5%8C%96%E4%BA%8B%E6%A5%AD%E7%BE%A4/robot/%E6%9C%89%E4%BA%86%E5%B7%A5%E6%A5%AD%E6%A9%9F%E5%99%A8%E4%BA%BA-%E7%82%BA%E4%BD%95%E9%82%84%E8%A6%81%E5%8D%94%E4%BD%9C%E6%A9%9F%E5%99%A8%E4%BA%BA/>
- [134]. 拐點將至，誰能引領服務機器人黃金十年(2021)。取自：
<https://mp.weixin.qq.com/s/wKnHw3Ziy4Qt2OGxsMaWQw>
- [135]. 林宏文(2021)。人機協作-一個台灣智慧製造的新觀點。取自：
<https://hungwenlin.com/blog/2021/%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E5%8D%94%E4%BD%9C%EF%BC%8C%E4%B8%80%E5%80%8B%E5%8F%B0%>

- E7%81%A3%E6%99%BA%E6%85%A7%E8%A3%BD%E9%80%A0%E7%9A%84%E6%96%B0%E8%A7%80%E9%BB%9E/
- [136]. 林浩博（2021）。韓國央行報告稱，機器人擴大使用造成製造業人類勞力需求明顯下滑。財訊快報。2022年8月19日，取自：
<https://tw.news.yahoo.com/%E9%9F%93%E5%9C%8B%E5%A4%AE%E8%A1%8C%E5%A0%B1%E5%91%8A%E7%A8%B1-%E6%A9%9F%E5%99%A8%E4%BA%BA%E6%93%B4%E5%A4%A7%E4%BD%BF%E7%94%A8%E9%80%A0%E6%88%90%E8%A3%BD%E9%80%A0%E6%A5%AD%E4%BA%BA%E9%A1%9E%E5%8B%9E%E5%8A%9B%E9%9C%80%E6%B1%82%E6%98%8E%E9%A1%AF%E4%B8%8B%E6%BB%91-075303680.html>
- [137]. 社團法人台灣智慧自動化與機器人協會（2022）。協會業務。取自：
https://www.tairoa.org.tw/introduce/our_objective.aspx#. Retrieved date: 2022/8/10.
- [138]. 涂鉅旻，「外骨骼動力服曝光！國軍2023年將推「荷重型」」，自由時報電子報，2021/10/26。
<https://news.ltn.com.tw/news/politics/breakingnews/3716261>
- [139]. 資策會科技法律研究所(2020)科技法制要聞：韓國人工智慧風險管理趨勢研析。取自 <https://stli.iii.org.tw/article-detail.aspx?no=55&tp=1&d=8530>
- [140]. 達明機器人（2022）。關於我們。Website: <https://www.tm-robot.com/zh-hant/about-us/>. Retrieved date: 2022/8/10.
- [141]. 廖家宜(2018)。上銀機器人搭3D視覺維持高效率每分鐘可完成120個餅乾包裝。DIGITIMES。取自：
https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&cat1=20&cat2=10&id=0000540840_E0V936XG3MZMAG1Q18D0C。
- [142]. 廖家宜(2019)。安全與速度難兩全 協作機器人三大癥結浮現仍有待解答。DIGITIMES，智慧應用。取自：
https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&cat1=20&cat2=10&id=0000562909_906LDTUCLY283ALFCB5I6
- [143]. 劉尚昀(2017)。Delta 機器人平行移動快速特性適合食品加工應用場域 DIGITIMES。取自：
https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&id=0000505692_7zs5vc32lkvu0b1289irh。
- [144]. 機器人大講堂（2022）。密度世界最高，韓國的機器人產業為何能夠快速興起？如今怎麼樣？。今天頭條。取自：
https://twgreatdaily.com/519026487_489960-sh.html。Retrieved date: 2022/8/10。

- [145]. 謝艾莉(2022)。研華小金雞！工業控制器寶元數控 申請登錄興櫃。聯合新聞報。2022 年 8 月 19 日，取自：<https://udn.com/news/story/7254/6469809>。
- [146]. ABB. “YuMi® - IRB 14000 | 協作型機器人,” 13/04/2015.
<https://new.abb.com/products/robotics/zh-tw/cobot/irb-14000-yumi>.
- [147]. Diligent Robots - Moxi. Diligent Robotics.
<https://www.diligentrobots.com/moxi>
- [148]. Rethink Robotics. "Sawyer BLACK Edition," <https://www.rethinkrobotics.com/sawyer>.
- [149]. Stamford Agricultural Services Ltd (2020). Trioliet Automatic Feeding Systems. <https://www.stamfordagricultural.co.uk/trioliet-automatic-feeding-systems/>.
- [150]. 調整頭燈時的人機協作，取自：<https://www.kuka.com/zh-tw/%e8%a1%8c%e6%a5%ad/%e8%a7%a3%e6%b1%ba%e6%96%b9%e6%a1%88%e8%b3%87%e6%96%99%e5%ba%ab/2019/01/%e4%ba%ba%e6%a9%9f%e5%8d%94%e4%bd%9c%e9%a0%ad%e7%87%88%e8%aa%bf%e6%95%b4>
- [151]. FORD CHOREOGRAPHS ROBOTS TO HELP PEOPLE – AND EACH OTHER – ON THE FIESTA ASSEMBLY LINE (2019) COLOGNE, GERMANY ,
取自：<https://media.ford.com/content/fordmedia/feu/en/news/2019/09/26/ford-choreographs-robots-to-help-people--and-each-other--on-the-.html>
- [152]. 在導入協作型機器人同時，RNB Cosméticos 同步提升員工專業才能。取自：<https://www.universal-robots.com/tw/case-stories/rnb-cosmeticos/>
- [153]. Stäubli China 成功案例，取自
<https://www.staubli.com/cn/zh/robotics/industries/food/ready-made-meals/packaging-of-fish-sticks.html>
- [154]. Universal Robots 案例分享，取自：<https://www.universal-robots.com/case-stories/stellantis/>
- [155]. Universal Robots 案例分享，取自：<https://www.universal-robots.com/case-stories/pentik-oy/>
- [156]. 優傲協助法國 BWIndustrie 提高生產力，成功避免產線外移，取自：
<https://www.universal-robots.com/tw/case-stories/bw-industrie/>
- [157]. Universal Robots 案例分享，取自：<https://www.universal-robots.com/case-stories/boog-machining/>
- [158]. Universal Robots 案例分享，取自：<https://www.universal-robots.com/case-stories/hyundai-induction-hardening-heat-treatment/>

- [159]. 與人協同進行的裝卸作業（碼垛機）的自動化，取自：
https://www.fa.omron.com.cn/robotics/video_details/9.html
- [160]. 樂音科技的記憶體透過 4 台 UR5 機器人提高了生產效率與產品質量。取自：
<https://www.universal-robots.com/tw/case-stories/%E6%A8%82%E9%9F%B3%E7%A7%91%E6%8A%80/>
- [161]. Universal Robots 案例分享，取自：
<https://www.universal-robots.com/ko/%EC%82%AC%EB%A1%80-%EC%97%B0%EA%B5%AC/caf%C3%A9-%EB%B4%87%EB%B4%87%EB%B4%87/>
- [162]. Universal Robots 案例分享，取自：
<https://www.universal-robots.com/case-stories/thyssenkrupp-bilstein/>
- [163]. Universal Robots 案例分享，取自：
<https://www.universal-robots.com/case-stories/creating-revolutions/>
- [164]. SCOTT FETZER ELECTRICAL GROUP 將優傲機器人架上有輪子上的台車，其機動的性能更提高了生產力和員工的安全，取自：
<https://www.universal-robots.com/tw/case-stories/scott-fetzer-electrical-group/>
- [165]. Sony, "SONY UKTEC WILL BE THE FIRST IN THE UK TO ORDER ABB YUMI," Sony UK Technology Centre, 16/02/2016. [Online]. Available:
<https://www.sonypencoed.co.uk/news/2016/02/16/sony-uktec-will-be-the-first-in-the-uk-to-order-abb-yumi/>.
- [166]. Universal Robots 案例分享。取自：
<https://video.universal-robots.com/dynamic-group>
- [167]. Universal Robots 案例分享。
取自：
<https://www.universal-robots.com/tw/case-stories/%E7%99%BE%E6%B3%B0%E9%BD%8A%E8%82%A1%E4%BB%BD%E6%9C%89%E9%99%90%E5%85%AC%E5%8F%B8/>
- [168]. Was Ist Industrie 4.0? . Bundesministerium Für Wirtschaft Und Klimaschutz.
<https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html>
- [169]. 協作機械手臂應用：餐飲業，取自：
https://ims.dksh.tw/stories_detail_55.htm
- [170]. 迎向工業 4.0 智慧浪潮，ABB 聯手佳世達生產流程變 Smart (2017) ABB 整合傳播部企劃製作，天下雜誌。取自：
<https://www.cw.com.tw/article/5083043>
- [171]. 金屬加工為製造重要根基 機器人結合加工機發揮綜效。
DIGITIMES.https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&id=0000543914_qai8z73j2tahs33m7jbsi

- [172]. 做一天就被放假，漢堡機器人 Flippy 動作慢，取自：
<https://technews.tw/2018/03/18/burger-flipping-robot-taken-offline-after-one-day/>
- [173]. 達文西勁敵!全球最小手術機器人創史上最高醫療科技募資案，取自：
https://innoaward.taiwan-healthcare.org/unicorn_detail.php?REFDOCTYPID=0qusbhxwprk0wbt6&REFDOCID=0qxm4b8lf1re7v1v
- [174]. 達文西機器人手術系統，引爆新商戰，取自：
<https://technews.tw/2018/08/12/da-vinci-surgery-detonate-new-business-wars/>
- [175]. 機器人輔助的康復 - ROBERT® 和 KUKA 使活動變得簡單，取自：
<https://www.kuka.com/zh-tw/%e8%a1%8c%e6%a5%ad/%e8%a7%a3%e6%b1%ba%e6%96%b9%e6%a1%88%e8%b3%87%e6%96%99%e5%ba%ab/2019/08/life-science-robotics-robert>
- [176]. ロボスタ編集部, “トヨタとパナソニックが指の怪我防止と安全評価用「指ダミー」を開発 人と機械・協働ロボットが安心安全に共存するため,” ロボスタ, 18 10 2021. , 取自：
<https://robotstart.info/2021/10/18/pana-toyota-yubidummy.html>.
- [177]. けいざいさんぎょうしょう, “「ロボットによる新たな産業革命」の実現に向けて,” けいざいさんぎょうしょう, 13 2016. , 取自：
https://www.kansai.meti.go.jp/E_Kansai/page/201603/01.html.
- [178]. 協働ロボットとパラレルリンクロボットを組み合わせたラベル貼付システム，取自：http://www.robo-navi.com/cases/detail?case_id=244
- [179]. 車載用安全装置部品のトレー移送及び整列工程へのロボット導入，取自：http://www.robo-navi.com/cases/detail?case_id=28
- [180]. 高島株式会社(2022), "協働ロボットを安全に使うポイントとは？－規格や制限事項を知ろう－," 高島株式会社，取自：<https://www.tak-robot-marketing.co.jp/contents/detail/safety-standard>.

附錄 1、問卷題目設計

說明：本研究係受勞動部綜合規劃司委託，主要目的在探討機械人協作於我國發展趨勢以及針對幾項與勞工權益相關之議題進行分析，其中包含勞工面臨之勞動條件與工作環境改變、企業對其人力資源及職能需求之變動與因應，以及人機協作對職業安全衛生影響與因應等主要面向。為深入了解我國製造業企業導入人機協作之實際情形，特規劃此問卷調查。

本研究所謂協作機器人意指有別於傳統工業機器人因移動速度及輸出功率較大，需要安全圍籬隔開人員與機器；協作機器人是在設置上具有內建的安全裝置(例如碰觸到人員會自行減速或停止)而可以近距離接觸與操作的機械手臂或搬運型機器人(如自主移動機器人 ARM)。

第一類問卷：有導入人機協作之企業

第一部分、基本資料

(1). 產業別(含細分類)

(1)金屬製品製造業	(2)電子零組件製造業
☐ (1)金屬刀具、手工具及模具製造業	☐ (1)半導體製造業
☐ (2)金屬結構及建築組件製造業	☐ (2)被動電子元件製造業
☐ (3)金屬容器製造業	☐ (3)印刷電路板製造業
☐ (4)金屬加工處理業	☐ (4)光電材料及元件製造業
☐ (5)其他金屬製品製造業	☐ (5)其他電子零組件製造業

(2). 公司規模(員工人數)

- ☐ (1)不到 100 人
- ☐ (2)100 人以上不到 200 人
- ☐ (3)200 人以上

(3). 公司所在地：

- ☐ 北部(基隆市、臺北市、新北市、桃園市、新竹市、新竹縣)
- ☐ 中部(苗栗縣、臺中市、彰化縣、南投縣、雲林縣)

☐南部(嘉義市、嘉義縣、台南市、高雄市、屏東縣)

(4).企業內部勞工年齡層分佈：

(1)20 歲以下：__% (2)21-30 歲：__% (3)31-40 歲：__%

(4)41-50 歲：__% (5)51-60 歲：__% (6)61-70 歲：__%

第二部份、公司導入協作機器人之情形

(1). 自動化程度

(1) 貴公司是否導入協作機器人？

☐ (1)是

☐ (2)否

(2) 貴公司什麼時候開始導入協作機器人：_____（年）

(3) 整體生產過程由機器(包含傳統工業用機器人、協作機器人)來完成的
比例大約多少？

☐ (1)不到 10% ☐ (2)超過 10%不到 30% ☐ (3)超過 30%不到 50% ☐ (4)
超過 50%不到 70%以下 ☐ (5)70%以上

(4) 在有協作機器人的產線中，使用協作機器人來完成產品的比例為多
少？

☐ (1)不到 10% ☐ (2)超過 10%不到 30% ☐ (3)超過 30%不到 50% ☐ (4)
超過 50%不到 70%以下 ☐ (5)70%以上

(2). 導入協作機器人的數量：_____台

(3). 協作機器人的類型：(複選)

☐ (1)機械手臂

☐ (1)氣壓式機械手臂、☐ (2)液壓式機械手臂、☐ (3)電動式機械手臂

☐ (4)其他：_____

☐ (2)搬運型協作機器人

☐ (1)自主移動機器人 (AMR)、☐ (2)自動導引車 (AGV) ☐ (3)其他：_____

(4). 協作機器人的用途：(複選)

☐ (1)組裝 ☐ (2)鎖螺絲 ☐ (3)堆垛 ☐ (4)拾放(夾取物件)

☐ (5)包裝 ☐ (6)焊接 ☐ (7)鑄鍛 ☐ (8)拋光

☐ (9)噴漆 ☐ (10)搬運 ☐ (11)其他：_____

(5). 人機協作從初次導入到穩定使用所需的時間

☐ (1) 不到一年

☐ (2) 一年到三年

☐ (3) 三年以上

(6). 當初導入協作機器人的原因(複選)

☐ (1) 人力短缺；☐ (2) 產品需求多元化；☐ (3) 增加生產效率；

☐ (4) 提升產品品質；☐ (5) 減少員工的工作負荷；

☐ (6) 減少輪班或夜間工作的人力；

☐ (7) 其他：_____

(6-1). 在您上述勾選的原因中，最主要的是哪一項： _____

(7). 導入人機協作模式是否達到預期效果？

☐ (1) 是；

☐ (2) 否，未能達到預期效果的主因是什麼？

☐ (1) 與原有的生產流程無法融入；

☐ (2) 員工對操作不熟悉；

☐ (3) 機器人不夠客製化；

☐ (4) 管理者對人機協作系統不熟悉無法有效地管理；

☐ (5) 其他：_____

(8). 除協作機器人外，廠內是否有人機分離的自動化生產流程？

☐ (1) 是

☐ (2) 否

(9). 新冠肺炎的疫情是否加速公司導入人機協作的進程？

☐ (1) 是

☐ (2) 否

第三部份、人機協作模式對勞動者工作環境及工作型態之改變與因應

(10). 導入協作機器人後，產線員工的工作環境有何改變?(複選)

☐ (1) 空間更寬敞；☐ (2) 噪音降低；☐ (3) 廠內溫度較適宜；

☐ (4) 空氣品質較佳；☐ (5) 動線更順暢；☐ (6) 其他：_____

(11). 導入協作機器人後，產線員工的工作型態與內容有何改變?(複選)

☐ (1) 減少負重的工作；☐ (2) 減少重複性的工作；☐ (3) 減少走動；

☐ (4) 減少危險性工作；☐ (5) 需要對整體生產流程有更多了解；

☐ (6) 需要具備操作系統與處理資訊的能力；

☐ (7) 其他：_____

(12). 導入人機協作前，公司有無對產線員工進行說明？

☐ (1) 有

☐ (2) 沒有

(13). 產線員工是否有出現擔心或反彈的反應？

☐ (1) 有

☐ (2) 沒有

(14). 針對難以適應人機協作模式的員工，公司會提供何種協助？

☐ (1) 員工都能夠適應；☐ (2) 提供教育訓練；

☐ (3) 將員工調換單位；☐ (4) 他人協助；

☐ (5) 其他：_____

(15). 在生產規模不變的情況下，是否因為導入人機協作而有基層人力投入減少的情形；若有，則減少投入的比例為何？

☐ (1) 有，減少投入的比例大約為____%

☐ (2) 沒有(跳至第 18 題繼續作答)

(16). 承上，公司是否因為減少人力而引發勞資爭議？

☐ (1) 有，因應方式為

☐ (1) 內部協商 ☐ (2) 外部協調 ☐ (3) 調解

☐ (4) 仲裁 ☐ (5) 司法途徑

☐ (2) 沒有

(17). 導入人機協作後，員工的勞動條件是否隨之提升？

☐ (1) 是，提升的內容(複選)

☐ (1) 薪資上漲；☐ (2) 工時減少；☐ (3) 其他福利項目增加

☐ (2) 不會因為人機協作的導入而有調整

第四部分、人機協作之導入對於企業人力資源發展策略及職能需求之變化與因應

(18). 導入人機協作後，公司既有基層員工在人力需求上有什麼樣的改變？

☐ (1) 維持不變

☐ (2) 人力需求增加，公司增加人力的來源為何？(複選)

- ☐ (1) 招募正職員工；☐ (2) 招募臨時人員；
☐ (3) 從公司其他部門調動人力；
☐ (4) 與大專院校進行產學合作，招募產學合作學生；
☐ (5) 其他：_____

□ (3) 人力需求減少，公司如何安排多餘的人力？(複選)

- ☐ (1) 轉移到其他部門；☐ (2) 增加其他工作(業務)；
☐ (3) 增設新部門；☐ (4) 予以裁汰；
☐ (5) 其他：_____

公司會安排何種教育訓練協助上述員工？(複選)

- ☐ (1) 生產管理 ☐ (2) 實際操作 ☐ (3) 品質管理
☐ (4) 供應鏈管理 ☐ (5) 安全衛生管理 ☐ (6) 資通訊管
☐ (7) 設備安裝維運 ☐ (8) 其他：_____

(19). 導入人機協作後，原有的生產線員工職能需求有無改變？(複選)

☐ (1) 無

☐ (2) 有，需增加的能力有：

- ☐ (1) 感測器與訊號處理能力；☐ (2) 機電整合能力；
☐ (3) 軟體與程式應用能力；☐ (4) 巨量資料分析能力；
☐ (5) 物聯網系統整合應用能力；☐ (6) 雲端數據整合應用能力；
☐ (7) 網站／系統設計規劃／開發能力；
☐ (8) 機械設備系統整合能力；☐ (9) 機械設備安裝維運能力；
☐ (10) 自動控制系統管理能力；☐ (11) 智慧化生產管理能力；
☐ (12) 智慧化生產品質管理能力；☐ (13) 資訊安全管理能力；
☐ (14) 一般管理能力；☐ (15) 跨領域整合應用能力；
☐ (16) 其他：_____

公司如何滿足新的職能需求？

- ☐ (1) 安排內／外部教育訓練；☐ (2) 員工自行進修學習；
☐ (3) 招募新的人力；☐ (4) 請系統設備廠商提供輔導協助；
☐ (5) 其他：_____

(20). 導入人機協作後，新招募的員工之職能需求有無改變？(複選)

☐ (1) 有，改變的職能需求如：

- ☐ (1) 感測器與訊號處理能力；☐ (2) 機電整合能力；

- ☐ (3)軟體與程式應用能力；☐ (4)巨量資料分析能力；
☐ (5)物聯網系統整合應用能力；☐ (6)雲端數據整合應用能力；
☐ (7)網站／系統設計規劃／開發能力；
☐ (8)機械設備系統整合能力；☐ (9)機械設備安裝維運能力；
☐ (10)自動控制系統管理能力；☐ (11)智慧化生產管理能力；
☐ (12)智慧化生產品質管理能力；☐ (13)資訊安全管理能力；
☐ (14)一般管理能力；☐ (15)跨領域整合應用能力；
☐ (16)其他：_____

☐ (2)無

(21). 導入人機協作後，公司是否產生新職務職稱？

☐ (1)有，何種新職務職稱？

- ☐ (1)機器人感知系統工程師
☐ (2)機器人機電整合工程師
☐ (3)智慧手持裝置嵌入式系統／應用軟體工程師
☐ (4)巨量資料分析師
☐ (5)物聯網系統應用工程師
☐ (6)雲端數據管理應用工程師
☐ (7)網站／系統設計規劃／開發人員
☐ (8)系統整合工程師
☐ (9)機械設備安裝維運工程師
☐ (10)自動控制工程師
☐ (11)智慧化生產工程師
☐ (12)智慧化生產品質管理工程師
☐ (13)資訊安全工程師
☐ (14)其他：_____

☐ (2)無

(22). 導入人機協作後，組織在招募聘用人力上，對何種科系或學科的畢業生會優先考量？(複選)

- ☐ (1)機械工程科系 ☐ (2)電子工程科系 ☐ (3)電機工程科系
☐ (4)資訊工程科系 ☐ (5)材料工程科系 ☐ (6)自動化工程科系
☐ (7)人工智慧應用工程科系 ☐ (8)機械與電腦輔助工程科系

- ☐ (9) 工業工程管理科系 ☐ (10) 企業管理科系 ☐ (11) 資訊管理系科系
☐ (12) 人力資源管理與發展科系
☐ (13) 其他科系：_____

(23). 導入人機協作後，公司是否因此增設新的部門？

☐ (1) 是，增設(可複選)：

- ☐ (1) 資訊部門 ☐ (2) 感測實驗室 ☐ (3) 品管（含量測）部門
☐ (4) 機電整合自動控制部門
☐ (5) 物聯網管理部門 ☐ (6) 雲端數據管理部門
☐ (7) 網站管理部門 ☐ (8) 人力資源部門
☐ (9) 智慧（數位）化工廠戰情室
☐ (10) 其他：_____

☐ (2) 否

第五部分、人機協作之導入對於企業職業安全衛生措施之變化與因應

(24). 公司目前所使用的協作機器人本身內建的安全裝置為何？

- ☐ (1) 安全額定監控停止 ☐ (2) 速度及分隔距離的監控
☐ (3) 動力和力量的限制 ☐ (4) 手動引導系統 ☐ (5) 其他：_____

(25). 現行職安署訂定的「工業用機器人危害預防標準」在公司導入協作機器人的過程中，有無窒礙難行之處？

- ☐ (1) 有
☐ (2) 無

(26). 現行的「工業用機器人危害預防標準」在公司導入協作機器人的過程中，7項安全評估報告是否有發揮指引效果？

- ☐ (1) 是
☐ (2) 否

(27). 公司導入人機協作工作模式在職業災害影響方面，增加或減少了哪一類職災？(可能同時有增加、減少)

- ☐ (1) 增加，哪一類？
☐ (1) 職業傷害
(☐ (1) 撞傷 ☐ (2) 夾傷 ☐ (3) 壓傷 ☐ (4) 燒傷 ☐ (5) 化學性燒傷)
☐ (2) 職業疾病

☐ (1) 人因性危害 ☐ (2) 生物性危害 ☐ (3) 化學性危害 ☐ (4) 物理性危害)

☐ (2) 減少；哪一類？

☐ (1) 職業傷害

☐ (1) 撞傷 ☐ (2) 夾傷 ☐ (3) 壓傷 ☐ (4) 燒傷 ☐ (5) 化學性燒傷)

☐ (2) 職業疾病

☐ (1) 人因性危害 ☐ (2) 生物性危害 ☐ (3) 化學性危害 ☐ (4) 物理性危害)

(28). 人機協作工作模式是否曾對勞工的心理方面造成負面影響？

☐ (2) 否

☐ (1) 是；可能原因為(複選)

☐ (1) 擔心將來工作被取代；☐ (2) 科技、數位能力不足；

☐ (3) 擔心機器的安全性；☐ (4) 員工之間彼此疏離；☐ (5) 工作負荷超載；

☐ (6) 其他：_____

第二類問卷：未導入人機協作的企業

第一部分、基本資料

(1). 產業別(含細分類)

(1) 金屬製品製造業	(2) 電子零組件製造業
☐ (1) 金屬刀具、手工具及模具製造業	☐ (1) 半導體製造業
☐ (2) 金屬結構及建築組件製造業	☐ (2) 被動電子元件製造業
☐ (3) 金屬容器製造業	☐ (3) 印刷電路板製造業
☐ (4) 金屬加工處理業	☐ (4) 光電材料及元件製造業
☐ (5) 其他金屬製品製造業	☐ (5) 其他電子零組件製造業

(2). 公司規模(員工人數)

☐ (1) 不到 100 人

☐ (2) 100 人以上不到 200 人

☐ (3) 200 以上

(3). 公司所在地：

- ☐北部(基隆市、臺北市、新北市、桃園市、新竹市、新竹縣)
☐中部(苗栗縣、臺中市、彰化縣、南投縣、雲林縣)
☐南部(嘉義市、嘉義縣、台南市、高雄市、屏東縣)

(4). 企業內部勞工年齡層分佈：

- (1)20 歲以下：__% (2)21-30 歲：__% (3)31-40 歲：__%
(4)41-50 歲：__% (5)51-60 歲：__% (6)61-70 歲：__%

第二部份、企業現況

(5). 公司整體生產過程由傳統工業機器人來完成的比例大約多少？

- ☐ (1)不到 10% ☐ (2)超過 10%不到 30% ☐ (3)超過 30%不到 50%
☐ (4)超過 50%不到 70%以下 ☐ (4)70%以上

(6). 在未導入協作機器人的情況下，是否會擔心與其他有導入人機協作的同業相比，公司競爭力較為不足？

- ☐ (1)不擔心(跳至第三部分作答)
☐ (2)會擔心，原因是(複選)：
☐ (1)人力短缺問題無法解決；
☐ (2)產品需求趨向多元化，產線無法因應；
☐ (3)生產效率無法提升；☐ (4)產品品質無法提升；
☐ (5)員工的工作負荷無法減輕；☐ (6)其他：_____

(7). 承上，公司面臨上述導致競爭力不足的因素，是否已經採行哪些因應措施？(複選)

- ☐ (1)否(跳至第三部分作答)
☐ (2)是，具體措施為(可複選)：
☐ (1)重新規劃生產線；☐ (2)減少訂單；
☐ (3)將部分製造過程外包給其他廠商；☐ (4)增加聘僱外籍移工；
☐ (5)加快自動化的進程；☐ (6)規劃員工教育訓練；
☐ (7)其他：_____

(8). 承上，公司所採行因應措施後是否有效果？

- ☐ (1)是

☐ (2) 否

第三部分、對人機協作生產模式之看法

(9). 請問公司未導入協作機器人的原因為何?(可複選)

- ☐ (1) 協作機器人價格高；☐ (2) 公司缺乏相關人員可以操作；
☐ (3) 教育訓練不知道如何安排；☐ (4) 公司的產能目前還能應付客戶需求；
☐ (5) 員工排斥新科技與技術；☐ (6) 擔心需要裁減人力；
☐ (7) 廠房內無空間可以擺放額外的機台；
☐ (8) 公司已經或打算採取全自動化生產模式，不需要協作型機器人；
☐ (9) 其他：_____

(9-1). 以上因素中，您認為最主要的是哪一項?_____

(10). 未來公司是否會考慮採行人機協作的工作模式?

- ☐ (1) 會 ☐ (2) 不確定 ☐ (3) 不會(跳至第 12 題作答)

(11). 未來若導入人機協作，貴公司期待人機協作工作模式帶來甚麼效益?(複選)

- ☐ (1) 生產效率提升；☐ (2) 生產配置更靈活，能製作更多客製化的產品；
☐ (3) 產品品質提升；☐ (4) 減少員工的體力勞動；
☐ (5) 為產業升級做準備；☐ (5) 人力資源的配置可以更有效利用；
☐ (6) 其他：_____

(12). 未來公司若導入協作機器人，需要政府提供哪些協助?(複選)

- ☐ (1) 人機協作機器操作指導；☐ (2) 人機協作導入對於企業安全衛生措施之指引；
☐ (3) 人機協作機器設備的補助；☐ (4) 生產線規劃之指導

(13). 請問貴公司是否因為新冠肺炎的疫情而考慮導入協作機器人?

- ☐ (1) 是
☐ (2) 否

附錄 2、交叉分析表

一、未導入人機協作之企業調查結果

		S6 在未導入協作機器人的情況下擔心的原因類型						
		生產效率無法提升	人力短缺問題無法解決	產品品質無法提升	產品需求趨向多元化，產線無法因應	員工的工作環境較差	人力成本提高	家數
	合計	55.6%	54.0%	33.9%	21.8%	4.8%	4.8%	124
產業別	金屬製品製造業	53.4%	58.9%	37.0%	17.8%	2.7%	6.8%	73
	電子零組件製造業	58.8%	47.1%	29.4%	27.5%	7.8%	2.0%	51
事業單位規模	不到 100 人	55.1%	43.6%	32.1%	28.2%	5.1%	6.4%	78
	100 人以上 不到 200 人	44.0%	84.0%	28.0%	12.0%	4.0%	4.0%	25
	200 人以上	71.4%	57.1%	47.6%	9.5%	4.8%	0.0%	21
事業單位所在地	北部地區	59.2%	53.1%	34.7%	32.7%	8.2%	0.0%	49
	中部地區	55.8%	53.5%	34.9%	11.6%	2.3%	11.6%	43
	南部地區	50.0%	56.3%	31.3%	18.8%	3.1%	3.1%	32
年齡別	較年輕	59.6%	53.8%	34.6%	23.1%	1.9%	5.8%	52
	較老化	52.8%	54.2%	33.3%	20.8%	6.9%	4.2%	72

		S7 採行的因應措施類型									
		重新規劃 生產線	減少 訂單	將部分製造過 程外包給其他 廠商	增加聘僱外 籍移工	加快 自動 化的 進程	規劃 員工 教育 訓練	改善 勞動 條件	簡化 製造 流程	工時 拉長	家數
	合計	11.8%	4.4%	19.1%	44.1%	54.4%	20.6%	2.9%	2.9%	1.5%	68
產業別	金屬製品製造業	11.4%	4.5%	18.2%	47.7%	52.3%	20.5%	4.5%	4.5%	2.3%	44
	電子零組件製造業	12.5%	4.2%	20.8%	37.5%	58.3%	20.8%	0.0%	0.0%	0.0%	24
事業單 位規模	不到 100 人	17.6%	8.8%	29.4%	29.4%	44.1%	17.6%	0.0%	2.9%	2.9%	34
	100 人以上不到 200 人	9.5%	0.0%	4.8%	71.4%	52.4%	19.0%	4.8%	4.8%	0.0%	21
	200 人以上	0.0%	0.0%	15.4%	38.5%	84.6%	30.8%	7.7%	0.0%	0.0%	13
事業單 位所在 地	北部地區	22.2%	3.7%	25.9%	51.9%	55.6%	14.8%	3.7%	3.7%	0.0%	27
	中部地區	0.0%	9.1%	9.1%	36.4%	59.1%	18.2%	0.0%	4.5%	4.5%	22
	南部地區	10.5%	0.0%	21.1%	42.1%	47.4%	31.6%	5.3%	0.0%	0.0%	19
年齡別	較年輕	15.2%	3.0%	9.1%	45.5%	54.5%	15.2%	0.0%	3.0%	3.0%	33
	較老化	8.6%	5.7%	28.6%	42.9%	54.3%	25.7%	5.7%	2.9%	0.0%	35

		S8.承上，公司所採行因應措施後是否有效果？		
		是	否	家數
	合計	73.5%	26.5%	68
產業別(沒顯著)	金屬製品製造業	72.7%	27.3%	44
	電子零組件製造業	75.0%	25.0%	24
事業單位規模#	不到 100 人	76.5%	23.5%	34
	100 人以上不到 200 人	81.0%	19.0%	21
	200 人以上	53.8%	46.2%	13
事業單位所在地 #	北部地區	76.5%	23.5%	34
	中部地區	81.0%	19.0%	21
	南部地區	53.8%	46.2%	13
年齡(沒顯著)	較年輕	78.8%	21.2%	33
	較老化	68.6%	31.4%	35

說明：1.避免依變數類別過多造成不適用卡方檢定之情形，將「產業別」合併為「金屬」與「電子」2類進行卡方檢定；將「公司所在地」合併為「北部地區」「中部地區」與「南部地區」3類進行卡方檢定。2.卡方檢定之顯著水準以「*」表示 $p\text{-value} < 0.05$ 、「**」表示 < 0.01 、「***」表示 < 0.001 ；若有任何一個格子內期望個數小於 5 的格子數比率超過 20%以上，則不予以進行卡方檢定，以「#」表示。

		S9_1.請問公司未導入協作機器人的主要原因為何?								
		協 作 機 器 人 價 格 高	公 司 的 產 能 目 前 還 能 應 付 客 戶 需 求	公 司 已 經 或 打 算 採 取 全 自 動 化 生 產 模 式,不 需 要 協 作 機 器 人	公 司 產 品 屬 於 客 製 化	主 要 工 作 內 容 還 是 需 要 人 力 操 作,無 法 使 用 人 機 協 作 取 代	生 產 方 式 不 適 用 協 作 機 器 人	公 司 產 業 無 須 使 用 人 機 協 作	其 他	家 數
	合計	10.0%	16.6%	11.0%	13.5%	23.7%	6.5%	9.0%	9.6%	962
產業別 ***	金屬製品製造業	11.0%	17.1%	12.5%	15.3%	22.5%	5.4%	4.5%	11.7%	463
	電子零組件製造業	9.0%	16.2%	9.6%	11.8%	24.8%	7.6%	13.2%	7.6%	499
事業單位規模 ***	不到 100 人	10.2%	17.7%	6.4%	14.6%	24.3%	7.0%	10.1%	9.8%	746
	100 以上不到 200	9.4%	13.3%	22.7%	12.5%	25.0%	5.5%	6.3%	5.5%	128
	200 人以上	9.1%	12.5%	33.0%	5.7%	17.0%	4.5%	4.5%	13.6%	88
事業單位所在地#	北部地區	8.9%	15.5%	12.1%	9.8%	26.0%	7.1%	12.3%	8.4%	439
	中部地區	14.3%	16.6%	8.1%	18.5%	18.5%	6.6%	7.7%	9.7%	259
	南部地區	7.7%	18.4%	12.3%	14.9%	24.5%	5.7%	5.0%	11.5%	261
	東部地區	0.0%	33.3%	0.0%	0.0%	66.7%	0.0%	0.0%	0.0%	3
年齡別#	較年輕	8.7%	16.4%	14.4%	15.4%	20.8%	7.2%	7.7%	9.5%	390
	較老化	10.8%	16.8%	8.7%	12.2%	25.7%	6.1%	10.0%	9.6%	572

		S11 未來若導入人機協作，公司期待人機協作工作模式帶來何種效益								
		生產效率提升	產品品質提升	減少員工的體力勞動	解決人力短缺的問題	人力資源的配置可以更有效利用	為產業升級做準備	生產配置更靈活，能製作更多客製化的產品	減少人力成本	家數
	合計	76.6%	65.4%	46.5%	46.5%	29.7%	29.4%	18.2%	5.9%	269
產業別	金屬製品製造業	78.4%	61.1%	47.5%	46.9%	27.2%	29.6%	17.9%	4.9%	162
	電子零組件製造業	73.8%	72.0%	44.9%	45.8%	33.6%	29.0%	18.7%	7.5%	107
事業單位規模	不到 100 人	74.1%	62.0%	45.8%	38.6%	27.1%	25.3%	20.5%	7.2%	166
	100 人以上 不到 200 人	82.7%	78.8%	44.2%	67.3%	38.5%	34.6%	11.5%	1.9%	52
	200 人以上	78.4%	62.7%	51.0%	51.0%	29.4%	37.3%	17.6%	5.9%	51
事業單位所在地	北部地區	80.4%	70.6%	47.1%	45.1%	31.4%	33.3%	21.6%	6.9%	102
	中部地區	77.9%	63.2%	41.1%	50.5%	28.4%	21.1%	12.6%	4.2%	95
	南部地區	69.0%	62.0%	52.1%	42.3%	29.6%	35.2%	21.1%	7.0%	71
	東部地區	100%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1
年齡別	較年輕	80.2%	62.8%	46.3%	51.2%	24.8%	27.3%	17.4%	3.3%	121
	較老化	73.6%	67.6%	46.6%	42.6%	33.8%	31.1%	18.9%	8.1%	148

		S12 未來公司若導入協作機器人需要政府提供哪些協助				
		人機協作機器操作指導	人機協作導入對於企業安全衛生措施之指引	人機協作機器設備的補助	生產線規劃之指導	家數
	合計	52.9%	44.1%	90.2%	59.4%	919
產業別	金屬製品製造業	52.8%	41.8%	90.0%	58.4%	428
	電子零組件製造業	53.0%	46.0%	90.4%	60.3%	491
事業單位規模	不到 100 人	51.1%	41.0%	89.5%	58.4%	707
	100 人以上不到 200 人	59.5%	51.6%	92.1%	63.5%	126
	200 人以上	58.1%	58.1%	93.0%	61.6%	86
事業單位所在地	北部地區	53.8%	45.8%	89.7%	61.1%	437
	中部地區	50.0%	41.3%	90.8%	55.0%	240
	南部地區	54.8%	44.4%	90.4%	61.5%	239
		0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	3
年齡別	較年輕	50.0%	40.8%	89.7%	60.0%	370
	較老化	54.8%	46.3%	90.5%	59.0%	549

		S13.請問貴公司是否因為新冠肺炎的疫情而考慮導入協作 機器人?		
		是	否	家數
	合計	4.9%	95.1%	962
產業別(沒顯著)	金屬製品製造業	6.0%	94.0%	463
	電子零組件製造業	3.8%	96.2%	499
事業單位規模#	不到 100 人	4.3%	95.7%	746
	100 人以上不到 200 人	5.5%	94.5%	128
	200 人以上	9.1%	90.9%	88
事業單位所在地 #	北部地區	4.1%	95.9%	439
	中部地區	7.3%	92.7%	259
	南部地區	3.8%	96.2%	261
年齡(沒顯著)	較年輕	4.9%	95.1%	390
	較老化	4.9%	95.1%	572

說明：1.避免依變數類別過多造成不適用卡方檢定之情形，將「產業別」合併為「金屬」與「電子」2類進行卡方檢定；將「公司所在地」合併為「北部地區」「中部地區」與「南部地區」3類進行卡方檢定。2.卡方檢定之顯著水準以「*」表示 $p\text{-value} < 0.05$ 、「**」表示 < 0.01 、「***」表示 < 0.001 ；若有任何一個格子內期望個數小於 5 的格子數比率超過 20%以上，則不予以進行卡方檢定，以「#」表示。

二、 有導入人機協作之企業調查結果

		Q1_3.整體生產過程由機器(包含傳統工業用機器人、協作機器人)來完成的比例大約多少?					
		不到 10%	超過 10% 不到 30%	超過 30%不 到 50%	超過 50%不 到 70%以下	70%以上	家數
	合計	27.9%	18.3%	22.1%	13.5%	18.3%	104
產業別#	金屬製品製造業	28.0%	17.1%	23.2%	8.5%	23.2%	82
	電子零組件製造業	28.6%	19.0%	19.0%	33.3%	0.0%	21
事業單位規模#	不到 100 人	18.2%	21.2%	19.7%	15.2%	25.8%	66
	100 以上不到 200	47.8%	4.3%	21.7%	17.4%	8.7%	23
	200 人以上	42.9%	21.4%	35.7%	0.0%	0.0%	14
事業單位所在地 #	北部地區	42.9%	19.0%	14.3%	23.8%	0.0%	21
	中部地區	25.6%	16.3%	25.6%	9.3%	23.3%	43
	南部地區	23.1%	17.9%	23.1%	12.8%	23.1%	39
年齡別(沒顯著)	較年輕	28.3%	18.9%	26.4%	13.2%	13.2%	53
	較老化	28.0%	16.0%	18.0%	14.0%	24.0%	50

說明：1.避免依變數類別過多造成不適用卡方檢定之情形，將「產業別」合併為「金屬」與「電子」2類進行卡方檢定；將「公司所在地」合併為「北部地區」「中部地區」與「南部地區」3類進行卡方檢定。2.卡方檢定之顯著水準以「*」表示 p-value < 0.05、「**」表示 < 0.01、「***」表示 < 0.001；若有任何一個格子內期望個數小於 5 的格子數比率超過 20%以上，則不予以進行卡方檢定，以「#」表示。

		Q1_4.在有協作機器人的產線中，使用協作機器人進行生產的比例為多少？					
		不到 10%	超過 10% 不到 30%	超過 30%不 到 50%	超過 50%不 到 70%以下	70%以上	家數
	合計	42.7%	25.2%	17.5%	5.8%	8.7%	103
產業別#	金屬製品製造業	42.7%	26.8%	17.1%	3.7%	9.8%	82
	電子零組件製造業	42.9%	19.0%	19.0%	14.3%	4.8%	21
事業單位規模#	不到 100 人	33.3%	30.3%	18.2%	7.6%	10.6%	66
	100 以上不到 200	56.5%	17.4%	13.0%	4.3%	8.7%	23
	200 人以上	64.3%	14.3%	21.4%	0.0%	0.0%	14
事業單位所在地 #	北部地區	66.7%	14.3%	4.8%	14.3%	0.0%	21
	中部地區	25.6%	27.9%	20.9%	7.0%	18.6%	43
	南部地區	48.7%	28.2%	20.5%	0.0%	2.6%	39
年齡別#	較年輕	49.1%	28.3%	13.2%	3.8%	5.7%	53
	較老化	36.0%	22.0%	22.0%	8.0%	12.0%	50

說明：1.避免依變數類別過多造成不適用卡方檢定之情形，將「產業別」合併為「金屬」與「電子」2類進行卡方檢定；將「公司所在地」合併為「北部地區」「中部地區」與「南部地區」3類進行卡方檢定。2.卡方檢定之顯著水準以「*」表示 p-value <0.05、「**」表示<0.01、「***」表示<0.001；若有任何一個格子內期望個數小於5的格子數比率超過20%以上，則不予以進行卡方檢定，以「#」表示。

		Q3 協作機器人的類型					
		氣壓式機械手臂	液壓式機械手臂	電動式機械手臂	自主移動機器人(AMR)	自動導引車(AGV)	家數
	合計	31.1%	8.7%	68.9%	2.9%	2.9%	103
產業別	金屬製品製造業	30.5%	8.5%	69.5%	2.4%	2.4%	82
	電子零組件製造業	33.3%	9.5%	66.7%	4.8%	4.8%	21
事業單位規模	不到 100 人	30.3%	6.1%	72.7%	1.5%	0.0%	66
	100 人以上不到 200 人	39.1%	8.7%	65.2%	4.3%	8.7%	23
	200 人以上	21.4%	21.4%	57.1%	7.1%	7.1%	14
事業單位所在地	北部地區	33.3%	0.0%	71.4%	0.0%	0.0%	21
	中部地區	32.6%	4.7%	72.1%	0.0%	2.3%	43
	南部地區	28.2%	17.9%	64.1%	7.7%	5.1%	39
年齡別	較年輕	34.0%	11.3%	66.0%	3.8%	3.8%	53
	較老化	28.0%	6.0%	72.0%	2.0%	2.0%	50

		Q4 協作機器人的用途															
		組裝	鎖螺絲	堆垛	拾放	包裝	焊接	鑄鍛	噴漆	搬運	研磨清潔	凹型	折曲	修毛邊	製作過程檢驗	投產	家數
	合計	9.7%	1.9%	1.9%	47.6%	2.9%	22.3%	1.9%	2.9%	20.4%	1.0%	1.0%	1.9%	1.0%	1.9%	1.0%	103
產業別	金屬製品製造業	3.7%	1.2%	1.2%	51.2%	1.2%	28%	2.4%	3.7%	14.6%	0.0%	1.2%	2.4%	1.2%	0.0%	1.2%	82
	電子零組件製造業	33.3%	4.8%	4.8%	33.3%	9.5%	0%	0.0%	0.0%	42.9%	4.8%	0.0%	0.0%	0.0%	9.5%	0.0%	21
事業單位規模	不到 100 人	4.5%	1.5%	1.5%	50.0%	1.5%	28.8%	0.0%	3.0%	13.6%	1.5%	0.0%	1.5%	1.5%	0.0%	0.0%	66
	100 人以上 不到 200 人	13.0%	0.0%	4.3%	39.1%	8.7%	17.4%	4.3%	0.0%	30.4%	0.0%	4.3%	4.3%	0.0%	8.7%	4.3%	23
	200 人以上	28.6%	7.1%	0.0%	50.0%	0.0%	0.0%	7.1%	7.1%	35.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14
事業單位所在地	北部地區	28.6%	4.8%	4.8%	28.6%	4.8%	19.0%	0.0%	0.0%	33.3%	4.8%	0.0%	0.0%	0.0%	4.8%	0.0%	21
	中部地區	4.7%	2.3%	2.3%	48.8%	4.7%	25.6%	2.3%	0.0%	18.6%	0.0%	2.3%	0.0%	2.3%	2.3%	2.3%	43
	南部地區	5.1%	0.0%	0.0%	56.4%	0.0%	20.5%	2.6%	7.7%	15.4%	0.0%	0.0%	5.1%	0.0%	0.0%	0.0%	39
年齡別	較年輕	11.3%	1.9%	1.9%	45.3%	0%	20.8%	3.8%	1.9%	22.6%	1.9%	1.9%	3.8%	0%	3.8%	1.9%	53
	較老化	8%	2%	2%	50%	6%	24%	0%	4%	18%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	50

		Q5.人機協作從初次導入到穩定使用所需的時間？			
		不到一年	一年到三年	三年以上	家數
	合計	57.3%	32.0%	10.7%	103
產業別#	金屬製品製造業	58.5%	29.3%	12.2%	82
	電子零組件製造業	52.4%	42.9%	4.8%	21
事業單位規模#	不到 100 人	57.6%	33.3%	9.1%	66
	100 人以上不到 200 人	69.6%	21.7%	8.7%	23
	200 人以上	35.7%	42.9%	21.4%	14
事業單位所在地	北部地區	52.4%	42.9%	4.8%	21
	中部地區	55.8%	32.6%	11.6%	43
	南部地區	61.5%	25.6%	12.8%	39
年齡別(沒顯著)	較年輕	62.3%	30.2%	7.5%	53
	較老化	52.0%	34.0%	14.0%	50

說明：1.避免依變數類別過多造成不適用卡方檢定之情形，將「產業別」合併為「金屬」與「電子」2類進行卡方檢定；將「公司所在地」合併為「北部地區」「中部地區」與「南部地區」3類進行卡方檢定。2.卡方檢定之顯著水準以「*」表示 $p\text{-value} < 0.05$ 、「**」表示 < 0.01 、「***」表示 < 0.001 ；若有任何一個格子內期望個數小於 5 的格子數比率超過 20%以上，則不予以進行卡方檢定，以「#」表示。

		Q6_1 當初導入協作機器人的主要原因										
		人力短缺	因應產品需求多元化趨勢	增加生產效率	為工廠智慧自動化的一環	提升產品品質	減少員工的工作負荷	減少輪班或夜間工作的人力	申請政府補助計畫	因應客戶要求	為跟上製造業發展生態	家數
	合計	30.1%	5.8%	33.0%	5.8%	7.8%	13.6%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	103
產業別#	金屬製品製造業	32.9%	7.3%	29.3%	4.9%	8.5%	12.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	82
	電子零組件製造業	19.0%	0.0%	47.6%	9.5%	4.8%	19.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	21
事業單位規模#	不到 100 人	36.4%	9.1%	28.8%	6.1%	4.5%	12.1%	0.0%	0.0%	1.5%	1.5%	66
	100 人以上 不到 200 人	21.7%	0.0%	43.5%	4.3%	13.0%	13.0%	0.0%	4.3%	0.0%	0.0%	23
	200 人以上	14.3%	0.0%	35.7%	7.1%	14.3%	21.4%	7.1%	0.0%	0.0%	0.0%	14
事業單位所在地#	北部地區	38.1%	0.0%	47.6%	4.8%	4.8%	4.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	21
	中部地區	37.2%	7.0%	23.3%	4.7%	11.6%	11.6%	0.0%	2.3%	0.0%	2.3%	43
	南部地區	17.9%	7.7%	35.9%	7.7%	5.1%	20.5%	2.6%	0.0%	2.6%	0.0%	39
年齡別#	較年輕	35.8%	1.9%	26.4%	5.7%	13.2%	11.3%	1.9%	1.9%	1.9%	0.0%	53
	較老化	24.0%	10.0%	40.0%	6.0%	2.0%	16.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	50

說明：1.避免依變數類別過多造成不適用卡方檢定之情形，將「產業別」合併為「金屬」與「電子」2類進行卡方檢定；將「公司所在地」合併為「北部地區」「中部地區」與「南部地區」3類進行卡方檢定。2.卡方檢定之顯著水準以「*」表示 $p\text{-value} < 0.05$ 、「**」表示 < 0.01 、「***」表示 < 0.001 ；若有任何一個格子內期望個數小於 5 的格子數比率超過 20%以上，則不予以進行卡方檢定，以「#」表示。

		Q7 導入人機協作模式沒有達到預期效果的原因							
		導入協作機器 人的量不夠多	協作機器 人無法融 入原有的 生產流程	員工對操作 協作機器人 不熟悉	協作機器 人運作速 度慢	協作機器 人不夠客 製化	人力缺 口過大	剛導入還 無法正常 運作	家數
	合計	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	28.6%	28.6%	7
產業 別	金屬製品製造 業	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	0.0%	25.0%	25.0%	4
	電子零組件製 造業	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	3
事業 單位 規模	不到 100 人	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	3
	100 人以上不 到 200 人	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	0.0%	25.0%	25.0%	4
	200 人以上								
事業 單位 所在 地	北部地區	0.0%	33.3%	0.0%	33.3%	0.0%	66.7%	0.0%	3
	中部地區	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%	50.0%	2
	南部地區	50.0%	0.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.0%	2
年齡 別	較年輕	25.0%	0.0%	25.0%	0.0%	0.0%	25.0%	50.0%	4
	較老化	0.0%	33.3%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	3

		Q7_1 導入人機協作模式沒有達到預期效果的主要原因					
		導入協作機器人的 量不夠多	協作機器人運 作速度慢	協作機器人不 夠客製化	人力缺口過 大	剛導入還無法 正常運作	家數
	合計	14.3%	14.3%	14.3%	28.6%	28.6%	7
產業別#	金屬製品製造業	25.0%	25.0%	0.0%	25.0%	25.0%	4
	電子零組件製造業	0.0%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	3
事業單 位規模#	不到 100 人	0.0%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	3
	100 人以上不到 200 人	25.0%	25.0%	0.0%	25.0%	25.0%	4
	200 人以上						
事業單 位所在 地#	北部地區	0.0%	33.3%	0.0%	66.7%	0.0%	3
	中部地區	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%	50.0%	2
	南部地區	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.0%	2
年齡別#	較年輕	25.0%	0.0%	0.0%	25.0%	50.0%	4
	較老化	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	3

說明：1.避免依變數類別過多造成不適用卡方檢定之情形，將「產業別」合併為「金屬」與「電子」2類進行卡方檢定；將「公司所在地」合併為「北部地區」「中部地區」與「南部地區」3類進行卡方檢定。2.卡方檢定之顯著水準以「*」表示 p-value <0.05、「**」表示<0.01、「***」表示<0.001；若有任何一個格子內期望個數小於 5 的格子數比率超過 20%以上，則不予以進行卡方檢定，以「#」表示。

		Q8.新冠肺炎的疫情是否加速公司導入人機協作的進程?		
		是	否	家數
	合計	25.2%	74.8%	103
產業別(沒顯著)	金屬製品製造業	25.6%	74.4%	82
	電子零組件製造業	23.8%	76.2%	21
事業單位規模#	不到 100 人	22.7%	77.3%	66
	100 人以上不到 200 人	21.7%	78.3%	23
	200 人以上	42.9%	57.1%	14
事業單位所在地 (沒顯著)	北部地區	19.0%	81.0%	21
	中部地區	27.9%	72.1%	43
	南部地區	25.6%	74.4%	39
年齡*	較年輕	34.0%	66.0%	53
	較老化	16.0%	84.0%	50

說明：1.避免依變數類別過多造成不適用卡方檢定之情形，將「產業別」合併為「金屬」與「電子」2類進行卡方檢定；將「公司所在地」合併為「北部地區」「中部地區」與「南部地區」3類進行卡方檢定。2.卡方檢定之顯著水準以「*」表示 $p\text{-value} < 0.05$ 、「**」表示 < 0.01 、「***」表示 < 0.001 ；若有任何一個格子內期望個數小於 5 的格子數比率超過 20%以上，則不予以進行卡方檢定，以「#」表示。

		Q9 導入協作機器人後，產線員工的工作環境有何改變？							
		空間更寬敞	噪音降低	廠內溫度較適宜	空氣品質較佳	動線更順暢	廠內環境變乾淨	空間變擁擠	家數
	合計	44.4%	15.9%	11.1%	20.6%	58.7%	6.3%	7.9%	63
產業別	金屬製品製造業	40.0%	14.0%	10.0%	20.0%	58.0%	8.0%	8.0%	50
	電子零組件製造業	61.5%	23.1%	15.4%	23.1%	61.5%	0.0%	7.7%	13
事業單位規模	不到 100 人	36.1%	11.1%	16.7%	22.2%	63.9%	8.3%	8.3%	36
	100 人以上 不到 200 人	37.5%	12.5%	6.3%	12.5%	37.5%	6.3%	12.5%	16
	200 人以上	81.8%	36.4%	0.0%	27.3%	72.7%	0.0%	0.0%	11
事業單位所在地	北部地區	58.3%	25.0%	16.7%	25.0%	58.3%	8.3%	0.0%	12
	中部地區	44.4%	11.1%	3.7%	7.4%	55.6%	7.4%	11.1%	27
	南部地區	37.5%	16.7%	16.7%	33.3%	62.5%	4.2%	8.3%	24
年齡別	較年輕	40.6%	15.6%	9.4%	31.3%	59.4%	9.4%	6.3%	32
	較老化	48.4%	16.1%	12.9%	9.7%	58.1%	3.2%	9.7%	31

		Q10 導入協作機器人後，產線員工的工作型態與內容有何改變？								
		減少負重的工作	減少重複性的工作	減少走動	減少危險性工作	需要對整體生產流程有更多了解	增加監視性或品質管控的工作	需要具備操作系統與處理資訊的能力	剛導入，目前無顯著改變	家數
	合計	32.0%	53.4%	23.3%	25.2%	15.5%	12.6%	8.7%	8.7%	103
產業別	金屬製品製造業	28.0%	51.2%	23.2%	24.4%	13.4%	13.4%	8.5%	9.8%	82
	電子零組件製造業	47.6%	61.9%	23.8%	28.6%	23.8%	9.5%	9.5%	4.8%	21
事業單位規模	不到 100 人	24.2%	51.5%	25.8%	25.8%	13.6%	10.6%	4.5%	12.1%	66
	100 人以上不到 200 人	34.8%	52.2%	13.0%	26.1%	17.4%	21.7%	21.7%	4.3%	23
	200 人以上	64.3%	64.3%	28.6%	21.4%	21.4%	7.1%	7.1%	0.0%	14
事業單位所在地	北部地區	47.6%	66.7%	23.8%	28.6%	14.3%	9.5%	4.8%	0.0%	21
	中部地區	18.6%	46.5%	25.6%	18.6%	9.3%	11.6%	11.6%	11.6%	43
	南部地區	38.5%	53.8%	20.5%	30.8%	23.1%	15.4%	7.7%	10.3%	39
年齡別	較年輕	39.6%	52.8%	18.9%	30.2%	17.0%	17.0%	15.1%	9.4%	53
	較老化	24.0%	54.0%	28.0%	20.0%	14.0%	8.0%	2.0%	8.0%	50

		Q11 導入人機協作前，公司有無對產線員工進行說明？		
		有	沒有	家數
	合計	81.6%	18.4%	103
產業別#	金屬製品製造業	80.5%	19.5%	82
	電子零組件製造業	85.7%	14.3%	21
事業單位規模#	不到 100 人	75.8%	24.2%	66
	100 人以上不到 200 人	100.0%	0.0%	23
	200 人以上	78.6%	21.4%	14
事業單位所在地#	北部地區	81.0%	19.0%	21
	中部地區	81.4%	18.6%	43
	南部地區	82.1%	17.9%	39
年齡別(沒顯著)	較年輕	83.0%	17.0%	53
	較老化	80.0%	20.0%	50

說明：1.避免依變數類別過多造成不適用卡方檢定之情形，將「產業別」合併為「金屬」與「電子」2類進行卡方檢定；將「公司所在地」合併為「北部地區」「中部地區」與「南部地區」3類進行卡方檢定。2.卡方檢定之顯著水準以「*」表示 $p\text{-value} < 0.05$ 、「**」表示 < 0.01 、「***」表示 < 0.001 ；若有任何一個格子內期望個數小於 5 的格子數比率超過 20%以上，則不予以進行卡方檢定，以「#」表示。

		Q12 產線員工是否有出現擔心或反彈的反應?		家數
		有	沒有	
	合計	5.8%	94.2%	103
產業別#	金屬製品製造業	6.1%	93.9%	82
	電子零組件製造業	4.8%	95.2%	21
事業單位規模#	不到 100 人	4.5%	95.5%	66
	100 人以上不到 200 人	8.7%	91.3%	23
	200 人以上	7.1%	92.9%	14
事業單位所在地#	北部地區	9.5%	90.5%	21
	中部地區	2.3%	97.7%	43
	南部地區	7.7%	92.3%	39
年齡別#	較年輕	5.7%	94.3%	53
	較老化	6.0%	94.0%	50

說明：1.避免依變數類別過多造成不適用卡方檢定之情形，將「產業別」合併為「金屬」與「電子」2類進行卡方檢定；將「公司所在地」合併為「北部地區」「中部地區」與「南部地區」3類進行卡方檢定。2.卡方檢定之顯著水準以「*」表示 $p\text{-value} < 0.05$ 、「**」表示 < 0.01 、「***」表示 < 0.001 ；若有任何一個格子內期望個數小於 5 的格子數比率超過 20%以上，則不予以進行卡方檢定，以「#」表示。

		Q13 針對難以適應協作模式的員工，公司會提供何種協助？				
		員工都能夠適應	提供教育訓練	將員工調換單位	由設備供應商協助	家數
	合計	76.7%	19.4%	4.9%	5.8%	103
產業別	金屬製品製造業	78.0%	18.3%	6.1%	6.1%	82
	電子零組件製造業	71.4%	23.8%	0.0%	4.8%	21
事業單位 規模	不到 100 人	75.8%	19.7%	3.0%	6.1%	66
	100 人以上不到 200 人	82.6%	17.4%	13.0%	4.3%	23
	200 人以上	71.4%	21.4%	0.0%	7.1%	14
事業單位 所在地	北部地區	85.7%	9.5%	4.8%	0.0%	21
	中部地區	76.7%	20.9%	4.7%	7.0%	43
	南部地區	71.8%	23.1%	5.1%	7.7%	39
年齡別	較年輕	77.4%	17.0%	5.7%	9.4%	53
	較老化	76.0%	22.0%	4.0%	2.0%	50

		Q14.在生產規模不變的情況下，是否因為導入人機協作而有基層人力投入減少的情形？		
		有	沒有	家數
	合計	5.8%	94.2%	103
產業別#	金屬製品製造業	20.7%	79.3%	82
	電子零組件製造業	33.3%	66.7%	21
事業單位規模#	不到 100 人	21.2%	78.8%	66
	100 人以上不到 200 人	13.0%	87.0%	23
	200 人以上	50.0%	50.0%	14
事業單位所在地#	北部地區	23.8%	76.2%	21
	中部地區	23.3%	76.7%	43
	南部地區	23.1%	76.9%	39
年齡別(沒顯著)	較年輕	24.5%	75.5%	53
	較老化	22.0%	78.0%	50

說明：1.避免依變數類別過多造成不適用卡方檢定之情形，將「產業別」合併為「金屬」與「電子」2類進行卡方檢定；將「公司所在地」合併為「北部地區」「中部地區」與「南部地區」3類進行卡方檢定。2.卡方檢定之顯著水準以「*」表示 p-value <0.05、「**」表示<0.01、「***」表示<0.001；若有任何一個格子內期望個數小於 5 的格子數比率超過 20%以上，則不予以進行卡方檢定，以「#」表示。

		Q16 導入人機協作後，員工的勞動條件是否隨之提升？			
		薪資上漲	工時減少	其他福利項目增加	家數
	合計	54.3%	60.0%	17.1%	35
產業別	金屬製品製造業	54.8%	61.3%	19.4%	31
	電子零組件製造業	50.0%	50.0%	0.0%	4
事業單位規模	不到 100 人	52.4%	57.1%	23.8%	21
	100 人以上不到 200 人	55.6%	66.7%	11.1%	9
	200 人以上	60.0%	60.0%	0.0%	5
事業單位所在地	北部地區	40.0%	80.0%	0.0%	5
	中部地區	57.1%	64.3%	7.1%	14
	南部地區	56.3%	50.0%	31.3%	16
年齡別	較年輕	57.9%	52.6%	26.3%	19
	較老化	50.0%	68.8%	6.3%	16

		Q17.導入人機協作後，公司既有基層員工在人力需求上有什麼樣的改變？			
		維持不變	人力需求增加，續問 Q17-2A	人力需求減少，續運 Q17-3A	家數
	合計	88.3%	4.9%	6.8%	103
產業別#	金屬製品製造業	87.8%	6.1%	6.1%	82
	電子零組件製造業	90.5%	0.0%	9.5%	21
事業單位規模#	不到 100 人	92.4%	3.0%	4.5%	66
	100 人以上不到 200 人	87.0%	8.7%	4.3%	23
	200 人以上	71.4%	7.1%	21.4%	14
事業單位所在地#	北部地區	85.7%	4.8%	9.5%	21
	中部地區	83.7%	4.7%	11.6%	43
	南部地區	94.9%	5.1%	0.0%	39
年齡別#	較年輕	90.6%	7.5%	1.9%	53
	較老化	86.0%	2.0%	12.0%	50

說明：1.避免依變數類別過多造成不適用卡方檢定之情形，將「產業別」合併為「金屬」與「電子」2類進行卡方檢定；將「公司所在地」合併為「北部地區」「中部地區」與「南部地區」3類進行卡方檢定。2.卡方檢定之顯著水準以「*」表示 $p\text{-value} < 0.05$ 、「**」表示 < 0.01 、「***」表示 < 0.001 ；若有任何一個格子內期望個數小於 5 的格子數比率超過 20%以上，則不予以進行卡方檢定，以「#」表示。

		Q17-1 導入人機協作後公司既有基層員工在人力需求上有什麼樣的改變？(公司增加人力的來源為何)				
		招募正職員工	從公司其他部門調動人力	與大專院校進行產學合作，招募產學合作學生	招募外籍移工	家數
	合計	80.0%	40.0%	20.0%	20.0%	5
產業別	金屬製品製造業	80.0%	40.0%	20.0%	20.0%	5
	電子零組件製造業					
事業單位規模	不到 100 人	100.0%	50.0%	50.0%	0.0%	2
	100 人以上不到 200 人	50.0%	0.0%	0.0%	50.0%	2
	200 人以上	100.0%	100.0%	0.0%	0.0%	1
事業單位所在地	北部地區	100.0%	100.0%	0.0%	0.0%	1
	中部地區	100.0%	50.0%	0.0%	0.0%	2
	南部地區	50.0%	0.0%	50.0%	50.0%	2
年齡別	較年輕	75.0%	25.0%	25.0%	25.0%	4
	較老化	100.0%	100.0%	0.0%	0.0%	1

		Q17-2 導入人機協作後公司既有基層員工在人力需求上有什麼樣的改變？ (公司如何安排多餘的人力)			
		轉移到其他部門	增加其他工作(業務)	予以裁汰	家數
	合計	57.1%	28.6%	14.3%	7
產業別	金屬製品製造業	40.0%	40.0%	20.0%	5
	電子零組件製造業	100.0%	0.0%	0.0%	2
事業單位規模	不到 100 人	0.0%	66.7%	33.3%	3
	100 人以上不到 200 人	100.0%	0.0%	0.0%	1
	200 人以上	100.0%	0.0%	0.0%	3
事業單位所在地	北部地區	100.0%	0.0%	0.0%	2
	中部地區	40.0%	40.0%	20.0%	5
	南部地區				
年齡別	較年輕	100.0%	0.0%	0.0%	1
	較老化	50.0%	33.3%	16.7%	6

		Q17-3 導入人機協作後公司既有基層員工在人力需求上有什麼樣的改變？(公司會安排何種教育訓練協助員工)					
		生產管理	實際操作	安全衛生管理	工作流程影片觀看	提供 SOP 手冊	家數
	合計	16.7%	83.3%	16.7%	33.3%	16.7%	6
產業別	金屬製品製造業	0.0%	100.0%	0.0%	66.7%	33.3%	4
	電子零組件製造業	0.0%	100.0%	0.0%	66.7%	33.3%	2
事業單位 規模	不到 100 人	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2
	100 人以上不到 200 人	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	0.0%	1
	200 人以上	0.0%	100.0%	0.0%	66.7%	33.3%	3
事業單位 所在地	北部地區	0.0%	100.0%	50.0%	50.0%	50.0%	2
	中部地區	25.0%	75.0%	0.0%	25.0%	0.0%	4
	南部地區						
年齡別	較年輕	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	1
	較老化	20.0%	80.0%	20.0%	20.0%	20.0%	5

		Q18.導入人機協作後，原有的生產線員工職能需求有無改變？		
		無	有	家數
	合計	77.7%	22.3%	103
產業別#	金屬製品製造業	78.0%	22.0%	82
	電子零組件製造業	76.2%	23.8%	21
事業單位規模#	不到 100 人	84.8%	15.2%	66
	100 人以上不到 200 人	60.9%	39.1%	23
	200 人以上	71.4%	28.6%	14
事業單位所在地 #	北部地區	85.7%	14.3%	21
	中部地區	72.1%	27.9%	43
	南部地區	79.5%	20.5%	39
年齡別(沒顯著)	較年輕	75.5%	24.5%	53
	較老化	80.0%	20.0%	50

說明：1.避免依變數類別過多造成不適用卡方檢定之情形，將「產業別」合併為「金屬」與「電子」2類進行卡方檢定；將「公司所在地」合併為「北部地區」「中部地區」與「南部地區」3類進行卡方檢定。2.卡方檢定之顯著水準以「*」表示 p-value <0.05、「**」表示<0.01、「***」表示<0.001；若有任何一個格子內期望個數小於 5 的格子數比率超過 20%以上，則不予以進行卡方檢定，以「#」表示。

		Q18-1 導入人機協作後原有的生產線員工職能需求有無改變？(需增加的能力)										
		感測器與訊號處理能力	機電整合能力	軟體與程式應用能力	機械設備系統整合能力	機械設備安裝維運能力	自動控制系統管理能力	智慧化生產管理能力	智慧化生產品質管理能力	一般管理能力	跨領域整合應用能力	家數
	合計	4.3%	17.4%	17.4%	17.4%	26.1%	43.5%	8.7%	8.7%	4.3%	4.3%	23
產業別	金屬製品製造業	5.6%	11.1%	22.2%	16.7%	22.2%	50.0%	11.1%	11.1%	0.0%	5.6%	18
	電子零組件製造業	0.0%	40.0%	0.0%	20.0%	40.0%	20.0%	0.0%	0.0%	20.0%	0.0%	5
事業單位規模	不到 100 人	0.0%	0.0%	20.0%	10.0%	20.0%	70.0%	0.0%	10.0%	0.0%	0.0%	10
	100 人以上 不到 200 人	11.1%	33.3%	22.2%	22.2%	33.3%	22.2%	11.1%	11.1%	11.1%	11.1%	9
	200 人以上	0.0%	25.0%	0.0%	25.0%	25.0%	25.0%	25.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4
事業單位所在地	北部地區	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	0.0%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3
	中部地區	0.0%	8.3%	8.3%	16.7%	25.0%	50.0%	8.3%	16.7%	0.0%	0.0%	12
	南部地區	0.0%	25.0%	25.0%	25.0%	37.5%	37.5%	12.5%	0.0%	12.5%	12.5%	8
年齡別	較年輕	7.7%	15.4%	7.7%	30.8%	30.8%	38.5%	15.4%	7.7%	7.7%	7.7%	13
	較老化	0.0%	20.0%	30.0%	0.0%	20.0%	50.0%	0.0%	10.0%	0.0%	0.0%	10

		Q18-2 導入人機協作後原有的生產線員工職能需求有無改變？(公司如何滿足新的職能需求)					
		安排內部教育訓練	員工自行進修學習	招募新的人力	請系統設備廠商提供輔導協助	安排外部教育訓練	家數
	合計	87.0%	13.0%	21.7%	47.8%	17.4%	23
產業別	金屬製品製造業	83.3%	16.7%	22.2%	55.6%	11.1%	18
	電子零組件製造業	100.0%	0.0%	20.0%	20.0%	40.0%	5
事業單位規模	不到 100 人	80.0%	10.0%	20.0%	50.0%	10.0%	10
	100 人以上不到 200 人	88.9%	22.2%	33.3%	44.4%	22.2%	9
	200 人以上	100.0%	0.0%	0.0%	50.0%	25.0%	4
事業單位所在地	北部地區	100.0%	0.0%	33.3%	66.7%	0.0%	3
	中部地區	75.0%	8.3%	0.0%	58.3%	8.3%	12
	南部地區	100.0%	25.0%	50.0%	25.0%	37.5%	8
年齡別	較年輕	84.6%	23.1%	38.5%	53.8%	23.1%	13
	較老化	90.0%	0.0%	0.0%	40.0%	10.0%	10

		Q19 導入人機協作後，新招募的員工之職能需求有無改變？								
		機電整合能力	軟體與程式應用能力	網站／系統設計規劃／開發能力	機械設備系統整合能力	機械設備安裝維運能力	自動控制系統管理能力	智慧化生產管理能力	智慧化生產品質管理能力	家數
	合計	27.3%	18.2%	9.1%	18.2%	36.4%	18.2%	9.1%	9.1%	11
產業別	金屬製品製造業	12.5%	25.0%	12.5%	12.5%	37.5%	25.0%	0.0%	12.5%	8
	電子零組件製造業	66.7%	0.0%	0.0%	33.3%	33.3%	0.0%	33.3%	0.0%	3
事業單位規模	不到 100 人	20.0%	40.0%	0.0%	0.0%	20.0%	40.0%	0.0%	0.0%	5
	100 人以上不到 200 人	0.0%	0.0%	33.3%	33.3%	66.7%	0.0%	0.0%	33.3%	3
	200 人以上	66.7%	0.0%	0.0%	33.3%	33.3%	0.0%	33.3%	0.0%	3
事業單位所在地	北部地區	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%	50.0%	0.0%	2
	中部地區	16.7%	16.7%	16.7%	33.3%	16.7%	33.3%	0.0%	16.7%	6
	南部地區	33.3%	33.3%	0.0%	0.0%	66.7%	0.0%	0.0%	0.0%	3
年齡別	較年輕	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	57.1%	14.3%	0.0%	14.3%	7
	較老化	50.0%	25.0%	0.0%	25.0%	0.0%	25.0%	25.0%	0.0%	4

		Q20 導入人機協作後，公司是否產生新職務職稱？									
		機器人機電 整合工程師	巨量資 料分析 師	機械設備 安裝維運 工程師	自動控制 工程師	智慧化生 產品質管 理工程師	資訊安全 工程師	3D 編程 工程師	程式編輯 工程師	生管 技術 工程 師	家數
	合計	12.5%	6.3%	25.0%	43.8%	12.5%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	16
產業別	金屬製品製 造業	8.3%	0.0%	33.3%	50.0%	16.7%	8.3%	8.3%	8.3%	0.0%	12
	電子零組件 製造業	25.0%	25.0%	0.0%	25.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	25.0%	4
事業單 位規模	不到 100 人	0.0%	0.0%	25.0%	75.0%	12.5%	0.0%	0.0%	12.5%	0.0%	8
	100 人以上 不到 200 人	16.7%	16.7%	33.3%	0.0%	16.7%	16.7%	16.7%	0.0%	16.7%	6
	200 人以上	50.0%	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2
事業單 位所在 地	北部地區	33.3%	0.0%	33.3%	66.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3
	中部地區	11.1%	11.1%	22.2%	33.3%	22.2%	11.1%	0.0%	11.1%	11.1%	9
	南部地區	0.0%	0.0%	25.0%	50.0%	0.0%	0.0%	25.0%	0.0%	0.0%	4
年齡別	較年輕	20.0%	10.0%	20.0%	40.0%	10.0%	10.0%	10.0%	0.0%	0.0%	10
	較老化	0.0%	0.0%	33.3%	50.0%	16.7%	0.0%	0.0%	16.7%	16.7%	6

		Q21 導入人機協作後，組織在招募聘用人力上，對何種科系或學科的畢業生會優先考量？													
		機械 工程 科系	電子 工程 科系	電機 工程 科系	資訊 工程 科系	自動 化工 程科 系	機械與 電腦輔 助工程 科系	工業 工程 管理 科系	企業 管理 科系	資訊 管理 科系	人力資 源管理 與發展 科系	物理 相關 科系	化學 相關 科系	土木 工程 系	家 數
	合計	78.4%	10.8%	32.4%	2.7%	27.0%	5.4%	2.7%	2.7%	2.7%	2.7%	2.7%	2.7%	2.7%	37
產業 別	金屬製品製 造業	82.1%	3.6%	25.0%	0.0%	25.0%	7.1%	3.6%	3.6%	3.6%	3.6%	0.0%	0.0%	3.6%	28
	電子零組件 製造業	66.7%	33.3%	55.6%	11.1%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11.1%	11.1%	0.0%	9
事業 單位 規模	不到 100 人	77.8%	0.0%	27.8%	0.0%	27.8%	5.6%	5.6%	5.6%	0.0%	5.6%	0.0%	0.0%	5.6%	18
	100 人以上 不到 200 人	83.3%	25.0%	16.7%	8.3%	25.0%	8.3%	0.0%	0.0%	8.3%	0.0%	8.3%	8.3%	0.0%	12
	200 人以上	71.4%	14.3%	71.4%	0.0%	28.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7
事業 單位 所在地	北部地區	85.7%	28.6%	57.1%	0.0%	42.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.3%	7
	中部地區	68.4%	5.3%	26.3%	5.3%	21.1%	5.3%	5.3%	5.3%	5.3%	5.3%	0.0%	0.0%	0.0%	19
	南部地區	90.9%	9.1%	27.3%	0.0%	27.3%	9.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	9.1%	9.1%	0.0%	11
年 齡 別	較年輕	78.3%	8.7%	34.8%	4.3%	26.1%	8.7%	0.0%	0.0%	4.3%	0.0%	4.3%	4.3%	4.3%	23
	較老化	78.6%	14.3%	28.6%	0.0%	28.6%	0.0%	7.1%	7.1%	0.0%	7.1%	0.0%	0.0%	0.0%	14

		Q22 導入人機協作後，公司是否因此增設新的部門？					
		資訊部門	機電整合自動控制部門	3D 編程部門	機械手臂焊接部門	研發部	家數
	合計	14.3%	42.9%	14.3%	14.3%	14.3%	7
產業別	金屬製品製造業	16.7%	50.0%	16.7%	16.7%	0.0%	6
	電子零組件製造業	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	1
事業單位規模	不到 100 人	0.0%	66.7%	0.0%	33.3%	0.0%	3
	100 人以上不到 200 人	25.0%	25.0%	25.0%	0.0%	25.0%	4
	200 人以上						0
事業單位所在地	北部地區						0
	中部地區	25.0%	50.0%	0.0%	0.0%	25.0%	4
	南部地區	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	3
年齡別	較年輕	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	5
	較老化	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2

		Q23 公司目前所使用的協作機器人本身內建的安全裝置為何？						
		安全額定 監控停止	速度及分隔距 離的監控	動力和力量的 限制	手動引 導系統	手動設定 速度分隔 距離	不知道/ 拒答	家數
	合計	61.2%	14.6%	7.8%	7.8%	5.8%	13.6%	103
產業別	金屬製品製造業	59.8%	13.4%	7.3%	7.3%	6.1%	14.6%	82
	電子零組件製造業	66.7%	19.0%	9.5%	9.5%	4.8%	9.5%	21
事業單 位規模	不到 100 人	59.1%	12.1%	9.1%	10.6%	7.6%	16.7%	66
	100 人以上不到 200 人	52.2%	26.1%	8.7%	0.0%	4.3%	13.0%	23
	200 人以上	85.7%	7.1%	0.0%	7.1%	0.0%	0.0%	14
事業單 位所在 地	北部地區	61.9%	14.3%	4.8%	9.5%	0.0%	9.5%	21
	中部地區	60.5%	18.6%	9.3%	7.0%	4.7%	16.3%	43
	南部地區	61.5%	10.3%	7.7%	7.7%	10.3%	12.8%	39
年齡別	較年輕	62.3%	18.9%	5.7%	1.9%	5.7%	17.0%	53
	較老化	60.0%	10.0%	10.0%	14.0%	6.0%	10.0%	50

		Q24 除了協作機器人本身內建的安全裝置作為基本安全措施之外公司還有設置哪些外部的安全措施？					
		光電式安全裝置 (光柵)	圍柵或護圍	安全皮膚	安全墊	極限開關	家數
	合計	58.0%	80.7%	17.0%	25.0%	2.3%	88
產業別	金屬製品製造業	55.2%	77.6%	16.4%	26.9%	3.0%	67
	電子零組件製造業	66.7%	90.5%	19.0%	19.0%	0.0%	21
事業單位規模	不到 100 人	56.6%	77.4%	17.0%	28.3%	3.8%	53
	100 人以上不到 200 人	61.9%	81.0%	19.0%	23.8%	0.0%	21
	200 人以上	57.1%	92.9%	14.3%	14.3%	0.0%	14
事業單位所在地	北部地區	57.9%	84.2%	15.8%	21.1%	0.0%	19
	中部地區	69.4%	88.9%	30.6%	36.1%	0.0%	36
	南部地區	45.5%	69.7%	3.0%	15.2%	6.1%	33
年齡別	較年輕	54.2%	87.5%	14.6%	18.8%	0.0%	48
	較老化	62.5%	72.5%	20.0%	32.5%	5.0%	40

		Q25 現行職安署訂定的「工業用機器人危害預防標準」規定，在公司 導入協作機器人的過程中，有無窒礙難行之處？			
		文書作業流程過於繁瑣	設計或生產配置作些微變更時也需要重新評估七項安全評估報告	缺乏具體的安全項目規定(如設定速度與功率的數值上限)	家數
	合計	33.3%	33.3%	33.3%	3
產業別	金屬製品製造業	33.3%	33.3%	33.3%	3
	電子零組件製造業				
事業單位 規模	不到 100 人	50.0%	50.0%	0.0%	2
	100 人以上不到 200 人	0.0%	0.0%	100.0%	1
	200 人以上				
事業單位 所在地	北部地區				
	中部地區	0.0%	0.0%	100.0%	1
	南部地區	50.0%	50.0%	0.0%	2
年齡別	較年輕	33.3%	33.3%	33.3%	3
	較老化				

		Q27 公司導入人機協作工作模式在職業災害影響方面增加或減少了哪一類職災？											
		增加			減少								
		職業傷害-撞傷	職業傷害-夾傷	職業疾病-人因性危害	職業傷害-撞傷	職業傷害-夾傷	職業傷害-壓傷	職業傷害-燒傷	職業傷害-割傷	職業疾病-人因性危害	職業疾病-化學性危害	職業疾病-物理性危害	家數
	合計	1.5%	1.5%	1.5%	27.3%	42.4%	22.7%	13.6%	4.5%	45.5%	1.5%	3.0%	66
產業別	金屬製品製造業	1.9%	0.0%	1.9%	25.9%	42.6%	22.2%	16.7%	5.6%	44.4%	1.9%	3.7%	54
	電子零組件製造業	0.0%	8.3%	0.0%	33.3%	41.7%	25.0%	0.0%	0.0%	50.0%	0.0%	0.0%	12
事業單位規模	不到 100 人	2.8%	2.8%	0.0%	38.9%	41.7%	25.0%	22.2%	5.6%	41.7%	0.0%	2.8%	36
	100 人以上不到 200 人	0.0%	0.0%	0.0%	11.1%	33.3%	11.1%	5.6%	5.6%	61.1%	5.6%	0.0%	18
	200 人以上	0.0%	0.0%	8.3%	16.7%	58.3%	33.3%	0.0%	0.0%	33.3%	0.0%	8.3%	12
事業單位所在地	北部地區	0.0%	6.3%	0.0%	18.8%	31.3%	25.0%	12.5%	6.3%	56.3%	0.0%	0.0%	16
	中部地區	4.0%	0.0%	0.0%	32.0%	48.0%	16.0%	16.0%	4.0%	40.0%	0.0%	4.0%	25
	南部地區	0.0%	0.0%	4.0%	28.0%	44.0%	28.0%	12.0%	4.0%	44.0%	4.0%	4.0%	25
年齡別	較年輕	2.9%	0.0%	2.9%	23.5%	47.1%	26.5%	8.8%	2.9%	41.2%	2.9%	5.9%	34
	較老化	0.0%	3.1%	0.0%	31.3%	37.5%	18.8%	18.8%	6.3%	50.0%	0.0%	0.0%	32

		Q28 人機協作工作模式是否曾對勞工的心理方面造成負面影響？			
		擔心將來工作被取代	科技、數位能力不足	機器手臂噪音對員工來說多一個負擔	家數
	合計	62.5%	37.5%	25.0%	8
產業別	金屬製品製造業	62.5%	37.5%	25.0%	8
	電子零組件製造業				0
事業單位規模	不到 100 人	60.0%	20.0%	40.0%	5
	100 人以上不到 200 人	100.0%	100.0%	0.0%	1
	200 人以上	50.0%	50.0%	0.0%	2
事業單位所在地	北部地區	100.0%	0.0%	0.0%	1
	中部地區	50.0%	25.0%	50.0%	4
	南部地區	66.7%	66.7%	0.0%	3
年齡別	較年輕	25.0%	75.0%	25.0%	4
	較老化	100.0%	0.0%	25.0%	4

附錄 3、初步深度訪談題目大綱

企業深度訪談大綱

說明：本研究受勞動部綜合規劃司委託，主要目的在探討機械人協作於我國發展趨勢以及針對幾項與勞工權益相關之議題進行分析，其中包含勞工面臨之勞動條件與工作環境改變、企業對其人力資源及職能需求之變動與因應，以及人機協作對職業安全衛生影響與因應等主要面向。為深入了解我國製造業企業導入人機協作之實際情形，特規劃此深度訪談。

一、 基本資料：產業類型(產品類型)、企業成立年份、企業規模

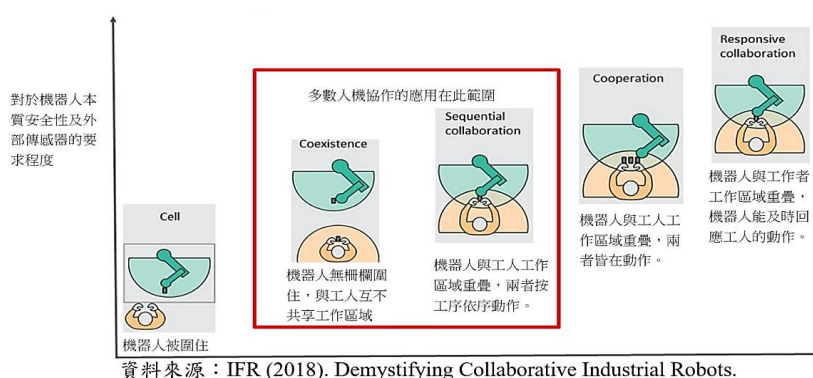
二、 題目內容：

- (一) 請問 貴公司導入協作機器人的類型與用途是什麼?當初導入協作機器人的原因為何?導入人機協作模式是否達到預期效果?在導入過程中有何困難之處?
- (二) 請問 貴公司導入人機協作後勞工的工作模式與環境產生什麼影響?勞工對此的反應是什麼?勞工的勞動條件是否隨之提升(例如薪資上漲、工時減少、其他福利項目增加)?
- (三) 請問 貴公司導入人機協作後，組織在整體人力資源發展策略上，有什麼樣的改變？公司如何安排相關的教育訓練？訓練的模式為何？對於新進員工，其職能需求與專業要求有無產生變化？
- (四) 請問 貴公司導入協作機器人的過程中，「工業用機器人危害預防標準」的 7 項安全評估報告是否符合實際需求?有無窒礙難行之處? 貴公司導在管理面上有無針對協作機器人操作採行安全措施或程序?

協作機器人供應商/自動化設備系統整合廠商

訪談題目大綱

1. 根據 IFR 的資料，人機協作工作模式依協作緊密程度可以分為「共存在同一空間」至「及時回應人類動作的協作」(參照下圖)。請問就您的觀察，我國產業導入的協作機器人的目前的發展程度為何？協作機器人能否有一個明確的定義？您預期我國未來人機協作的發展趨勢為何？



2. 就您觀察，協作機器人在我國多應用在什麼產業(客戶多是屬於甚麼產業的)?客戶導入協作機器人的動機為何?協作機器人通常執行甚麼樣的工作
3. 請問 貴公司的客戶導入協作機器人的過程中，在管理面、技術面等方面遇到甚麼困難? 貴公司一般會給予哪些方面的協助?
4. 協作機器人的內建安全裝置有哪些?是否可以滿足現行的「工業用機器人危害預防標準」所規定的 7 項安全評估報告?

附錄 4、初步深度訪談紀錄

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」 深度訪談紀錄(1)

訪談日期：111 年 7 月 10 日下午 3 時

訪談對象：受訪企業 A(半導體產業) 人資主管

訪談方式：線上會議

訪談人員：辛炳隆

記錄：何煜培

一、基本資料

公司成立屬半導體產業之中型企業。主要從事半導體測試之 Total Solution（測試產品之研發、設計、組裝、售後維修除錯服務）。近年致力於導入智動化機制，進而鼓勵相關專業團隊內部創業，成立新創公司，技術能力日臻成熟，除提升集團公司生產良率與效率，更有能力服務相關產業公司。

二、題目內容

(一) 請問 貴公司導入協作機器人的類型與用途是什麼?當初導入協作機器人的原因為何?導入人機協作模式是否達到預期效果?在導入過程中有何困難之處?

當初最主要是希望提升生產效率與良率，另亦期待藉以處理少子化趨勢導致勞動力逐漸缺乏的問題。

4-5 年前公司開始投入相關資源以培育相關人才，2-3 年前開始逐步導入；公司協作機器人主要用於生產製造相關，當人員拿感應卡(卡片內存有 recipe)去感應設備，機器人就知道要進行甚麼作業。在製造電路板的半成品時需要浸泡化學液(電鍍、銅化石使用)，而生產線導入的 AI 化學感應系統會即時監測生產中的槽液變化，系統會提示人員甚麼時候需要換藥槽。另外一個人機

協作的運用是自動搬運機(AGV)，它是透過系統來執行搬運的動作，呼叫電梯到達指定地點後至各製程工站與樓層，再由機械手臂去交握材料，節省使用人力搬運。

在導入協作機器人的過程中最主要的挑戰應該是在計畫引入的初期，同仁可能會擔心工作被取代。過程中人資部門長期向主管及員工宣導人機協作的目的，另一方面也鼓勵員工學習新技能，引進協作機器人後工作變得比較不費體力，公司希望他們可以嘗試從事其他更具價值的工作。

(二) 請問 貴公司導入人機協作後勞工的工作模式與環境產生什麼影響？勞工對此的反應是什麼？勞工的勞動條件是否隨之提升(例如薪資上漲、工時減少、其他福利項目增加)?

導入人機協作基本上是為了讓員工從純勞動力的工作解除，最大的回饋是降低職業傷害發生(肌肉骨骼的慢性傷害)的可能性。製造電路板的製程來說，基本上員工可待在戰情中心監控，當數位儀表板呈現提醒燈號時，再前往確認檢查、更換維修即可。因此導入協作機器人對勞工福祉有提升效果。

公司是循序漸進地去引入機協作，只有在剛開始的時候員工有些微的不安，主要是擔心工作被取代，但後續經過溝通，員工也都相信公司並不會因為工作減少或取代而減少其勞動條件。

(三) 請問 貴公司導入人機協作後，組織在整體人力資源發展策略上，有什麼樣的改變？公司如何安排相關的教育訓練？訓練的模式為何？對於新進員工，其職能需求與專業要求有無產生變化？

針對體力勞動的員工，導入人機協作後所作的教育訓練。有些原本是產線人員，但若其具電子、電機、機械等背景，公司會提供轉調機會與培訓，培訓以內部專家錄製的線上課程為主，而技能提升後轉調，薪資也可能調升。

協作機器人的操作介面簡單，經過基礎教育訓練及確實遵守 SOP 即可，因此在訓練上面非常有效率，上手的時間比較短。

操作機器的員工與異常處理的員工不同，後者需要具備相關技術與知識。公司戰情中心需要有人隨時監控，廠房設備的生產情形都會以不同燈號呈現，及時提醒產線的異常狀況。

另一方面，在開發新的系統時的 pilot run 非常重要，開發者之間需要經常討論，不斷優化系統以讓生產時能夠如期順利運作。事實上，在整個智慧生產的規劃中，各種領域的人都扮演重要角色，當設計與開發的人員確定方案後，系統上線順利後就會技術移轉給異常處理的工程師。

- (四) 請問 貴公司導入協作機器人的過程中，「工業用機器人危害預防標準」的 7 項安全評估報告是否符合實際需求?有無窒礙難行之處? 貴公司在管理面上有無針對協作機器人操作採行安全措施或程序? (受訪者因非屬此業務職掌，無法提供太多資訊)

機器人自動感應功能可以減少碰撞也有多重防護效果，基本上使用操作並沒有太大安全疑慮。目前公司的職業安全衛生的團隊是直屬總經理，因此這部分公司是相當重視的。

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」 深度訪談紀錄(2)

訪談日期：111 年 8 月 8 日下午 2 時 00 分

訪談對象：達明機器人 製造處經理

訪談地點：桃園市

訪談人員：辛炳隆、林金伶

記錄：何煜培

一、基本資料

達明機器人為台灣的協作機器人製造廠商，是在廣達集團旗下的子公司，成立於 2016 年，是由廣明光電內部的事業部(廣明光電)獨立成為公司。其產品包括有內建智慧視覺的協作型機器人 TM Robot，特色是根據不同負載能力與臂長的機械手臂，以符合各產業的差異化應用，系列包含 TM5-700、TM5-900、TM12 等。員工人數目前約為 356 人，其中一線生產人員大約 70 名，其他為研發、業務、行政等職務。

二、訪談內容

(一) 請問 貴公司導入協作機器人的類型與用途是什麼?當初導入協作機器人的原因為何?導入人機協作模式是否達到預期效果?在導入過程中有何困難之處?

作為協作機器人的製造商，場內的製造流程亦有導入協作機器人的類型，即自家品牌達明協作型機器人(型號為 TM5-700、TM5-900、TM12、TM14、TM16)，廠內多使用六軸機械手臂，手臂的功能在物料的取放、螺絲鎖附、產品組裝以及產品外觀的檢查。

工廠製造部門早期是全人工的產線，導入人機協作模式最主要是為了讓產能提昇並減少錯誤率，尤其是螺絲鎖附的工序

因重複性高，又需要高度專注，長期工作會降低注意力，協作機器人則長時間運轉也不會出錯。導入協作機器人實際有達成當初的預期，效果體現在三個方面：(1)提升員工生產效能：原本製造流程的5個工序，需要兩個人作業；現在人員不需要做這麼多工序，每人只要負責監控兩至三台的機器人，由機器人與人員共同完成整個生產流程，可提升人均產出。(2)降低人員勞動密度：容易產生勞累或是有肌肉痠痛的工序，如大型物件搬運、高扭力鎖附組裝，現在可由機器人來協助完成。(3)減少人員錯誤率：最主要是避免螺絲漏鎖問題發生。

在導入協作機器人的過程，遭遇到的困難應是為了因應政府對於協作機器人導入的安全措施指導，因為需要製作安全評估報告，而每一隻手臂都需要大量的相片及影像存檔備查，並且若是更換手臂需要重新製作一次，需要花費許多人力、時間與儲存空間。比較建議對於使用人機協作機械手臂的廠商若已經取得安全認證，則後續可以簡化其評估報告，不需要因為系統的些微更動而頻繁地更新評估報告。

(二) 請問貴公司導入人機協作後勞工的工作模式與環境產生什麼影響?勞工對此的反應是什麼?勞工的勞動條件是否隨之提升(例如薪資上漲、工時減少、其他福利項目增加)?

原本工作模式因為工序多，一個人是負責一個工作站，協作機器人的自動化設計通常將較為單調、容易出錯或粗重動作讓機械手臂取代其工作，現在許多工作站是由機器人在執行，人員則是負責管控二至三台機器人作業。整體上，勞工對此較為歡迎，畢竟機器人是降低其勞動強度，對於勞工來說是利大於弊。但是在導入的初期需要在內部進行安全的宣導、示範，因為人類與機器人近距離工作是員工先前沒有過的經驗，有些員工在工作初期心態上是害怕的，但操作後也就漸漸習慣，也

清楚協作機器人的安全性，之後就沒有太多擔心。至於是否擔憂機器人取代工作，由於人力精簡可能發生在引進全自動化生產線的時候，公司是利用協作機器人作為操作員的助手，不會因此而裁減人力，因此員工也不會有過多的擔憂。

在導入的初期由於安裝設備需要多次的測試，初期試做的時候也有員工認為協作機器人的動作太慢，用人工的方式可能比較快。在調適過程中對機器不信任是正常的，但經過多次的配合，人機協作工作模式能夠逐步上軌道，人員與機器搭配合適的生產步調，減輕員工的工作負重同時兼顧產品品質維持。員工也對協作機器人有了正向的感受。公司起初引進協作機器人的主要用意是增加生產效能。不過，一開始導入人機協作時，由於訂單是固定的，勞工的許多工序都精省，人員容易有閒置的情況，未來訂單需求有穩定成長，此情形就會改善。

就勞動條件方面的變化，如果只是一般操作工作，基本上附加價值不高，並且人機協作的結果是降低其勞動強度，故薪資上並不會有所調整。除一般操作工作外，如果員工有心學習機器人的故障排除，甚至於能夠協助裝置機器人與安排生產動線等較具專業性的工作，職等可以再調整，薪資必然也有所調升。

三、請問 貴公司導入人機協作後，組織在整體人力資源發展策略上，有什麼樣的改變？公司如何安排相關的教育訓練？訓練的模式為何？在招聘新進員工時，其職能需求與專業要求有無產生變化？

公司主要的人力資源發展策略會先將現場作業、操作表現良好，且能夠正確反應問題的作業人員，作為技術儲備人員。公司會安排其接受達明訓練中心的機械手臂基礎課程與進階課程等正式教育訓練。

在招聘新進的現場作業人員時，公司會先說明作業環境是與機器人協同作業，專業上沒有過多的要求。由於協作機器人的操作員講求實際操作時能否順利相互配合，相關的專業背景不是主要的參考項目。對於操作人員，公司認為移除錯誤是每個人員或多或少都需要學習的重要項目，報錯之後如果能知道如何除錯，是比較有價值的員工。以目前公司的操作員工來說，大學畢業生的學習能力較佳，上手的速度也較快。至於工程師級別的員工基本上需要對機器人有興趣，進入公司後再做專業教育即可。

公司原則上鼓勵員工積極學習，在應徵新員工的時候也會提醒應徵者，工作內容可能不會一成不變，為了因應產業變化與需求，跨領域的學習也是公司相當重視的部分。然而有沒有意願學習，仍取決於員工的個性，對自身職業生涯發展較為注重的員工，通常就會有積極的學習心態。至於對於無法適用新技術的員工，通常是年紀較長，對於電腦或機械操作也比較不熟悉的。公司並不會強迫員工學習，主要作法是將這些員工安排至其他沒有導入自動化的工站，使其繼續從事人工組裝相關的工作。

四、 請問貴公司導入協作機器人的過程中，「工業用機器人危害預防標準」的 7 項安全評估報告是否符合實際需求？有無窒礙難行之處？在管理面上有無針對協作機器人操作採行安全措施或程序？導入人機協作後是否減少職業災害或相關疾病(如骨骼肌肉傷病、過勞等)的發生？

依據目前「工業用機器人危害預防標準」的 7 項安全評估報告的要求，因為需要製作安全評估報告，每一隻機械手臂都需要有大量的相片及影像存檔備查；更換另一隻手臂或是更改

系統參數也會需要重新再製作一次，即使是微小的調整也需要，如此可能花費許多人力、時間再製作這些文書作業。

公司建議針對已經取得安全認證的協作機器人，可以簡化其評估報告。而 7 巷安全評估報告中的「試運轉試驗、起始啟動安全程序書及報告書」兩個項目的評估內容多數其實相同，建議可以將兩者合併作業，簡化評估流程。

公司針對協作機器人操作採行的安全措施，在管理面上基於廠區目前仍是承租其他企業大樓的樓層，面積較為狹小無法作到完善的空間隔離，人員管理上採配戴臂章作為識別，區別各個工作區域的人員。

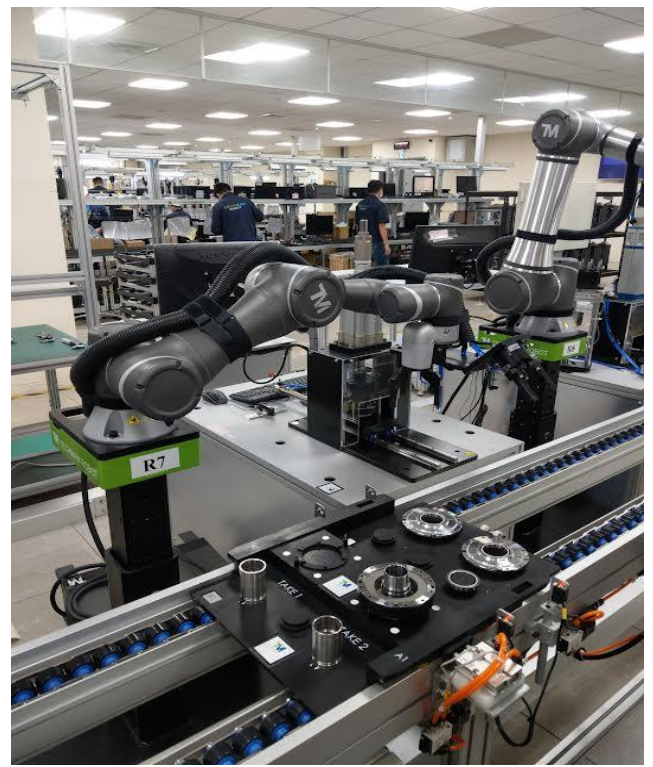
導入人機協作後對於減少職業災害或相關疾病發生的效果，舉例來說，原本 J700 螺絲鎖附的工作扭力達 90KG-CM，先前有人員反應手腕不適問題，提供輔助支架，仍又反映作業不方便。在導入人機協作後，就解決了員工長期扭螺絲造成的手部疼痛問題。仍有部分工站待改善，公司會逐一檢視再予以優化。

三、訪談影像紀錄

1.全自動化產線



圖一 生產機協手臂工件的完整生產線



圖二 生產機協手臂工件的其中一工站

此為生產機械手臂零件(減速機)的生產流程為全自動化生產線,全線使用協作機器人機械手臂做夾取與放置的動作,手臂夾取需要加工的工件後再放置在專用機上做加工,如上油、組裝、上膠的動作。此生產線總共配置**四個工站**(即四個協作機器人機械手臂及四台專用機)。每個工站需要事先調節好一樣的作業工時(約一分鐘)。此生產線僅需由一名員工,人員負責線頭上料,線尾下料,異常處理,設備保養維護,在電腦螢幕前監督相關生產情形。

2.人機協作—手臂作業區與人員作業區不重疊



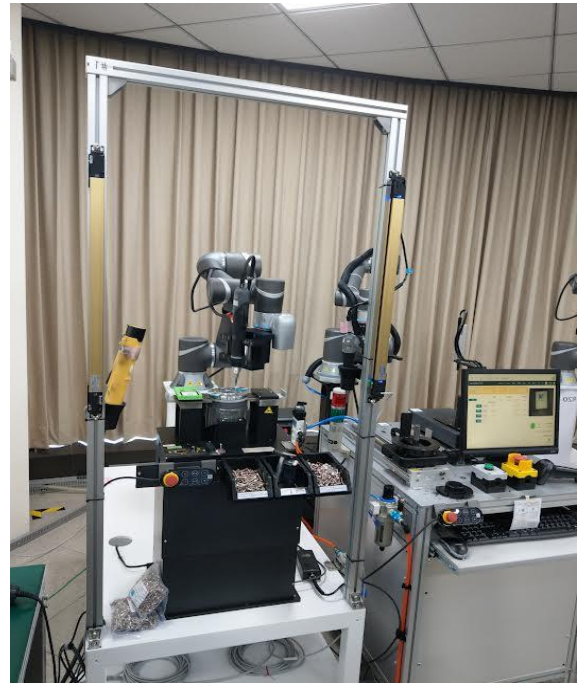
圖三 生產機械手臂中的氣壓缸

此工站配置一名人員及兩台協作機器人，人員先將氣壓缸內的定位裝置放入磁鐵(須符合精確的高度)，再將組好的部件放在上料區，部件上料後由汽缸做移載，將待加工的部件送去機械手臂的作業區，第一隻機械手臂針對人員放置磁鐵的位置作量測，第二隻機械手臂再做最後的組裝。整個流程分成三段工序。此種人機協作的模式是人員與協作機器人按順序分開作業，彼此的作業區域不會重疊，上料區與機械手臂的作業區也是分開的(見圖虛線劃分)。

3.人機協作—手臂作業區與人員作業區重疊



圖四 人員施作螺絲鎖附的動作

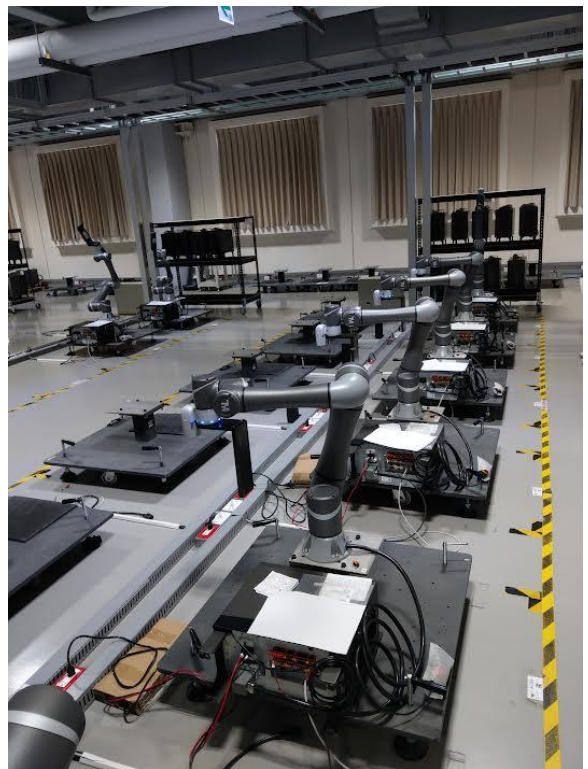


圖五 協作機器人執行螺絲鎖附的動作

此工站因為產品製程要求邊旋轉邊鎖附，並且每顆螺絲需要分不同扭力依序鎖緊，鎖附方式必須以對角線按順序的鎖法執行。人員長時間執行容易因為注意力降低而出錯；容易發生螺絲可能其未鎖的品質問題，並且事後無法追查，配置協作機器人主要用意在解決人員漏鎖螺絲問題，所有鎖附過程記錄都在系統上，機器人則只要預先編成鎖螺絲的順序，即不會出錯。另一方面鎖扭力大，長時間操作栓鎖螺絲動作會造成人員手部不適，協作機器人則能大大減少此不符人體工學的動作，進而減緩人員的身體不適。另外，因為作業上需要人員先固定幾枚螺絲剩下由機器人完成，在風險評估後發現人工作業與手臂作業區是重疊，因人員手部可能接觸到協作機器人上的螺絲起子頭的尖端，故設置安全光柵作為安全措施，手臂作業時人手超過安全光柵即會觸發安全機制使手臂停



圖六 協作機器人利用內建攝影機
執行成品外觀檢驗的動作



圖七 協作機器人成品測試階段

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」 深度訪談紀錄(3)

訪談日期：111 年 8 月 10 日上午 09 時 30

訪談對象：受訪廠商 B (自動化設備系統集成廠商)協理

訪談方式：線上會議

訪談人員：辛炳隆、何煜培

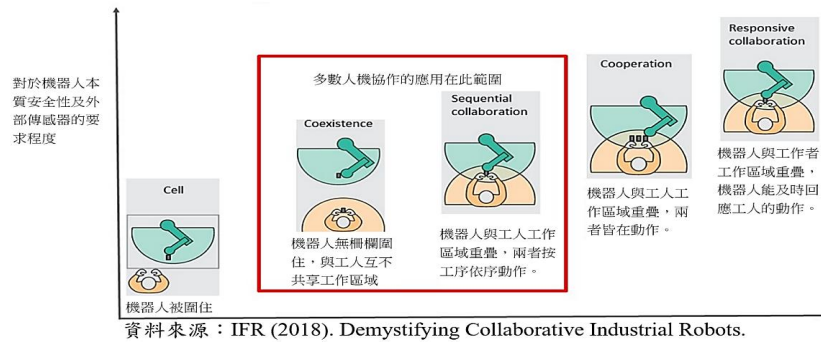
記錄：歐仁安

一、基本資料

受訪廠商 B 早期從事加工專用機的設計開發與製造，主要應用在針車、汽機車及馬達零組件生產。並且為客戶提供自動化加工生產線之整廠設計規劃。業務範圍除了既有的專用機製造，包含精密主軸頭、滑台的開發製作，也有代理達明機器人的機械手臂。109 年與達明機器人攜手展出 CNC 加工機結合達明機器人自動化上下料的應用；以內建視覺手臂優勢辨識工件位置進行取放，並結合工廠現有的物流箱結合推車放置工件。此項展品獲得手推車取放整合系統專利，是機械加工業、電子業、機械業的整體解決方案。

二、 題目內容

(一) 根據 IFR 的資料，人機協作工作模式依協作緊密程度可以分為「共存在同一空間」至「及時回應人類動作的協作」(參照下圖)。請問就您的觀察，我國產業導入的協作機器人的目前的發展程度為何？協作機器人能否有一個明確的定義？您預期我國未來人機協作的發展趨勢為何？



我國產業目前使用的協作機器人，其協作程度類型若用上面的圖來表現，紅框裡面之左邊的圖像代表人跟機器有一段距離，也沒有設置安全圍籬，目前台灣較多使用此種類型的。紅框裡面右邊的圖像代表人跟機器的工作場所重疊，台灣目前也有使用此種類型的。紅框旁邊的第三種圖形，由於需要人與協作機器人同時作業，但人員的反應較手臂快，需要考慮較多銜接時機與作業面積，此種類型較少出現。

協作機器人定義即是機器人能協同人員作業，不同的應用領域及作業需求，其定義也會有所不同。一般來說，協作機器人的特性可從與工業型機器人的區別來觀察，它的輸出力量較小、作業速度較慢、有外力接觸機械手臂就會自動停下、操作者感知的危險性較低。

我國產業目前較少引入協作機器人的原因是臺灣企業比較講究「效率」，協作型機器人較考量安全，所以速度較慢，效率較低，即使工業型的協作機器人導入的數量逐年有增長的現象，大多數業者仍會因為「效率」的問題而不願導入協作型機器人。

我國未來人機協作模式的發展預期會有越來越多企業導入；第一個原因是目前製造業的中小企業朝向少量多樣的生產模式，需要不時變換生產配置，而協作型機器人可以根據不同需求作調

整，不同於傳統型工業機器人的固定性。第二個是協作型機器人的操作介面較人性化，教育訓練的時間縮短，員工就能快速上手。

(二) 就您觀察，協作機器人在我國多應用在什麼產業(客戶多是屬於甚麼產業的)?客戶導入協作機器人的動機為何?協作機器人通常執行甚麼樣的工作

本公司客戶雖多是傳統製造業，但台灣協作機器人多應用在產線人員較多的電子產業。同樣屬於傳統製造業的金屬加工業，其勞動環境不如電子廠吸引人，加上近年疫情的影響，導致缺工問題加劇，所以業主會試著導入協作型機器人來解決人力不足的問題。

客戶導入協作機器人的動機除在題目（一）所回答之外，導入成本導是另一考量因素，亦即協作型機器人從安裝到生產線到能夠穩定運行所需要的成本，相比傳統工業型機器人低；其次是大環境的考量，由於現代人不願意做重複性高、勞力密集、低報酬的工作，廠商遂有引進協作型機械人的想法。

臺灣的部分，70%以上的協作機器人使用在上下貨、裝載的工作，其他工作則因為技術含量較高，相對應的機械手臂對外售價也會較高，所以業者比較不傾向購買此種機械手臂來接替人力。其他工作如金屬焊接，一般都會使用工業型機器人，因為金屬焊接環境較惡劣、溫度較高，即使有人員操作也需要保持距離。通常協作型機器人比較不會應用在嚴酷的工作環境，比較多出現在有冷氣房的工廠。

(三) 請問貴公司的客戶導入協作機器人的過程中，在管理面、技術面等方面遇到甚麼困難? 貴公司一般會給予哪些方面的協助?

由於協作機器人的技術傳承比較容易，因為操作介面比較簡單、人性化，且政府也會協助廠商轉型工業 4.0，所以公司的客戶

在技術面上比較沒有遇到太大的困難。至於在管理面，協作型機械手臂單價高，對業主的管理層來說導入成本較高，就必須思考如何短時間內透過人機協作來提高生產效率與收益來回收投入的成本。

公司在維修保養方面會依照檢測有無異常，來判斷需不需要更換業主的協作型機器人的零件。教育方面，從業主一開始引入機械手臂，公司就會先教導整套設備的使用方法以及如何挑選周邊系統來達成業主規劃的生產配置。當業主換模或換配置時，會有調整參數的需要，公司一開始都會教導如何去設定。若是經常需要調整協作機器人的業主自然熟能生巧而不需再詢問設備供應商；若是機器人的配置較為固定的業主，比較可能會忘記調整參數的步驟，所以會需要詢問設備供應商。傳統工業型機器人一定要專人到場才能協助設定，協作型機器人則不一定需要專人到場協助，透過視訊、電話也能讓設備供應商教導客戶設定參數，這是協作型機器人的大優勢。

許多客戶一開始完全委託設備供應商處理協作型機器人的組裝及維修，後來為了避免商業機密外洩，同時也為了增加機械手臂與工廠原有設備的貼合性，越來越多客戶會傾向自己組裝或設計，此時公司會偏向輔導的方向而不是服務的角色。

(四) 協作機器人的內建安全裝置有哪些?是否可以滿足現行的「工業用機器人危害預防標準」所規定的 7 項安全評估報告?

協作型機器人除了有外力接觸就會停止的設計，有些協作型機械手臂會設置安全掃描儀或加裝視覺系統，抑或是在另外搭配光柵這類的外在防護機制。

目前大部分的業主對於「工業用機器人危害預防標準」所規定的 7 項安全評估報告的處理方式是把協作機器人關在籠子裡或是以護欄隔開，亦即依循傳統工業型機器人的處理方式。單純讓機

械手臂與人之間採非接觸的狀態來保持安全，人員若需要放零件也可能是由移載系統移動到協作型機人的作業範圍。協作型機器人為了閃開安全區域，會有一個等待時間，這個時間就會有效率較低的影響。

(五) 公司進用的人是何種背景？

公司工程師的畢業科系是機械科系占多數，機電系的人才一般則會被電子業或半導體業招募。為了填補跨領域人才的缺乏或流失，也為了跟上協作型機器人的趨勢，公司開始會期望所招募的員工或是既有的員工能往跨領域發展，而不像是傳統機械科系畢業原本只能在工廠作業，並單純依賴傳統經驗判斷刀具或機械的設計或程序。在這個大數據時代，人員可以多學習像是「人工智慧」、「智慧製造」、「電腦程式設計」或「機電整合」的相關課程，進而將生產線流程設計成更符合客戶需求的模樣。另外也可以透過工廠實習體驗車床、電銲、精密鑄造的加工流程，瞭解不同業者的加工過程，更能明白客戶的需求。

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」 深度訪談紀錄(4)

訪談日期：111 年 8 月 31 日上午 09 時 00

訪談對象：達明機器人 營運長

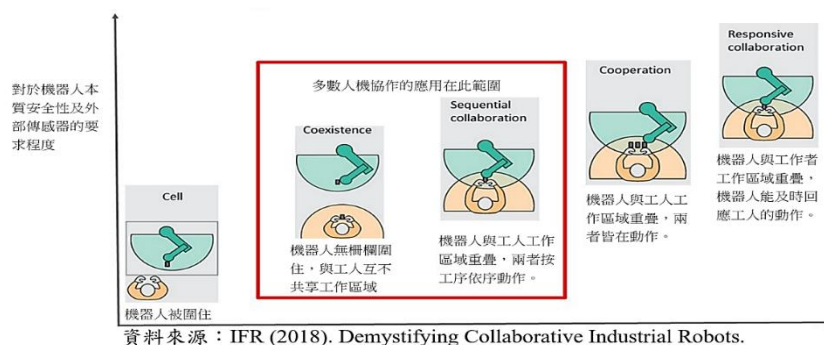
訪談方式：線上會議

訪談人員：辛炳隆、何煜培

記錄：歐仁安

一、 題目內容

(一) 根據 IFR 的資料，人機協作工作模式依協作緊密程度可以分為「共存在同一空間」至「及時回應人類動作的協作」(參照下圖)。請問就您的觀察，我國產業導入的協作機器人的目前的發展程度為何？協作機器人能否有一個明確的定義？您預期我國未來人機協作的發展趨勢為何？



協作型機器人的國際定義分為兩個，第一個是協作機器人與人員有接觸，其協作程度屬於紅框裡的右邊，代表員工與協作機器人在同一區域共同作業。另一種的協作程度屬於紅框裡的左邊，當員工進入區域，協作機器人會調整運作狀態，例如進入降速模式或機械手臂停止運作。歐洲或日本大廠參加國際間的機器人展覽時會推出紅框右邊的協作類型，國內目前實際應用大都是如左邊圖示的協作模式，因為大多數產品製程並不會設計太複雜，共同作業的工序也不會太複雜。

我國未來的人機協作的應用應該還是會以上圖紅框的左邊的情形佔大多數。因為右邊那種按順序共同作業的協作模式會被產品定義所影響，若是產品製程較複雜，是單一機械手臂不容易達成的製作方式，這種需要精細的做工，還是必須由人員作業才會出現需要人員與協作型機器人共同作業的情形。

(二) 就您觀察，協作機器人在我國多應用在什麼產業(客戶多是屬於甚麼產業的)?客戶導入協作機器人的動機為何?協作機器人通常執行甚麼樣的工作

本公司國內客戶大多數以電子產業與半導體產業為主，再來其他傳統產業也有客戶會引入協作型機器人，如汽車加工業與機械加工業。電子業主要出現在表面貼焊(SMT，Surface Mount Technology)產線中，目前大部分的 SMT 產線已經是全自動化了，只有中間回焊(Reflow)，以及後端的測試階段需要先由人員從流水線將成品拿出，再放入測試機檢測，顯示綠燈才代表成品沒問題，引入協作機器人後可以節省許多時間與人力的成本。另外，國內幾家大型的半導體廠商也有使用達明機器人的產品，過去需要人員穿上防塵衣從庫房之間運送晶圓片，因為晶圓的材質較脆弱過程需要特別謹慎，若有損耗將造成重大的損失，也因此由人員運送晶圓片需要花費較多時間。在這樣極為敏感的生產條件之下，業者會選擇專為人機安全協作所設計的機器人。而且完全不需使用護欄，即使有人員進入無塵室也能夠與協作機器人在同一空間作業。

服務業領域的客戶較多來自國外，如日本、新加坡、韓國。客戶導入協作機器人的動機主要是為了節省人力以因應少子化的情況，以及考量到投資報酬率，導入協作型機器人可以在短時間就可以回本，另外服務業中的餐飲業因為環境其實也不適合人長期工作，如高溫；空氣流通問題，製作食物如可以由機器人來執

行，也可以改善人員的工作環境。實際運用方面，舉日本的客戶為例，應用 TM 協作機器人在章魚燒製作與拉麵的製作，也有洗碗功能的機器人。韓國的客戶則有很多將協作型機器人運用在炸雞的製作。

目前台灣企業較少導入協作型機器人的原因是台灣傳統產業的公司規模較小，導入自動化製成的規劃還是比較謹慎，對機械手臂的投資較少，因為公司會有所顧慮。而歐洲大廠資本雄厚，不會因為協作型機器人較高的導入成本而沒有意願導入協作型機器人。

(三) 請問貴公司的客戶導入協作機器人的過程中，在管理面、技術面等方面遇到甚麼困難？貴公司一般會給予哪些方面的協助？

國內客戶在引入協作機器人主要碰到的困難是工程師與技術人員數量較少，因此為了讓沒有專業知識的員工也能迅速運用機械手臂，公司將機械手臂的操作介面設計成比較簡單、人性化，這也是協作機器人的一大優勢。公司對於客戶會提供的協助，以協作機器人操作相關的訓練來說，有兩個部分：第一部分是提供客戶基礎的教學課程，明白協作型機器人如何操作與設定，提供客戶企業內不具有高階技能技術的工程師相關課程，大約一天可以完成；相較於其他機器人大廠如 KUKA 其所開設的課程總共需要花費3個月的時間。第二部分是如果協作機器人加上視覺化系統，相關的課程比較難，需要花費一個禮拜的時間。另外，公司出廠的協作機器人使用上不用寫程式，與傳統工業型機器人的操作相差較多。

(四) 協作機器人的內建安全裝置有哪些？是否可以滿足現行的「工業用機器人危害預防標準」所規定的7項安全評估報告？

公司產品除了符合國際性標準 ISO10218-1(主要規定機器人本身)、ISO10218-2(主要規定系統)、ISO15066(補充規範協作機器人

安全設定)與 ISO13849-1(系統安全性能等級)的標準之外，已符合全球國際市場之安全需求。另外達明機器人的機械手臂也會因應不同區域取得符合該地區或同等的安全認證，例如：歐盟的 CE 認證(European Conformity，即歐洲共同體)與韓國的 KC 認證標誌(Korea Certification Mark,KC)。

台灣的「工業用機器人危害預防標準」僅以工廠端的角度規定設備的管理內容，尚未談及設備的安全，也沒對設備建置過程有所規定，例如設備之安全功能應符合哪些設計與觸發後的安全係數應該是多少。顯示我國目前並沒有針對協作型機器人如上述國際標準之安全設計的規定。

達明機器人的機械手臂內建 30 個安全裝置，例如:Joint Speed Limit 與 Joint position Limit 會隨時受到監控，避免協作型機器人出現超過最大值的危險、Encoder Standstill Output（代表馬達出現異常情形時周圍設備都會停止運作），都是依據 ISO13849-1 的規定去設計，發生風險的程度(失效等級)都歸於 d，代表發生風險的機率只有萬分之一。人員若是在手動模式操作機械手臂移動時需要搭配三段式按壓開關，以確保機械手臂移動人員皆保持注意力避免發生未預期的移動。另外，若仍有安全疑慮也可以再搭配各式的外建安全裝置，如光柵。

(五) 產學合作

達明機器人目前與教育部合作，在三所學校；台灣大學、台科大、淡江大學，設立機器人學程，目前學程執行已經超過一年，學程是跨大學部與研究所，公司提供 7-8 隻機械手臂讓學生有機會接觸。上學期主要由機械系系主任教導，助教在旁觀察，下學期助教跟研究生也會加入課程，因為他們已經具有協作機器人與視覺安全系統的相關專業知識，能順利宣傳新的協作型機器人的概

念。此課程能協助解決專業人才不足的情形，幫助學生往高價值工作前進，並且在協作的趨勢下適應。

台大開設機器人學程，學生畢業後若有機會進入達明機器人大都是成為研發工程師(Research&Development，簡稱 RD)。若是一般製造業，因為給的薪資沒有半導體行業的優渥，所以頂尖大學的畢業生都會去半導體產業就業，一般製造業一方面是沒有經常需要研發的需求，即使有自動化專業人才的需求，也可能難有辦法招募到優秀人才。這是台灣勞動市場目前的現況。

附錄 5、企業深度訪談紀錄

111 年度勞動部委託研究

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」

企業個案研究-深度訪談(1)

訪談日期：111 年 10 月 27 日

訪談時間：上午 9 時 00 分至 12 時 00 分

訪談地點：盈錫精密工業(股)公司(台中大里廠)

訪談對象：副總經理、人資主管、智慧製造顧問

訪談人員：辛炳隆、葉俊偉、何煜培

記錄：歐仁安

一、基本資料

1. 企業名稱：盈錫精密工業(股)公司
2. 產業別(含細分類)
 - (1)金屬製品製造業
 - (2)依產品做分類亦包含金屬刀具/手工具及模具(251)、其他金屬製品(259)、通用機械設備(293)
3. 公司規模(員工人數)：人數為 192 人
4. 公司所在地(縣市)：台中市
5. 公司成立年份：成立於 78 年

二、訪談內容

第一部分、公司導入協作機器人之情形

1. 導入協作機器人的數量、種類、用途為何?人類與機器人之間的協作程度如何?(例如一部機器同時與幾位工作人員配合、與機器的距離、人與機器可以同時動作或是兩者依序動作等)。

工廠內部使用日本發那科公司(FANUC)的協作機器人，型號各有 M10iA，共五台；M-10iD，共三台；M-20iD，共一台；M-20iD/25L，共七台；M-710iC/20L，共兩台，差別在於負載力(例如 10 公斤-12 公斤、12-70 公斤)與配套使用(例如力覺感測器)的不同，主要的功能都是在物料的取放、產品外觀的檢查。

產線上使用協作機器人的生產單元為一台協作機器人搭配兩台工具機，人機協作的程度不高，僅有換線時機械手臂設定(set up)的過程，人員需要進入協作機器人的作業區域內實際接觸協作機器人，設定完成後人員會離開作業區域外，然後進行物料移動、生產流程監控、抽檢(品質把關)的工作。

2. 導入協作機器人主要動機為何?是否達到預期效果?(例如減少人力成本、提升產品品質、增加其他附加價值等)原因為何?

導入協作机器人的主要動機有三個，第一是取代重複性工作，解除勞工從事單調的純勞力工作，同時滿足年輕員工對於在製造業工作的願景；第二是為了降低大量使用低技術性工作所產生的人事成本；第三是為了處理少子化趨勢以及跟上自動化趨勢。

導入人機協作模式達成顯著效益，原本一個員工最多只能操作兩台設備(工具母機)，導入協作機器人後一個人可以管控 5~15 台生產單元(包含協作機器人、工具母機)，大大提升工作效率也降低勞工重複性工作所造成的成本。

3. 導入協作機器人的過程中有無困難之處(例如廠房空間、技術上、成本上、員工接受度等)?如何因應?

在導入協作機器人的過程中的挑戰應該是在計畫引入的初期，員工比較不具備機器與機械手臂的專業知識，所以要透過教育訓練提升員工專業技能以、培養其生產方式的新思維。另外，公司持續精進自動化進程，非常注重生產設備的穩定性，透過即時資

訊呈現才能掌握生產進度與情形，避免生產效率與品質下降。協作機器人為公司智慧製造進程的一環，可以搭配物聯網技術，然而工廠舊設備與依靠物聯網蒐集資訊的新系統無法搭配，需要花較多時間評估及規劃。

第二部分、人機協作模式對勞動者工作環境及工作型態之改變與因應

1. 導入協作機器人後，員工的工作環境有何改變？(例如空間更寬敞、噪音降低、廠內溫度較適宜、空氣品質較佳、動線更順暢)

工作環境方面，為了配合「科技、節能、智慧」的願景而建立了少人化智慧製造新廠，不但建築有符合綠能之太陽能集電板，工廠內也加裝了風扇使空間的空氣流通不致悶熱，廠區走道也很寬敞、暢通。新廠亦導入機聯網讓各廠區加工設備可聯網生產資訊可視化，透過智慧製造虛實整合系統整合 6 個廠區 150 台之機台，使員工工作更加有效率。

2. 導入協作機器人後，員工的工作內容與型態有何改變？

導入人機協作基本上是為了讓員工從純勞動力的工作解除，不但能降低職業傷害發生的可能性，也能避免重複性高的工作所產生的工作疲勞。員工工作的轉變如同前述，產線上使用協作機器人的生產單元為一台協作機器人搭配兩台工具機，人員僅有換線時需進入協作機器人的作業區域作設定，完成後人員會離開機械手臂的作業區域，然後進行物料移動、生產流程監控、抽檢(品質把關)的工作。

未導入協作機器人前，人員需要在工具機之間取放物料、半成品，站立時間較長(工作時間 8 小時)，現在員工轉變成監督多台機器，不需要長時間站立。基本上員工可待在工作中心監控，當

數位儀表板呈現提醒燈號，再前往確認檢查、更換刀具或進行設備維修即可。

3. 公司導入協作機器人之前是否有對員工進行溝通與說明？員工初次的反應如何？對於無法適應人機協作工作模式的員工，公司會如何因應？

公司是經過通盤的考量後才引進協作機器人，是循序漸進地讓員工適應人機協作工作模式，只有在剛開始的時候員工有些微的不安，主要是擔心工作被取代，但後續經過溝通及宣導，使員工明白積極學習對自己是有幫助和成效，公司對自己的承諾只要有努力就會達成。

無法適應人機協作模式的員工可能是因為：(1)員工專業知識不足，可能出現對協作機器人的操作方式或工作模式不瞭解，導致工作流程不順暢。針對此問題，公司經過長時間的設計，已經將協作機器人的設定(set up)建置過程模組化，使員工有一套標準作業程序可以遵循；(2)員工本身所抱持的態度影響能否適應人機協作工作模式，有些員工對於原本的工作模式已經習慣，對新的工作模式產生排斥，另一種是資深的師傅對於新的趨勢與發展走向較容易採取疑惑、排斥態度。針對員工接受度或心態的問題，公司高層透過早會、Line 群組兩種溝通方式宣導公司未來發展策略、相關新資訊的分享(例如:工業 4.0、機械手臂、機聯網等新科技)，以因應員工產生疑惑與排斥的反應。

4. 公司導入協作機器人的初期，是否因為某些工序交由機器人執行或是等待作業期間過長而有人員閒置的情形？若有，公司如何因應？是否會安排員工從事其他的工作內容？

公司導入協作機器人雖然裝載工作大多交由協作機器人執行，使得員工工作負擔減輕；然而因為三個原因，工廠較少出現人員閒置的情形：第一個是教育訓練充足，員工學習不同技能，故能

轉換到其他部門/工廠工作或學習；第二個是員工招募大多設定尋找擁有專業知識(例如資訊能力、協作機器人知識)，目前員工多數為學習能力好且具備專業知識的年輕員工，因此即使從原本的人力加工工作轉型為監督工作，員工仍需負責其他高價值的工作；第三個是原本工廠設置目的即是為了因應智慧製造，而非從傳統型工業工廠轉型，故生產流程、生產線與人員配置是經歷完整規劃與排演，較不會出現員工有閒置時間的情形。

5. 公司是否因為導入人機協作，在生產規模沒有變動的情況下有減少產線配置的基層人力？對於這些空出的人力，公司是否會安排或鼓勵其從事其他高價值、技術含量更高的工作？這些人員的薪資是否因此有所提升？

導入人機協作後，少數員工會因為原本工作已經上手適應，不想接觸新的工作模式；多數員工對於新的事物接受度則較高，也較積極，甚至認為導入新技術的工廠(例如協作機器人)是對自我技術提升的催化劑。公司也長期宣導並承諾對於高價值的工作若能成功掌握會有相對的薪資提升。公司對於不適應的員工會做出相對應的調整，提供轉換至不需要額外學習操作新機器的部門作選擇，以符合員工對於工作的期待。

第三部分、人機協作之導入於企業人力資源發展策略及職能需求之變化與因應

1. 導入人機協作後，組織在整體人力資源發展策略上，有什麼樣的改變？

導入人機協作模式並配合公司智慧生產的規劃，增加了三個新的部門：第一，有別於大部分中小企業將資訊業務外包而於內部建立的資訊部，主要負責系統維運、應用系統發展，以及大數據分析，並參與資訊人才培育擴編計畫，協助培育系統發展與資

料分析之專業人才；第二、為了有效管理、培育人才而建立人力資源部；第三、品保部則是為了穩定高附加價值價的零件之品質而成立。

2. 導入人機協作後，組織對於員工的核心職能、專業職能與管理職能，有什麼樣的因應與變化？

配合公司對於智慧製造、智慧工廠的進程，對於線上的操作員或新進員工不單是要求其資訊能力，更希望其具有跨領域能力，例如機械能力或是自我解決問題的能力。

品保部門的人力資源主要由產學合作的學生為主。品保部門的人員不僅需要具有品檢的能力，更需要具有分析的能力，前者的能力可以依靠資深的員工來傳承，但後者的能力只能透過內部或外部的教育訓練才能獲得。

3. 導入人機協作後，公司是否產生職務職稱？名稱為何？主要的工作內容為何？所需的能力有哪些？

導入人機協作後，職務增加主要在負責品質管理的新部門-品保部門(15人)與資訊部門。

品保部門人員主要負責三類工作：(1)在所有生產過程中(包含進料、製成、成品、樣品)的角色做定位；(2)制定一套標準的生產操作規則；(3)制定產品抽檢或全檢的標準(例如抽樣比例，)並將品質量測的所有數據匯入公司系統以利資訊部門作分析。

資訊部門則是為了因應智慧製造和數位轉型的趨勢而設立，早期創立部門時曾與僑光科大的資訊技術學系進行產學合作，例如暑假期間曾讓 15 位學生進到公司實習，與同仁共同進行教育訓練，之後分配到各個部門(例如營業部門)實習，藉此提升內部資訊能力的素養同時增加學生實務經驗。產學合作的過程能使公司的資訊部門在面對上述兩大趨勢(智慧製造、數位轉型)時，產生兩種

助益：(1)協助部門完成轉型、(2)降低部門的不確定性與不安全感所產生的抗拒表現。

4. 導入人機協作後，公司是否有若干職務職稱趨向減少甚至消失？名稱為何？主要的工作內容為何？

導入人機協作後，現場操作人員不需要這麼多人，針對現場操作人員若其學習意願高、學習成效好，有機會安排到資訊部門或品保部門發展。另外，現場的操作人員若為資歷較深的師傅可能較少有意願往人機協作模式發展甚至排斥學習新技術，因此公司安排其擔任無法自動化之單人機台的專職工程師(技術士)。

5. 導入人機協作後，實際操作機器人是交由原有勞工透過教育訓練後進行操作，還是新聘相關專業人員進行操作？或者兩者各占一定的比例？這樣安排的原因為何？

實際操作機器人是交由原有勞工透過教育訓練後進行，一開始會由廠商提供教育訓練，之後公司則會透過種子人員訓練，在內部培養出完整的教育訓練架構。

6. 導入人機協作後，參與整個人機協作生產供應鏈上的員工，工作內容有什麼樣的轉變？公司透過何種方式的教育訓練，提供什麼樣的協助？除了機台的操作之外，公司有無針對機器的障礙排除提供訓練？

設備剛導入時是由機器人廠商提供基礎教育訓練，主要為基本操作、簡易的障礙排除；培訓過程中公司再從各方面(態度、工作年資、學習意願)評估適合的人員，將其培養成種子人員，之後由種子員工宣傳與教導協作機器人的操作模式。種子人員一定會包含基層人員，避免種子人員流失無人可以教導新進人員。教育訓練內容包含量測、障礙排除、各個層級的人機協作、各單位的機台操作。

針對障礙排除，公司期望朝制度化發展，目前簡單分成三種情形：(1)花費一天時間可以排除或對於產能的影響較小的問題，處理人員主要是公司內部資深人員或幹部；(2)一天也無法解決的問題，就需要往公司高層通報產能無法達到預期(3)三天無法解決的問題通常公司內部無法自行排除，處理方式是連絡原廠協助。

7. 導入人機協作後，公司在招募甄選新進人力、中高階主管升遷以及績效考核等面向上，有什麼新的想法？

從 89 年開始公司就開始積極地參與產學合作，對象包括霧峰農工、台中高工、虎尾科大、修平科大、僑光科大、勤益科技大學。其中勤益科技大學更特別設立工具機學院作為機械產業人才的培育基地，使學生能從學生時期就建立連貫的思考模式並有接觸機器的實際經驗。政府也持續開設許多大專院校的人才培育計畫，例如 3+4 產學訓攜手專班、智慧製造產攜班 421 模式、產業研發人才培育計劃。

由於產學合作是從學生高一時期就開始培育，學生能從高中階段就知道自己學習路程，並且延續到大學階段。所以公司的人力資源有很好的銜接性，員工沒有年齡上的斷層；且為了使員工更快上手工作，公司採學長學弟制度。指導員(學長)會有津貼，也會接受公司部門每月的考核，通過考核者才能進入繼續成為指導員工作場地進行操作教學。另外學長、學弟都可以各自評價，也可以此做為換指導的依據。

產學合作中學校的老師在實務與課堂知識之間仍會偏重後者來教導學生，加上學校端的設備仍侷限於乙級技能檢定、選手培訓的部分，學生較少機會接觸常態性的操作(例如耗材、刀具、撞擊)，公司也負起社會責任，盡教學指導(包含量測、組裝設備、人機協作)的義務，協助培養全面性的人才，避免整個就業市場在製造領域的人才產生斷層。

第四部份、人機協作之導入對於企業職業安全衛生措施之變化與因應

1. 公司目前所使用的協作機器人本身內建的安全裝置為何?在管理面有無特別針對協作機器人操作採行安全措施或程序?

目前所使用的協作機器人內建之安全裝置有碰觸到機器人，其會自動停止動作，另外，協作機器人的速度可以調整(目前採取70%的速度)，降低員工操作上的安全疑慮。在每個生產單元(協作機器人加上工具機的組合)都會加裝外部的防護閘門，打開閘門系統即會偵測到人員進入而停止動作；由於員工的任務主要是物料移動或區域巡檢，代表員工大多時候都是在作業區域外面執行任務而與協作機器人的接觸較少，故安全疑慮較小。

2. 現行的「工業用機器人危害預防標準」在公司導入協作機器人的過程中，有無窒礙難行之處?如何因應?

受訪者表示對於政府「工業用機器人危害預防標準」操作上沒有遇到窒礙難行的情形。

3. 現行的「工業用機器人危害預防標準」在公司導入協作機器人的過程中，7項安全評估報告是否符合現行需求?是否達到機械設備本質安全需求的設計?

政府「工業用機器人危害預防標準」的7項安全評估報告指引操作上沒有遇到窒礙難行的情形，只是目前對於安全項目沒有具體明確的規定，例如負載、移動速度或安全距離沒有明確的數字限制。

另外政府對於人機協作模式的職業訓練或講習舉辦次數不多，使公司瞭解人機協作模式的管道不夠多，無法讓公司員工自早期培養協作機器人的操作素養。

4. 因應公司導入人機協作工作模式是否增加對勞工的額外的職能專

業訓練?增加哪些訓練?是否造成員工額外增加的工作壓力?

導入人機協作工作模式後，若在生產過程產生一些小錯誤所導致的異常狀況，對員工造成的心理負擔或影響較導入前大。原因可能在於協作機器人的設定與操作，由於價值高昂，員工為了避免損壞或過程出錯，需要付出更大程度的細心與謹慎，所以員工進行任何步驟都需要投入高度的專注力，如此可能對員工會產生一些工作壓力。

- 5. 公司導入人機協作工作模式對職業災害影響方面，增加或降低了哪一類職災?職業相關疾病(骨骼肌肉傷病、過勞等)增加或降低了?增加或降低的原因如何?**

導入協作機器人後，將重複性工作(例如固定粗重的工作)轉交給協作機器人，員工只需要物料移動或是監督或品管的工作，原本上下料或工件拾取，員工需要積極使用手與腕，長期動作可能出現的傷害例如肌腱炎，透過將任務轉交協作機器人可以減少手與腕可能發生的病變。加上未來工廠對於原料的搬運會引入 AGV，減少搬運所可能產生的職業災害，例如被物料砸傷或被物料絆倒。

- 6. 人機協作工作模式是否對公司員工凝聚力、向心力與士氣造成影響?若有這些影響如何因應?**

由於公司溝通管道較多，人機協作工作模式對於公司員工凝聚力、向心力與士氣沒有造成負面影響。

- 7. 人機協作工作模式是否對勞工的心理方面(員工互動減少、疏離感增加)造成影響?若有負面影響如何因應?**

人機協作模式導入後，生產線上人員之間的距離較遠，且員工需要投入較多專注力，較少有機會在工作中與同事互動，但同時因為重複性工作轉交由協作機器人執行，員工在確保生產流程

順暢之餘，有彈性時間還可以協助同事，公司藉此減少同事之間的疏離感。

另外，公司經常安排教育訓練與公司團康活動，使員工彼此間仍有許多機會接觸、互動，公司氛圍不會因為人機協作的導入而有負面的影響。

111 年度勞動部委託研究

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」

企業個案研究-深度訪談(2)

訪談日期：111 年 10 月 27 日

訪談時間：上午 13 時 100 分至時分

訪談地點：本土股份有限公司(台中廠)

訪談對象：人資主管

訪談人員：辛炳隆、葉俊偉、何煜培

記錄：歐仁安

一、基本資料

1. 企業名稱：本土股份有限公司
2. 產業別(含細分類)
 - (1) 金屬材料及五金製品製造業
 - (2) 主要產品為通用機械設備(293)
3. 公司規模(員工人數)：人數為 189 人
4. 公司所在地(縣市)：台中市
5. 公司成立年份：成立於 70 年

二、 訪談內容

第一部分、公司導入協作機器人之情形

1. 導入協作機器人的數量、種類、用途為何?人類與機器人之間的協作程度如何?(例如一部機器同時與幾位工作人員配合、與機器的距離、人與機器可以同時動作或是兩者依序動作等)。

公司主要產品為齒輪，製造過程中都有自動化與機械手臂的加入，例如滾齒、刨齒、磨齒、強力研磨。大部分使用 UR 的協作型機器手臂，目前已引進 20 幾隻協作型的機械手臂，主要於不同過程進行上下料或品質檢驗的動作，員工則在一旁使用操控面板進行動作指導。員工與協作機器人的協作程度僅是在同一個空間依序動作，沒有同時進行接續流程。

2. 導入協作機器人主要動機為何?是否達到預期效果?(例如減少人力成本、提升產品品質、增加其他附加價值等)原因為何?

導入人機協作模式的主要動機是為了產能最大化，公司當初是從同行獲得協作機器人的相關資訊，評估後便著手進行採購。人機協作模式雖然機台造價較高，但靈活性相對也較高，可隨意移動配置，較符合公司目前的需求，且協作機器所需空間較小，方便與機台做搭配，彌補廠房空間不足的問題。自 2018 年導入人機協作模式有達到預期效果，產量與沒導入前比有明顯增加；目前公司仍然以大量生產的訂單為主，期望在未來可以應付多元多量的客戶需求。引入的機械手臂可以依照過往經驗去做符合需求的變更，員工上手的速度也相當快。

3. 導入協作機器人的過程中有無困難之處(例如廠房空間、技術上、成本上、員工接受度等)?如何因應?

導入人機協作模式所碰到困難為單機自動化較容易，但要將機器串聯起來較困難，一開始導入會由外部的設備商製作及修改機器，後來由於經驗的累積，公司會依照以往的經驗開始自行組合機台與機械手臂。另外，2018 年剛開始引入的機械手臂較不耐用，近年引入的較耐用且穩定。

第二部分、人機協作模式對勞動者工作環境及工作型態之改變與因應

1. 導入協作機器人後，員工的工作環境有何改變?(例如空間更寬敞、噪音降低、廠內溫度較適宜、空氣品質較佳、動線更順暢)

導入人機協作對工作環境的影響不大，工作環境基於職業安全衛生或是員工健康的角度本應是公司應盡的責任，例如空間寬敞度、噪音強度、空氣流通度等一般工廠須注意的面向。

未來(最快 2022 年底)將會整建廠房，屆時整體的空間規劃會再重新調整，尤其在動線的部分，會加入無人搬運車(AGV)或移動式機器人(AMR)傳遞物料或樣品，使整體生產線流程更加有效率並使生產動線更順暢。

2. 導入協作機器人後，員工的工作內容與型態有何改變

機器是 24 小時運作，員工是採取工作兩天、休兩天的輪班模式。導入人機協作模式之後從一個員工原本一人管理 2 台生產單元(工作母機)，目前轉變為一人管理 3 台生產單元(包含協作機器人、工作母機)，未來一個人管理 6、7 台生產單元(包含協作機器人、工作母機)。與導入之前相比，工作時間(輪班)的安排沒有改變，工作模式的最大的變化，繁重、危險性質的工作都減少許多。

3. 公司導入協作機器人之前是否有對員工進行溝通與說明？員工初次的反應如何？對於無法適應人機協作工作模式的員工，公司會如何因應？

由於人機協作模式導入的方式是漸進式的，一開始僅有採購數台，公司與員工都在導入過程中摸索最適切的生產配置，故員工較沒有出現明顯抗拒或負面的反應，也沒有無法適應的情形。

4. 公司導入協作機器人的初期，是否因為某些工序交由機器人執行或是等待作業期間過長而有人員閒置的情形？若有，公司如何因應？是否會安排員工從事其他的工作內容？

剛開始引進協作機器人的時候，產能明顯提升，但是由於人力僅需將材料就定位，接著啟動機器，完成一批之後再卸下成品補上材料即可，故有閒置的時間產生，目前1人顧2-3台(員工有較多可以自我利用的時間)。因此為了解決閒置問題，未來公司會再逐步增加機器，讓一個人可至多管控7台左右的生產單元(包含協作機器人、工作母機)，減少閒置時間的產生。

5. 公司是否因為導入人機協作，在生產規模沒有變動的情況下有減少產線配置的基層人力？對於這些空出的人力，公司是否會安排或鼓勵其從事其他高價值、技術含量更高的工作？這些人員的薪資是否因此有所提升？

未來客戶的需求預期仍會持續增加，因此目前人力沒有減少的計畫，甚至會規劃引進更多協作機器人才接應更多訂單。反而，公司預期未來若員工監督機器的數量再增加，可能會考慮增加薪資以此留住學會技術的員工，避免人才流失。另外，對於人員會繼續培養初步異常排除、機台參數調校，換刀換模等技術性工作。視人員學習意願，如果具備更多技術，就會有薪資調整的空間。

第三部分、人機協作之導入於企業人力資源發展策略及職能需求之變化與因應

1. 導入人機協作後，組織在整體人力資源發展策略上，有什麼樣的改變？

目前跨領域的人才數量較少，大中小型企業都有招募意願，應聘者在綜合考量下，多數傾向進入大型電子公司，導致公司對於此種人才招募方面較為缺乏。為了解決此情形，公司採取招募臨時人員或是約聘僱人員的策略。

資訊部門為了因應人機協作模式的導入，正在架設機聯網，處理無法即時發現或是即時處理的資訊傳遞慢的問題，主要負責稼動率的監測與故障燈號即時資訊的呈現，如此可以降低溝通與資料抄寫的時間與故障排除所需的時間。

2. 導入人機協作後，組織對於員工的核心職能、專業職能與管理職能，有什麼樣的因應與變化？

對於新進員工的職能需求不再只要求單一能力，而是轉變為跨領域能力的需求，像是同時具有操作機械工具機的基本能力以及能夠自我學習、嘗試自己解決問題的能力。

導入人機協作前對於操作員的核心職能沒有特別的要求，因其工作僅著重上下料，成品會由巡檢人員巡檢，但導入人機協作後會希望操作員也具有基礎的檢驗能力(游標卡尺、分厘卡)，故面試時會專注於確認是否具有量具使用能力(能理解分厘卡看尺寸的規則)。另外，數據分析、數據管理能力未來重要性會增加，但由於公司目前尚未自行開發系統，僅將相關業務外包給其他公司負責。

3. 導入人機協作後，公司是否產生職務職稱？名稱為何？主要的工作內容為何？所需的能力有哪些？

導入人機協作模式後，公司主要產生的新職稱出現在「生產技術課」，例如生產技術課長、生產技術工程師、生產技術助理。

導入人機協作模式前公司規模較小，沒有成立專門研究量產技術的部門與專職，而是由生產幹部透過經驗累積來解決相關問題，現在公司已經成功將機械手臂與生產技術的相關紀錄與數據書面化並有制定保存資料的相關步驟與規定，因此成立「生產技術課」，主要負責研究工作流程的生產最佳化、機械手臂的調整校正、障礙排除的知識及技術累積。

4. 導入人機協作後，公司是否有若干職務職稱趨向減少甚至消失？名稱為何？主要的工作內容為何？

導入人機協作模式後，內部原有的職務目前沒有減少，協作機器人僅是取代部份的生產作業。

5. 導入人機協作後，實際操作機器人是交由原有勞工透過教育訓練後進行操作，還是新聘相關專業人員進行操作？或者兩者各佔一定的比例？這樣安排的原因為何？

導入人機協作模式後，實際操作協作機器人的員工是讓公司原有勞工透過教育訓練後進行操作。教育訓練初期是由機器人廠商提供與協助，後期為了能與工廠設備更切合，也為了保護公司機密，由員工透過自行累積經驗並設計相關教育訓練。

6. 導入人機協作後，參與整個人機協作生產供應鏈上的員工，工作內容有什麼樣的轉變？公司透過何種方式的教育訓練，提供什麼樣的協助？除了機台的操作之外，公司有無針對機器的障礙排除提供訓練？

目前為大量生產的模式，由於協作機器人的操作簡單，一旦固定生產配置，通常也不用再進一步學習其他的技能，故現階段教育訓練比較少，未來有可能朝少量多樣的生產模式，教育訓練則可能隨之改變。公司目前已逐漸將之前外包給其他廠商的中量生產的產品接回公司自己做，該類產品需要3至4天的生產期程，針對中量生產的產品會對員工進行像是換線(大量生產到中量生產)程序的教育訓練以及初步異常排除處理訓練。

7. 導入人機協作後，公司在招募甄選新進人力、中高階主管升遷以及績效考核等面向上，有什麼新的想法？

在招募新進員工方面，由於求職者覺得機械手臂較不用接觸繁重危險的工作而增加工作意願，故有利於公司招募；加上公司聘有外籍移工，目前基層勞動力還算充足。另外，期望招募的人員偏向技術性範疇，例如換刀、換模、調整參數等較有技術性的工作。科系則期望招募電機科系或電機電子工程科系(例如會使用可程式邏輯控制器-Programmable Logic Controller)相關專業的新進人員。

公司的生產、品管部門和工程部門有與學校進行產學合作，像是勤益科技大學、霧峰農工。其中勤益科技大學的部分，公司與其產學班和海外班的僑外生有合作經驗；另外，考量到我國對於智慧化及自動化的人力與技術需求日趨擴大，再加上大台中地區屬台灣工具機及機械產業的發展重鎮，因此勤益科大於 111 學年度成立「智慧自動化工程系」，用來培養智慧化及自動化工程領域之專業技術人才，並配合國家未來發展重點協助研發智慧自動化之相關技術。這些學校的產學合作計畫主要是希望學生能從學生時期就建立操作機器的實際經驗。若公司剛好有名額，這些合作學校的學生就可以進入公司實習，未來也有機會可以入職，因此產學合作也成為公司對專業人力需求的一條新道路。

第四部份、人機協作之導入對於企業職業安全衛生措施之變化與因應

1. 公司目前所使用的協作機器人本身內建的安全裝置為何?在管理面有無特別針對協作機器人操作採行安全措施或程序?

公司對於協作機器人操作相關規定會根據人員的使用過程或政府相關規定，針對潛在的意外事件做整體評估，以此作為安全措施的基礎。由於協作機器人的產線並沒有安全護欄區隔操作員與機器人，人員與機械手臂有可能發生碰觸、碰撞情形，導入協作機器人至今有兩起協作機器人與員工碰撞的事件，但協作機器人本身有內建的安全設定，其速度與功率有最高限制，並不會對人體造成太大的傷害。公司對此事件評估後，為了避免類似意外再次發生，在協作機器人上加裝感應器，增加協作機器人的靈敏度。

2. 現行的「工業用機器人危害預防標準」在公司導入協作機器人的過程中，有無窒礙難行之處?如何因應?

我國現行的「工業用機器人危害預防標準」在公司導入協作機器人的過程中並無窒礙難行之處。

3. 現行的「工業用機器人危害預防標準」在公司導入協作機器人的過程中，7項安全評估報告是否符合現行需求?是否達到機械設備本質安全需求的設計?

現行「工業用機器人危害預防標準」針對機械手臂規定較為模糊，期望未來政府可以針對規定協作機器人詳細具體的相關要求，像是對於機器與人員作業重疊部分自動偵測人員在旁邊而做出停止或降速的安全設定。另外，104年政府針對危險性機械設備有補助加裝安全設施之規定，未來期望工業用機器人或協作型

機器也可以有相關補助，例如緊急停止或加裝降速裝置的補助規定，增加設備使用安全性。

4. 因應公司導入人機協作工作模式是否增加對勞工的額外的職能專業訓練?增加哪些訓練?是否造成員工額外增加的工作壓力?

公司導入人機協作工作模式初期，由於員工對於協作機器人皆沒有足夠的專業知識，故公司會開設相關專業訓練的課程例如協作機器人操作模式、障礙排除等。目前模式穩定後，即沒有增加額外的專業訓練課程，未來預期生產線串聯後會再增加相關教育訓練。

5. 公司導入人機協作工作模式對職業災害影響方面，增加或降低了哪一類職災?職業相關疾病(骨骼肌肉傷病、過勞等)增加或降低了?增加或降低的原因如何?

重複性工作或裝載工作交由協作機器人執行後，原本長期上下物料所帶來的肌肉損傷發生機率會降低，因為大部分人力的工作，須積極地使用上肢及肩膀等部位，故在重複性的手工作業型態中，手與腕的病變最為盛行，例如常見的傷害如肌腱炎、扳機指等傷害。導入協作機器人後，長時間重複動作所造成的疲勞、減少連續工作的能力及肌肉產生疼痛有所減少。

6. 人機協作工作模式是否對公司員工凝聚力、向心力與士氣造成影響?若有這些影響如何因應?

人機協作工作模式對於招募本國籍員工有加分效果，因為廠房工作大都是由人力執行上下材料的動作，長期下來對於勞工造成一定的損傷，也會對工作產生疲乏感，因此當導入協作機器人後，員工較不會出現疲乏感而降低士氣。

7. 人機協作工作模式是否對勞工的心理方面(員工互動減少、疏離感增加)造成影響?若有負面影響如何因應?

導入協作機器人後對勞工的心理方面產生的負面心理影響是雖然工作負擔變輕鬆，但由於員工一人管顧的機台變多，導致有員工抱怨過此情況；然而因為不用人力長期上下料，員工也相對有較多閒暇時間，在總工作時間不變的情況下，能彈性安排工作的空檔。

111 年度勞動部委託研究

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」

企業個案研究-深度訪談(3)

訪談日期：111 年 11 月 09 日

訪談時間：下午 14 時 00 分

訪談對象：自動化開發部經理、副理

訪談人員：辛炳隆、何煜培

記錄：歐仁安

一、基本資料

1. 企業名稱：友達光電有限公司
2. 產業別(含細分類)
 - (1) 電子零組件製造業
 - (2) 主要產品為光電材料及元件(264)其他電子零組件(269)
3. 公司規模(員工人數)：人數為 38000 人
4. 公司所在地(縣市)：台中市
5. 公司成立年份：成立於 85 年

二、訪談內容

第一部分、公司導入協作機器人之情形

1. 導入協作機器人的數量、種類、用途為何?人類與機器人之間的協作程度如何?(例如一部機器同時與幾位工作人員配合、與機器的距離、人與機器可以同時動作或是兩者依序動作等)。

目前已經自達明機器人公司引入破百隻協作型機械手臂。公司的協作機器人不只協助生產製造中搬運料件，針對工廠設備的巡檢，公司內部也有開發自動巡檢設備，結合 AGV 無人搬運車與協作機

器人，形成自主移動機器人(AMR)，輔助員工完成一些工廠設備或機台的巡檢任務。

智慧製造工廠會由智慧製造系統相互串聯，生產線會由機械手臂與員工搭配。公司憑藉著多年投入專業製造的技術實力與經驗，結合 AIoT、人工智慧物聯網、大數據與雲端平台等技術，推出具備彈性決策以及智慧調度能力的智慧製造解決方案，例如：提供先進的自主移動機器人(Autonomous Mobile Robot,AMR)，搭配 AI 視覺化設備以及友達專屬的智慧車隊管理系統，從產線製造到物料配送，系統化提升生產與管理效率。

導入協作型機器人的區域不多，大多在生線後段，例如在包裝作業中將乾燥包放入包裝盒中，機械手臂可以從散亂的乾燥包堆中，精確地夾取後放入包裝盒中的特定位置。另外，協作機器人也會出現在光阻自動補給系統的作業中：利用自主移動機器人(AMR)協助打開(桶蓋)放置危險化學物質的容器與放入抽取工具，最後再搬運容器，藉此避免員工接觸到危險化學物質(去光阻液)。比較特別的是，從發那科(FANUC)購入的小型工業機器人，經過加裝公司研發的人工皮膚，只要員工一碰觸到皮膚感應器機器人就會停下動作，並且降低其運轉功率，實際上也與一般協作型機器人無異。機械手臂還加裝了攝影機，主要功能在透過影像辨識系統，機械手臂可以只透過二維條碼作出 3D 定位。

2. 導入協作機器人主要動機為何?是否達到預期效果?(例如減少人力成本、提升產品品質、增加其他附加價值等)原因為何?

導入人機協作的主要動機是希望提升生產效率與良率，另亦期待藉此舒緩人力短缺問題(補足公司人力缺口)以及促進人力技術提升。

3. 導入協作機器人的過程中有無困難之處(例如廠房空間、技術上、成本上、員工接受度等)?如何因應?

在導入協作機器人的過程中最主要的挑戰應該是由於導入的協作型機械手臂大多是輕量化，因此若是光電量板體積太大就無法使用機械手臂做取放的動作，導致機械手臂的使用範疇受到限縮。另外，在計畫引入的初期，同仁可能會擔心工作被取代或是使用機械手臂會增加職災風險。過程中公司持續向主管及員工宣導人機協作的目的，也會安排教育訓練協助不適應的員工。另一方面也鼓勵員工學習新技能，引進協作機器人後工作變得比較不費體力，公司希望他們可以嘗試從事其他更具價值的工作。

第二部分、人機協作模式對勞動者工作環境及工作型態之改變與因應

1. 導入協作機器人後，員工的工作環境有何改變？(例如空間更寬敞、噪音降低、廠內溫度較適宜、空氣品質較佳、動線更順暢)

由於公司目前自動化程度較高且時程較長，公司環境大都依據自動化生產模式進行規劃。因此協作機器人僅是自動化與智慧工廠的一環，導入協作機器人後，員工的工作環境並沒有沒有明顯改變，協作機器人本身對於員工的職場安全性與生產動線的順暢有幫助。

2. 導入協作機器人後，員工的工作內容與型態有何改變

導入人機協作主要是配合公司「智慧製造」的策略而引進，對於員工來說最大的好處是擺脫重複性、單調的工作，並透過教育訓練提升員工的機器人操作技術能力。

導入協作型機器人後，員工的工作內容主要在生產後段有所變化，例如在包裝作業中原本是由員工將乾燥包壓平並放入包裝盒中，導入協作型機械手臂後由其將散亂的乾燥包，精確地夾取後放入包裝盒中的特定位置。另外，在光阻自動補給系統的作業中：原本由員工抬舉光阻桶與扭轉桶蓋，目前轉為由自主移動機器人(AMR)協助打開(桶蓋)並放置危險化學物質的容器與放入抽取工具，最後再

搬運容器。在光罩製程中，原本由人力檢測灰塵與清潔與搬運，目前公司改以機器手臂搭配AOI顯微鏡進行檢測與清潔，不只每月人力工時減少80小時，光罩搬運量也多增加300片。

3. 公司導入協作機器人之前是否有對員工進行溝通與說明？員工初次的反應如何？對於無法適應人機協作工作模式的員工，公司會如何因應？

公司導入協作機器人時，員工的反應只有在剛開始的時候有擔心工作被取代的不安感，但後續透過部門經理對各部門經過1~2年溝通與磨合，公司與同仁達成共識，使其充分瞭解協作機器人的運作模式與公司除了原廠的安全設置，還加設的其他安全防護以及宣導導入協作機器人不會取代員工的工作，故目前員工適應都步入正軌。

4. 公司導入協作機器人的初期，是否因為某些工序交由機器人執行或是等待作業期間過長而有人員閒置的情形？若有，公司如何因應？是否會安排員工從事其他的工作內容？

公司以人為本，即使導入人機協作模式後，也沒有人力被取代或是人力減少的情形發生。反而因為產能增加，會將騰出的人力轉移到其他部門，或鼓勵其轉作其他領域的職務，例如讓員工學習大數據、資料蒐集、AI人工智慧等專業，提供操作員轉為技師的機會。

5. 公司是否因為導入人機協作，在生產規模沒有變動的情況下有減少產線配置的基層人力？對於這些空出的人力，公司是否會安排或鼓勵其從事其他高價值、技術含量更高的工作？這些人員的薪資是否因此有所提升？

公司導入人機協作工作模式並不是為了取代人力，主要功能在於協助工人的工作，使其工作更加輕鬆、有效率；協作機器人要透

過員工教導才能於生產流程中執行所要進行的作業，而協作機器人無法處理的精細工作仍是交由員工處理。代表即使導入人機協作工作模式，員工的重要性仍存在，故員工需要接受新技術的教育訓練，以投入新的工作模式。如通過公司的技能認證機制也會有加薪(職能加薪)，如此便能加強員工學習的意願。

第三部份、人機協作之導入對於企業人力資源發展策略及職能需求措施之變化與因應

1. 導入人機協作後，組織在整體人力資源發展策略上，有什麼樣的改變？

藉由與台灣人工智慧學校合作與公司內部創設名為「友達大學」的線上訓練平台，提供 AI 課程(例如：數據科學、圖像、故障預測與健康管理(Prognostics and Health Management, PHM)等跨領域的課程)，培育智慧製造專才為公司所用。

透過跨部門團隊 (Cross Function Team, CFT) 的力量與功能，將各廠優秀的專案快速呈現於公司各廠的內部，並將各廠優秀的表現作為標準化規範的依據，讓生產程序能逐漸完善。

2. 導入人機協作後，組織對於員工的核心職能、專業職能與管理職能，有什麼樣的因應與變化？

負責人機協作站點的操作員或是技師會有相對應的認證機制。技術面的角度，首先是從設備供應商學習，由達明機器人初步教導基礎操作與簡易故障排除，後續再由公司設計符合整體策略的認證制度，使員工依循著認證機制提升自己的核心職能；管理面的角度，導入前主管必須到生產現場監督作業員的工作情況，導入自動化後從雲端或大數據即可查收生產數據，對於管理職來說是較為方便且有效率的轉變。

3. 導入人機協作後，公司是否產生職務職稱？名稱為何？主要的工作內容為何？所需的能力有哪些？

導入人機協作工作模式後，公司並沒有出現新的職稱，而是職稱略作調整，例如助理工程師名稱改為技師，以及工作內容受到新的工作模式影響而有所改變，例如增加處理協作機器人的簡易排除的任務。

4. 導入人機協作後，公司是否有若干職務職稱趨向減少甚至消失？名稱為何？主要的工作內容為何？

導入人機協作工作模式後，公司人力並沒有減少，反而仍然需要透過更多自動化規劃或協作機器人來填補人力空缺，故公司並沒有出現人力大量裁減而需要減少原有的職務或職稱的情形。

5. 導入人機協作後，實際操作機器人是交由原有勞工透過教育訓練後進行操作，還是新聘相關專業人員進行操作？或者兩者各占一定的比例？這樣安排的原因為何？

導入人機協作後實際操作協作機器人是交由原有生產線上的人員，並不會再特地聘用專人操作，由於協作機器人的操作介面較簡單且人性化，員工所需教育時間較短，不需要另請專業人員來操作。

6. 導入人機協作後，參與整個人機協作生產供應鏈上的員工，工作內容有什麼樣的轉變？公司透過何種方式的教育訓練，提供什麼樣的協助？除了機台的操作之外，公司有無針對機器的障礙排除提供訓練？

導入人機協作模式後，公司會要求原有的現場作業員除了習得基本操作能力外，易需學習簡易的障礙排除，並依照不同難易度有不同課程設計與不同認證的機制。基本上，公司會透過三種方式進行教育訓練：(1).自費將員工送往外部機構派訓進修；(2).內部自行培育跨域職能；(3).外部借調產學合作。將原有只注重單一專業的

人才，逐漸養成擁有跨域專業的人才，最終培育成能夠整合資源、提供解決方案的人才。

7. 導入人機協作後，公司在招募甄選新進人力、中高階主管升遷以及績效考核等面向上，有什麼新的想法？

導入人機協作工作模式後，在招募方面，公司對於工程師的需求會轉為較需要智慧製造相關人才。

原本公司每年績效評核時，由直屬主管和員工共同選定年度預計完成的訓練發展項目與課程。從 2019 年開始，不再只看學習時數與課程數，主管評估時更重視「產出」，如課程後搭配考試、實作課，還會有發表會進行評核。

第四部份、人機協作之導入對於企業職業安全衛生措施之變化與因應

1. 公司目前所使用的協作機器人本身內建的安全裝置為何?在管理面有無特別針對協作機器人操作採行安全措施或程序?

公司對於工作安全極為重視，生產線上即使使用的是輕量協作型機器手臂，仍會依照工業型機械手臂的要求做安全規劃，例如：加裝圍籬或安全防護偵測，也會依照場域不同做出不同安全防護，例如電子圍籬、人工皮膚、影像辨識系統等。

2. 現行的「工業用機器人危害預防標準」在公司導入協作機器人的過程中，有無窒礙難行之處?如何因應?

現行的「工業用機器人危害預防標準」在公司導入協作機器人的過程中，沒有窒礙難行之處。公司一直以來對於工作安全方面的重視，職業災害的發生一直是趨近於零。協作機器人的導入不會對於現況有太大的影響。

3. 現行的「工業用機器人危害預防標準」在公司導入協作機器人的過程中，7項安全評估報告是否符合現行需求?是否達到機械設備本質安全需求的設計?

對於「工業用機器人危害預防標準」的7項安全評估報告公司都會按規定處理，沒有窒礙難行之處。

4. 因應公司導入人機協作工作模式是否增加對勞工的額外的職能專業訓練?增加哪些訓練?是否造成員工額外增加的工作壓力?

因應公司導入人機協作工作模式，對於協作手臂出現障礙或異常問題，公司內部有專門維修的部門(主要業務為自動化開發)，也對人機協作站點的技師或助理工程師設有相關的專業訓練。兩個原因使公司員工不會產生額外的的工作壓力，第一個原因是機器人技術不斷進化，操作上越來越人性化(例如模組化的設計)，導致員工即使面對新的工作模式，也能短時間就適應；第二個原因是公司工作流程的設計與人力設計的規劃較分工明確，故較少出現員工一人身兼數職的情形，例如生產配置的規劃交由專職的工程師或研發人員負責，故員工也較少出現額外的的工作壓力。

5. 公司導入人機協作工作模式對職業災害影響方面，增加或降低了哪一類職災?職業相關疾病(骨骼肌肉傷病、過勞等)增加或降低了?增加或降低的原因如何?

公司導入人機協作工作模式降低了對於眼睛疲勞的產生，特別是在瑕疵檢測的過程，依靠人力進行檢測不僅容易受到多種變數影響，且長期使用眼睛也會提高出錯率，進而造成更多損失。另外，由於半導體工業於製程中使用多種之化學溶劑及毒性氣體，公司導入協作機器人後，減少員工與有害物質的接觸，故化學傷害機率也降低。在光阻更換作業中以AGV車配合機械手臂(UR ROBOT)進行光阻更換，減低抬舉光阻桶及手部扭轉桶蓋，所造成之肌肉傷害。

6. 人機協作工作模式是否對公司員工凝聚力、向心力與士氣造成影響?若有這些影響如何因應?

人機協作工作模式對於公司員工凝聚力向心力與士氣沒有造成顯著影響，主要是因為「企業文化」，公司選擇利用「營隊」(Camp)的方式來達到傳承的目的，營隊分為四種，除了每個員工在踏入公司的第一天就接受的新生訓練營外，每年還有依照職級分類必須參與的營隊，分別是針對副理級人員以上舉辦的主管動力營「ABC」(AUO Bravo Camp)、工程師專屬的「原力營」以及基層員工的「行動營」，藉著此種方式培養公司員工凝聚力、向心力與士氣。

7. 人機協作工作模式是否對勞工的心理方面(員工互動減少、疏離感增加)造成影響?若有負面影響如何因應?

人機協作工作模式對於勞工的心理方面，不論是員工互動減少或疏離感沒有造成影響，主因是公司在半導體製造大多在無塵室作業，故員工互動原本就少。另外，大多透過系統傳遞消息而不是員工互動或口語相傳資訊。這個部分可能與傳統產業導入協作機器人造成的工作變化有很大的不同。

111 年度勞動部委託研究

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」

企業個案研究-深度訪談(4)

訪談日期：111 年 12 月 21 日

訪談時間：上午 16 時 00 分至 17 時 20 分

訪談地點：群創光電有限公司(台南)

訪談對象：資深副理、總處長

訪談人員：辛炳隆、何煜培

記錄：歐仁安

一、基本資料

1. 企業名稱：群創光電有限公司
2. 產業別(含細分類)
 - (1). 電子零組件製造業
 - (2). 主要產品為 264 光電材料及元件、332 醫療器材及用品
3. 公司規模(員工人數)：全球人數為 53000 人
4. 公司所在地(縣市)：台南市
5. 公司成立年份：成立於 92 年

二、訪談內容

第一部分、公司導入協作機器人之情形

1. 導入協作機器人的數量、種類、用途為何?人類與機器人之間的協作程度如何?(例如一部機器同時與幾位工作人員配合、與機器的距離、人與機器可以同時動作或是兩者依序動作等)。

多數協作機器人投入在自動化的生產線上，少部分需要使配合人力的產線僅有車材(車用面板)的產線，協作機器人主要用在

鎖螺絲、塗膠。由於數量不多加上外國車廠對於產品要求高，不希望全線自動化，故以人機協作的生產模式進行。半導體生產線的部分，主要使用 AGV 與機械手臂組裝成 AMR (Autonomous Mobile Robot) 在無塵室運送晶圓，AMR 一次可以運送裝載有 20-25 片晶圓的晶圓製程盒(FOUP)四個，並透過 Mark 掃描得知晶圓運送的起始點與終點、製成盒中的內容物名稱，避免高價值商品運送錯誤或是運送途中發生損害的情形。

2. 導入協作機器人主要動機為何?是否達到預期效果?(例如減少人力成本、提升產品品質、增加其他附加價值等)原因為何?

導入協作机器人的主要目的是搭配公司自動化的進程，協作機器手臂為實現智慧製造的一個環節。使用協作機器人進行機協作的有兩個好處，第一個是原本無塵室作業空間不適合人員進入工作，因為在此空間作業需要全程穿戴防塵衣，造成人員悶熱不舒服，而且搬運晶圓也需要全程謹慎，發生一個失誤可能會導致龐大的損失，人員心理壓力也較大。第二個是協作機器人與傳統工業型機器人相比，其內建安全設定使其與員工共同作業時員工的安全性是有保障的。

3. 導入協作機器人的過程中有無困難之處(例如廠房空間、技術上、成本上、員工接受度等)?如何因應?

導入協作机器人過程較少遭遇到困難，但是在導入過程或初期需要注意的事項較多，舉例而言，協作機器人價錢較工業型機器人高，在導入前需要有通盤的規劃與考量；協作機器人的負重較不足，只能用在輕巧的工作，所以使用場合較少；協作機器人剛性不足，抵抗形變的能力較差，因此有時候碰撞後容易產生傷痕。以上為廠商在購置協作机器人前需要特別考量的。不過，協作型机器人具有能與工人共同作業的優勢，且確保一定程度的安

全性，且協作型機器人容易配置、具學習能力，資訊輸入後生產流程就能順利進行。

第二部分、人機協作模式對勞動者工作環境及工作型態之改變與因應

1. 導入協作機器人後，員工的工作環境有何改變？(例如空間更寬敞、噪音降低、廠內溫度較適宜、空氣品質較佳、動線更順暢)

導入協作機器人後，員工的工作環境沒有過多改變。這是因為公司在早期就開始進行自動化，現在設的工廠生產環境就是以自動化作為基礎而建造，而協作機器人只是自動化的一部分，因此較難觀察到導入協作機器人對於勞工工作環境產生甚麼變化，頂多是機具換成輕巧的協作機器人動線會變得較順暢。

2. 導入協作機器人後，員工的工作內容與型態有何改變？

整體來說，基層工作會逐漸因為推動自動化的過程而自然被淘汰，因此公司對於基層勞動力的需求將減少，而原本的基層勞動力若有學習意願，可以透過教育訓練升級為較高端的工作。例如原本於無塵室工作的員工，在公司導入機器人後，操作員工的工作轉為於戰情室進行監督與複判。

3. 公司導入協作機器人之前是否有對員工進行溝通與說明？員工初次的反應如何？對於無法適應人機協作工作模式的員工，公司會如何因應？

公司很早就在中國設廠，2007 年為了因應中國少子化趨勢，設立自動化部門。後來將此部門移至台灣名稱為智能整合自動化部門，由於一開始招募員工就已經向應聘者說明工廠有運用機械手臂及人機協作工作模式，台灣的員工沒有經歷過技術變革這一個過程，故員工面對新技術沒有產生排斥反應。

4. 公司導入協作機器人的初期，是否因為某些工序交由機器人執行或是等待作業期間過長而有人員閒置的情形？若有，公司如何因應？是否會安排員工從事其他的工作內容？

公司導入協作機器人沒有出現人員閒置的情形。

5. 公司是否因為導入人機協作，在生產規模沒有變動的情況下有減少產線配置的基層人力？對於這些空出的人力，公司是否會安排或鼓勵其從事其他高價值、技術含量更高的工作？這些人員的薪資是否因此有所提升？

由於導入自動化生產線，使員工人數從原本十三萬多人減少到五萬多，其中大部分是因為中國產線的自動化，另外則是減少外籍勞工的引進，再者為年齡較高或是不願意從事重複性的工作的人員。整體來說，導入自動化生產不是一步即完成，公司不會因為導入協作型機器人而馬上裁減人力，而是在公司朝向自動化及智慧生產的過程，漸漸地不需要再使用基層勞工，勞工減少是人員自然流動的結果。對於減少的基層人力，公司就不會再填補新的人力，因此也不會有一般中小型製造業在導入機器人初期有空閒人力出現的情形。

第三部分、人機協作之導入於企業人力資源發展策略及職能需求之變化與因應

1. 導入人機協作後，組織在整體人力資源發展策略上，有什麼樣的改變？

導入人力協作模式後，公司設立 Robot team 專門編程式。

2. 導入人機協作後，組織對於員工的核心職能、專業職能與管理職能，有什麼樣的因應與變化？

對於員工的需求會希望員工能將物理、數學等科目能應用到實務的能力，以及能自行設計出工程式或自行反思與討論的能力。另外，具備與國外客戶進行正常溝通的語言能力。

3. 導入人機協作後，公司是否產生職務職稱？名稱為何？主要的工作內容為何？所需的能力有哪些？

導入人機協作後公司沒有產生新職務職稱。

4. 導入人機協作後，公司是否有若干職務職稱趨向減少甚至消失？名稱為何？主要的工作內容為何？

導入人機協作後，公司沒有職務、職稱減少，唯有現場操作人員通過教育訓練而升職位到管理職位。主要工作內容除了協作機器人

5. 導入人機協作後，實際操作機器人是交由原有勞工透過教育訓練後進行操作，還是新聘相關專業人員進行操作？或者兩者各占一定的比例？這樣安排的原因為何？

導入人機協作後實際操作機器人是交由原有勞工透過教育訓練練習得，每個機台都會有設備工程師負責安裝，帶著 PM 教育訓練後進行操作，並由教育訓練後的勞工對於其他勞工進行教育訓練。

6. 導入人機協作後，參與整個人機協作生產供應鏈上的員工，工作內容有什麼樣的轉變？公司透過何種方式的教育訓練，提供什麼樣的協助？除了機台的操作之外，公司有無針對機器的障礙排除提供訓練？

機器的障礙排除目前多數由公司保養人員負責，不同設備會有不同保養人員，障礙排除的相關知識會由這些保養維修人員負

責教育其他人員，唯有協作機器人本身的系統問題，才會被歸類到無法處理的級別而向設備供應商尋求協助。

7. 導入人機協作後，公司在招募甄選新進人力、中高階主管升遷以及績效考核等面向上，有什麼新的想法？

就操作協作機器人的人員來說並沒有太多變化。2021 年的徵才招募計畫中，首要鎖定智慧製造、價值創造及跨界跨域人才，包括電機、電子、資工資管、光電、物理、化工、材料、機械等理工相關系所，校園徵才則以台大、成大、清大、交大、中山、中央、台科大等校園為目標。

第四部份、人機協作之導入對於企業職業安全衛生措施之變化與因應

1. 公司目前所使用的協作機器人本身內建的安全裝置為何?在管理面有無特別針對協作機器人操作採行安全措施或程序?

針對機器人的安全性，公司設定安全評估分為三個階段，第一是由設計人員進行評估，判斷可能出現的危害，第二階段是由維修人員進行評估。第三階段則是危險物質的評估。安全防護費用上大約占了 10%~20% 的費用。

2. 現行的「工業用機器人危害預防標準」在公司導入協作機器人的過程中，有無窒礙難行之處?如何因應?

在遵守現行的「工業用機器人危害預防標準」在公司導入協作機器人的過程中沒有窒礙難行之處。

3. 現行的「工業用機器人危害預防標準」在公司導入協作機器人的過程中，7 項安全評估報告是否符合現行需求?是否達到機械設備本質安全需求的設計?

現行的「工業用機器人危害預防標準」中 7 項安全評估報告應用上沒有窒礙難行之處。原因是為了符合地方政府對於職業安全衛生所作的評估，公司採用的是適用傳統型機器人的危害預防標準。

採用更高規格的預防標準雖然使員工的安全受到保障，然而協作機器人使用的場域，係針對傳統工業型機器人的安全模式而需要加裝原本不需要的安全防護或是安全距離，導致協作機器人原本使用情境較靈活且占地空間小的優勢被捨棄。

4. 因應公司導入人機協作工作模式是否增加對勞工的額外的職能專業訓練?增加哪些訓練?是否造成員工額外增加的工作壓力?

公司導入人機協作工作模式對於協作機器人的相關技術，會有額外的教育訓練，例如協作機器人的操作或障礙排除。由於協作機器人的人性化的操作介面，教育訓練的時間不長。工作壓力的部分沒有辦法得知，設想協作機器人是幫助員工生產過程變得更輕鬆，而生產作業有出現異常或是需要障礙排除也都有專人處理，這點對於基層人員應未造成問題。

5. 公司導入人機協作工作模式對職業災害影響方面，增加或降低了哪一類職災?職業相關疾病(骨骼肌肉傷病、過勞等)增加或降低了?增加或降低的原因如何?

導入人機協作工作模式對於公司職業災害沒有影響。

6. 人機協作工作模式是否對公司員工凝聚力、向心力與士氣造成影響?若有這些影響如何因應?

人機協作工作模式對於公司員工凝聚力、向心力與士氣沒有造成影響。

7. 人機協作工作模式是否對勞工的心理方面(員工互動減少、疏離感增加)造成影響?若有負面影響如何因應?

人機協作工作模式對於勞工心理沒有產生負面影響。可能原因有兩個。第一是公司使用協作機器人的半導體範疇需要在無塵室製造，而無塵室空間的員工人數本來就不多，相對地員工間互動頻率不高，故導入協作機器人對於員工互動沒有影響。另外，公司屬於高科技產業，生產過程較精密，員工需要花費較多心力與時間，因此員工在工作期間沒有太多閒暇機會，交流的機會本來就比較少，因此導入協作機器人是否造成人際之間的疏離感，應該沒有太多影響。傳統產業的員工可能在這方面的夠受會比較強，因為在機器人引進前有較多互動機會。

附錄 6、勞工深度訪談紀錄

111 年度勞動部委託研究

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」

企業個案研究-勞工深度訪談(1)

第一部份、基本資料

1. 勞工所屬企業：盈錫精密工業(股)公司
2. 產業別(含細分類)
 - (1) 金屬製品製造業
 - (2) 主要產品為 251 金屬刀具/手工具及模具、259 其他金屬製品、293 通用機械設備
3. 公司規模(員工人數)：人數為 192 人
4. 公司所在地(縣市)：台中市
5. 公司成立年份：成立於 78 年

第二部份、勞工訪談內容

1. 在得知公司決定導入協作機器人後，未正式運作前，您是否對於自己有關就業保障、職業安全、技術勝任度方面有所疑慮？在人機協作工作模式運作一段時間後，這些疑慮是否有所改變？

在引入協作機器人前，人員多少會認為公司的製造部門可能未來不需要那麼多勞工，但事實證明取代人力並不是公司導入協作機器人主要的目的；職業安全方面機械手臂在作業區外都裝設了護欄，人員基本上無法進入手臂動作範圍內。若人員打開護欄，機械手臂就會立即停止，因此不認為有危險之處。技術上是否能勝任就看勞工自己願不願意接受新的生產方式，協作機器人對很多勞工來說是新的機器設備都需要再學習，而公司使用種子訓練員作培訓，願意學的都能夠勝

任，抗拒心比較強的員工就很難配合，因此心態非常重要。在人機協作的工作模式工作一段時間後以上提到的疑慮自然不會再出現。

2. 公司導入協作機器人後對於您原本的工作內容及工作負荷是否有所影響?如有，具體來說有哪些?

在公司的生產部門，協作機器人基本上就是替勞工省去上下料的動作，將原料放進工具機裡加工，再拿半成品進入下一個工作機加工。原本這些作業需由人員自己做，其實算是相當枯燥無聊的工作，長時間工作下來注意力會比較不容易集中。導入協作機器人之後取代了原本簡單的工作，但是人員轉而成為複合型的單兵作業。工作內容除了要學會操作機器人，對於生產的流程及成品的品質掌控必須更加了解。在人機協作的工作模式下，公司希望達到人人品管，亦即雖然公司設有品管部門，但是不可能一一檢視每個成品，因此製造部門的人員必須有基礎的品質管理知識技能。

工作負荷的轉變上，雖然減輕了勞力工作，不致出現長期姿勢或動作而有肌肉骨骼傷害的情形。但是工作壓力在過程是有增加的，因為人員現在必須確保配有協作機器人的生產單元，其生產流程順暢，對於操作介面必須熟悉，也必須具備基礎的障礙排除能力，甚至對成品的品質也需要有一定掌控。而許多時候生產出現問題常是人為因素，沒有一定程度細膩度的人，很容易在工作時發生狀況。若沒辦法立即排除異常狀況，就會造成公司的損失。因此，整體上工作內容變得複雜，為確保產線不會出錯，工作壓力是有增加的情形。

3. 公司導入協作機器人後您是否有學習新技術及知識的需要?如有，請說明學習的內容。

協作機器人取代人員的上下料工作，人員必須學習協作機器人的操作甚至機器故障時的簡易維修。在一個生產單元內協作機器人一般搭配兩個工具母機，工具機內的刀具如磨損到一定程度就需要更換，在導入協作機器人之後，因為整個生產單元是封閉式的，沒辦法直接查看到刀具的使用情況，這時候就需要與機器人廠商一起討論如何設定換刀的訊號。另外，機械手臂上裝載的夾具各式各樣，當生產的產品尺寸有更動，夾具就必須做更動，大多時候公司可以自行針對現有夾具再塑形。當夾具的更動事涉機械手臂本身的設定，如施力功率，可能就必須再聯繫廠商來幫忙。這些都是導入協作機器人之後人員必須慢慢學習的。

4. 人機協作的工作模式是否造成您與同事間的互動減少、人際疏離感增加?主要原因是什麼?

傳統製造業的生產線因為工站之間的距離短，人員彼此也相當靠近，一邊工作一邊聊天的情形常見。人機協作的工作模式導入之後因為生產單元彼此間有一段距離，一個人可能需要控管好幾組這樣的生產單元。同一空間的人員數量變少，彼此間的距離也增加很多，比較沒有機會在工作時間交談。但即便如此也不會造成明顯的人際疏離感，反而是讓人員能更投入在工作上，工作效率增加。而且，中午時間同事之間也有機會一起用餐，公司福委會也會經常舉辦聚餐、國內外旅遊活動，即使是不同部門的人員也有機會互動。這樣的企業文化不會讓員工產生疏離感。

5. 整體來說，人機協作的工作模式是否助於提升您的工作效率及工作滿意度?除此之外，人機協作工作模式對您是否造成其他方面的影響?

工作效率方面如同前述有明顯提升，工作滿意度則是因人而異。就個人來說，生產過程能夠順暢是比較重要的，尤其是當作業員自己能習得障礙排除、維修的能力，在工作表現上自然會有正向的回饋，進而提升工作滿意度。人機協作的工作模式對工作最大的轉變是將原本單調又粗重的工作變成較具挑戰性的工作內容，雖然工作變複雜但也有助於提升專注力。人機協作的工作模式對部分勞工來說可能造成極大轉變，但是個人認為習慣就不會有太大的影響。會持續感覺到協作機器人對工作生活影響很大是因為還不習慣，又或者勞工本身抗拒學習，以致在工作表現尚無法突破，工作滿意度自然就沒有辦法隨之提升。因此，整體來說人機協作的工作模式對勞工來說是否具有正向意義，還是得看勞工自己的心態。

111 年度勞動部委託研究

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」

企業個案研究-勞工深度訪談(2)

第一部份、基本資料

1. 勞工所屬企業：本土股份有限公司
2. 產業別(含細分類)
 - (1) 金屬材料及五金製品製造業
 - (2) 主要產品為主要產品為通用機械設備(293)
3. 公司規模(員工人數)：人數為 189 人
4. 公司所在地(縣市)：台中市
5. 公司成立年份：成立於 70 年

第二部份、勞工訪談內容

1. 在得知公司決定導入協作機器人後，未正式運作前，您是否對於自己有關就業保障、職業安全、技術勝任度方面有所疑慮?在人機協作工作模式運作一段時間後，這些疑慮是否有所改變?

在得知公司決定導入協作機器人後，未正式運作前，人員對於自己有關就業保障、技術勝任度方面並沒有產生疑慮；反而認為技術提升會增加員工的就業保障。唯有職業安全方面，在正式運作前，員工對於使用協作機器人會對自身的安全產生的影響有所疑慮，不過運作一段時間後，對整個生產運作過程與模式熟悉後，原來在職業安全方面的疑慮也漸消失。

2. 公司導入協作機器人後對於您原本的工作內容及工作負荷是否有所影響?如有，具體來說有哪些?

本身為機台操作員的組長，工作內容也涉及機台操作，在公司導入協作機器人後，需要多學習新的技術與知識，例如協作機器人的操作、程式編寫與整體生產規劃等，由於身為組長須先自行摸索新知識，習得後將其傳承給基層操作員，對於員工來說原本的工作內容會有所改變，需要學習原本沒有具備的技術，在導入初始時會對員工產生不同於以往的工作負荷。

3. 公司導入協作機器人後您是否有學習新技術及知識的需要?如有，請說明學習的內容。

公司導入人機協作模式後，協作機器人的操作對於員工是一項新技術，故需要花時間與精力去學習。公司員工需要學習的新技術有四種：第一是協作機器人的使用方法或操作過程，亦即該如何使用協作型的機械手臂去完成原本由人力完成的工作，或是機械手臂發生異常時所需要使用障礙排除的基礎知識。第二是程式的編寫，由於原本員工的工作可能為上下料或搬運，而不需要寫程式的專業知識，導入協作機器人後，需要學習簡易程式編碼。第三是動作的分析，對於原本由人力進行的上下料的動作與生產流程或工作順序，需要有一定程度的瞭解才能設計出使協作機器人毫無阻礙的進行類似的作業動作。第四是與周邊設備的整合(規劃、組裝、測試)，協作機器人不只需要和不同機台作配合，還要促使整體生產能夠串流起來，而不是各每個流程各自進行，若沒有做好產線的規劃將影響生產效率。

4. 人機協作的工作模式是否造成您與同事間的互動減少、人際疏離感增加?主要原因是什麼?

人機協作的工作模式並沒有造成員工之間的互動減少或人際疏離感。反而由於導入協作機器人增加了員工更多時間互動，主要原因是花費人力與時間的上下料工作交由協作機器人執行後，員工僅需花費短時間將工件擺放至料盤或是對工件進行檢驗的工作，故員工會有多餘的自我時間，進而增加員工互動的時間，也就不會產生人際疏離感的情形。

5. 整體來說，人機協作的工作模式是否助於提升您的工作效率及工作滿意度?除此之外，人機協作工作模式對您是否造成其他方面的影響?

導入人機協作的工作模式後，由於使用協作機器人能減少因人員的失誤而使生產線需要暫停的情形發生的頻率，故對於生產效率有一定程度的提升。另外，新技術的導入不但能促使員工提升技術，為了能將工作的生產線與新技術完美結合，員工對於工廠的業務與整體的工作流程需要更加了解，甚至從中發現可以使生產效率提升的配置，進而提高產量。

附錄 7、專家諮詢會議紀錄

111 年度人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析

專家學者諮詢會議(1)

壹、會議主題：人機協作之導入對勞工工作型態及環境之影響與因應

貳、開會時間：111 年 12 月 26 日(一)上午 10:00-12:00

參、開會地點：YMCA 城中會館 203 會議室(台北市許昌街 19 號 2F)

肆、主持人：辛炳隆理事長

記錄：歐仁安

伍、與會者名單(簽到表見附件一)

一、專家學者出席名單(按姓名筆劃排列)

單位	出席者
金屬工業研究發展中心	邱振璋 代理處長
國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系	張文龍 兼任教授
龍華科技大學資訊管理系暨碩士班	張吉成 教授
國立政治大學勞工研究所	張其恆 副教授
工業技術研究院機械研究所	游鴻修 組長
達明機器人股份有限公司	黃錫建 經理

二、研究團隊出席名單

服務單位	姓名與職稱
社團法人勞動與發展協會	辛炳隆 理事長
	何煜培 副研究員
	歐仁安 副研究員

陸、主持人致詞：(略)

柒、研究團隊簡報：(略)

捌、座談會討論題目：

1.針對本案初步結論及建議，對於個案企業訪談與問卷調查結果之解釋是否妥適，與會專家學者有無其他補充意見？

2.目前我國產業引進協作機器人的情形尚不普遍，若預期未來人機協作將持續發展，在勞工的工作權益和勞動條件的保障方面需要注意什麼？

玖、發言記錄(詳見附件二)

壹拾、臨時動議：無

壹拾壹、散會

附件一、簽到表

111 年度勞動部委託研究計畫

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」

專家學者諮詢會議

一、會議主題：人機協作之導入對勞工工作型態及環境之改變與因應

二、會議時間：111 年 12 月 26 日(一)上午 10:00-12:00

三、會議地點：YMCA 城中會館 203 會議室(台北市許昌街 19 號 2F)

四、主持人：辛炳隆 理事長

服務單位	姓名與職稱	簽到
金屬工業研究發展中心	邱振璋 代理處長	邱振璋
龍華科技大學資訊管理系暨碩士班	張吉成 教授	張吉成
國立政治大學勞工研究所	張其恆 副教授	張其恆
國立臺灣師範大學科技應用與人力 資源發展學系	張文龍 兼任教授	張文龍
工業技術研究院機械研究所	游鴻修 組長	游鴻修
達明機器人股份有限公司	黃錫建 經理	黃錫建

111 年度勞動部委託研究計畫

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」

專家學者諮詢會議

一、會議主題：人機協作之導入對勞工工作型態及環境之改變與因應

二、會議時間：111 年 12 月 26 日(一)上午 10:00-12:00

三、會議地點：YMCA 城中會館 203 會議室(台北市許昌街 19 號 2F)

四、主持人：辛炳隆 理事長

研究團隊	姓名與職稱	簽到
社團法人勞動與發展協會	辛炳隆 理事長	辛炳隆
	何煜培 副研究員	何煜培
	歐仁安 副研究員	歐仁安

附件二、發言紀錄

(依發言順序)

一、張文龍 助理教授

- (一)人機協作相關議題或勞動相關的研究數量多，但將兩個主題作結合的研究少，而此研究涵蓋勞動重要議題，加上問卷規模較大，因此研究結果具有實務貢獻。
- (二)台灣推動智慧製造政策超過十年時間，經濟部工業局從一開始推動智慧製造到後來的工業 4.0 這段時間帶給我國產業不小的變化。人機協作的主題事實上已出現很久，德國針對這個主題不只提出工業 4.0 政策，更提出工業 5.0 概念。本次研究結果與德國當初提出工業 4.0 的概念相似，協作機器人的目的不是為了取代勞動力而是希望勞動品質與就業環境的提升。
- (三)從調查中發現業界導入協作機器人並不普遍，可能受到產業特性與產業價值鏈所影響，以半導體產業為例，主要應用在半導體成品的撷取與搬運；金屬製品製造業則比以多是應用在某個製程，而不是整個生產線皆使用人機協作模式。目前使用協作機器人的產業眾多，本次研究只有針對金屬製品製造業與電子零組件製造業兩個主要的製造業業別，未來可以再多觀察其他行業應用的情形。
- (四)人機協作主要的目的應該是勞工在操作或生產方面的勞力密集度縮減，並期望產品品質的提升，達到精實生產的目標。至於，工作時間的調整可能比較少。
- (五)此研究議題有個比較重要的議題為勞動力的轉移，由於產業缺工率高，廠商在招聘時已不限本科系的人力。人機協作本身操作介面較為友善，文科背景的學生畢業也可以勝任此類工作。

不過，製造業多為中小企業，為了解決缺工問題，首先想到的解決辦法是引進外籍勞工，再來才是導入自動化或人機協作，而中小企業通常會碰到兩種限制：資本支出與人力成本。

(六)台灣退休年齡隨著老年化出現後移現象，現在 55 至 65 歲的中高齡勞工退休年齡也預期再往後推。人機協作工作模式對於勞工從事危險、堅強體力的工作，以及減少職業傷害的發生有所助益，例如搬運型機器人可以搬運勞工難以移動的物料。整體來說，企業導入人機協作對於穩固中高齡勞動力應有幫助。

(七)不是所有企業都適合採用人機協作技術升級，舉例來說，雖然歐美也有半導體製程，然而西方人製作的產品品質不能與華人員工相比，主因是華人員工在精密製造時(精密製程)操作的細膩性、低瑕疵率，是自動化或協作機器人無法取代的。

二、張吉成教授

(一)製造業早期傾向彈性製造，自動化的規畫是偏向無人化製造工廠，CNC 搭配機械手臂上下料，早期的移動式的機器人需要在地面埋磁鐵線。現在隨著智慧製造的進程，人機協作也開始興盛。智慧製造使用到演算法、大數據分析等技術。雖然技術上已經進步，但透過本次問卷調查結果也可以得知，主要導入協作機械人相當低(只占了 9.7%)，且此比例可能不只包含協作機械手臂，還包含傳統機械手臂，所以實際上比例應該更低。而中小企業未能採用協作機器手臂，主要還是成本考量。

(二)勞工職能的需求方面，製造部門導入協作機械手臂(智慧機械手臂)並結合無人搬運車與自動倉儲功能，使得企業對員工的職能需求轉變兩極化：低階人員主要負責的工作為原物料準備、成品收集、監控，稍微進階一點可以處理障礙排除，中階人員可能就會比較少，主要為維護人員，負責現場人員的調配管理、

設備維修、供應商的料品收集與管理、成品品質的檢測、設備維修等。中階技術人員則可以再透過訓練滿足企業智慧製造所需的人才，特別是對於整個智慧製造的生產系統需要有一定的了解。

三、 邱振璋 代理處長

- (一)南部為傳統產業居多，我國生育率偏低影響勞動力的供給，導致缺工情形越來越嚴重，雖然此結果可以用導入人機協作工作模式來解決，但並非那麼容易。產業未導入協作機器人的原因有四個：(1)投資成本太高，但人力節省效果不明顯；(2)協作機器人的效率相對於傳統工業型機器人小，無明顯提升產能的效果；(3)目前導入協作機器人的企業不多，尚未導入的企業可能認為人機協作技術不夠成熟，未必符合需求，而不願意貿然採用協作機器人；(4)傳統產業的人工作業無法以人機協作模式取代。若無法實施自動化或導入機器人協助生產，缺工的問題依然無法解決，反而陷入不斷招募外籍勞工的循環中。
- (二)中小企業的業者仍有諸多擔憂，建議一開始先不要直接從工業4.0開始，而是從簡單的方式(工業3.5)循序漸進。但最主要的癥結點可能還是在成本的考量。
- (三)食品業中的肉品業也有機會導入協作機器人，例如肉品加工業的生產線，工作環境不佳且工作內容重複性高，導致招工不順利，故聘用大量外籍勞工。目前食品業仍是大量生產的模式，然而協作型機械手臂基於安全考量，效率較低，因此食品業業者導入人機協作的意願較低，畢竟大多廠商都希望有生產效率高、故障率低的生產線。
- (四)報告指出導入人機協作工作模式的企業不多，若從其他產業觀察應也有適合做為研究對象的產業，例如前述的食品業或其他

工作環境差(環境悶熱)的產業。

四、游鴻修 組長

(一)大概自 2015 年開始，工業 4.0 於我國產業的變革開始，包含生產線上機器人系統應用、軟體應用、感測的技術等都在進步。人機協作這部分，工研院也以專家觀察員的身分參與 ISO 在工業機器人領域相關標準制定的過程，對此也有一定的了解。以下就幾個面向分享一些經驗。

(二)應用面：一般使用者可能對人機協作的概念並不清楚，通常會以為有採用機械手臂就算是人機協作。因此進行調查時若能夠確保受試者對於人機協作的概念是清楚的，有助於調查結果的分析。廣義而言，固定式的協作型機器人，員工的工作範圍與機器人作業區域有發生重疊，就能定義為人機協作；若是移動式的機器人則有所不同，情況更複雜。此外，如果能讓使用者說明為何採用人機協作模式而不是採用一般智慧自動化，有助於理解廠商技術轉型的困難，對於未來政策的擬定也有一定幫助。

(三)法規面：107 年工業用危害預防標準有依據 ISO 規定做變更。未來 ISO 15066 併入 ISO 10218 系列之後，現行法規可能有所調整，屆時可針對設備端與應用端的業者，在面對法規時的因應作調查研究。

(四)標準面：ISO 15066 即將併入 ISO 10218 系列，其中必須注意的是，未來不會再針對協作型機器人本身作定義，只有協作應用 (Collaborative application)，意即傳統工業型機械手臂，只要符合安全設定與標準也有可能採用人機協作的生產模式。例如發那科(Fanuc)所生產的工業行機械手臂為了因應協作應用方式與國際標準，將原本統一的黃色機身塗上不同顏色，區分為不同

的生產應用：第一類為綠色(加裝感應器以符合 15066 併入 10218 的新規範)；第二類為白色(針對與工具機作結合的應用)。

五、黃錫建 經理

- (一)在研究中導入協作機器人對於員工似乎沒有太多影響，可能由於每家企業所面臨的產業轉型過程不同。以達明機器人公司的經驗來說，公司剛起步時所設定的產能需求不多且一開始就將自動化作為生產線的基礎，故對員工來說本來不會有類似廣達在大陸時期的情況，從全線人工作業，後來加入自動化設備，員工可能會產生害怕被機器取代的心理反應。反而達明的員工因為有協作機器人的加入生產，工作負擔有所減輕。
- (二)公司設計人機協作系統會以追求效率的自動化生產為基礎，自然會期待導入協作機器人後，出現節省人力的效果，但實際上效果並不明顯。公司全線運作一個月能生產 2000 隻機械手臂，但目前需求只有 300 隻機械手臂，代表協作型機器人的需求仍沒有傳統型工業機器人高。如未來需求提高，員工就可以從監督一台機器設備提高到監督兩、三台機器設備以提高產能。若產能需求持平，就會出現多餘的人力，而多餘的人力若沒有其他單位可以安排轉移可能只能辭退。
- (三)在人力上遇到的問題是高階技術人才(例如：SI、PLC 專業)缺乏，需要花費較多時間尋找，目前大多人才沒有相關經驗或是有工作經驗但是工作薪資要求過高。為此公司內部也有自行培養專業人員的規劃，例如透過達明學院。但在人才缺乏的情況下有可能訓練完成後被其他公司挖角。
- (四)低階技術人力(例如 OP)所碰到的問題是，由於協作型機器人介面較人性化，實際操作所需的技術需求較少，加上學經歷可能較低或是專業不是理工科，導致此種人員的薪資較難提高，除

非其接受教育訓練培育出設備維護與保養的能力。整體上，公司會期望以招募理工科系的人員為主，其中電機、電子科系的人才較欠缺。

六、張其恆 副教授

- (一)ILO 百年倡議中的其中一項-工作的未來(The future of work)，提到工業機器人的快速普及的趨勢有可能在全球範圍內大幅提高生產力並創造新的就業機會，對總需求產生積極的溢出效應。然而，它對整個社會的影響將取決於如何公平地分配經濟增長帶來的收益。如欲使新技術盡可能具有包容性，將不可避免地需要在培訓和技能升級方面進行大量投資，以順利、平穩地從現有工作過渡到新工作。
- (二)承上，未來可期待協作機器人的角色為提高員工工作力的工具，是以人為本的工作模式，亦即是機器配合人而不是員工配合機器人。協作機器人智能化後，可依照員工的需求而設計，而當員工的技能有多元化的需求，教育訓練也應隨著技能發展不同的面向。另外，員工的工作壓力可能源自於能否在新技術的引進後勝任原有工作。除了原本相關科系的人才需要精進技術，其他非理工科目的人才為了適應新工作，因此教育訓練就顯得格外重要。
- (三)建議中提及企業內的溝通管道需要被建立，這部分相當重要。不過也須注意到我國勞資關係比較特別的地方在於，勞資爭議大多是發生在解除勞雇關係之後。因此在勞雇關係存續期間很難觀察到關係的不穩固，而根據調解的經驗，有超過一半的爭議是可以立即解決的，較多情況是雇主不熟悉勞動法令或是雙方對於法令解釋不同而產生的誤會等。

111 年度人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析

專家學者諮詢會議

會議紀錄(2)

壹、會議主題：人機協作之導入對企業人力及職能需求之影響與因應

貳、開會時間：111 年 12 月 27 日(二)下午 2:00 - 4:00

參、開會地點：YMCA 城中會館 203 會議室(台北市許昌街 19 號 2F)

肆、主持人：辛炳隆理事長

記錄：何煜培

伍、與會者名單(簽到表見附件一)

一、專家學者出席名單(按姓名筆劃排列)

服務單位	姓名與職稱
佳研智聯股份有限公司	江家昇 資深工程師
義守大學工業管理學系	徐祥禎 教授
國立台灣師範大學國際人力資源發展研究所	蔡錫濤 退休教授兼前所長
國立台灣師範大學國際人力資源發展研究所	賴志樞 教授
盈錫精密工業智慧製造推動聯盟	劉軒佑 副召集人
104 人力銀行	鍾文雄 資深副總

二、研究團隊出席名單

服務單位	姓名與職稱
社團法人勞動與發展協會	辛炳隆 理事長
	何煜培 副研究員
	歐仁安 副研究員
東南科技大學產業經營管理研究所助理教授	葉俊偉 助理教授
世新大學資訊管理系教授	林金玲 教授

陸、主持人致詞：(略)

柒、研究團隊簡報：(略)

捌、座談會討論題目：

- 一、 針對本案初步結論及建議，對於個案企業訪談與問卷調查結果之解釋是否妥適，與會專家學者有無其他補充意見？
- 二、 目前我國產業引進協作機器人的情形尚不普遍，若預期未來人機協作將持續發展，政府在企業所面對的人力資源策略轉變過程中能夠給予什麼幫助？

玖、發言記錄(詳見附件二)

壹拾、臨時動議：無

壹拾壹、散會

附件一、簽到表

111 年度勞動部委託研究計畫

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」

專家學者諮詢會議

- 一、會議主題：人機協作之導入對企業人力及職能需求之影響與因應
 二、會議時間：111 年 12 月 27 日(二)下午 2:00-4:00
 三、會議地點：YMCA 城中會館 203 會議室(台北市許昌街 19 號 2F)
 四、主持人：辛炳隆 理事長

單位	姓名與職稱 (按姓氏筆劃排序)	簽到
義守大學工業管理學系	徐祥禎 教授	徐祥禎
佳研智聯股份有限公司	江家昇 資深工程師代 陳俊皓 經理	江家昇
國立台灣師範大學國際人力資源發展研究所	蔡錫濤 退休教授兼前所長	蔡錫濤
國立台灣師範大學國際人力資源發展研究所	賴志樞 教授	賴志樞
盈錫精密工業智慧製造推動聯盟	劉軒佑 副召集人	劉軒佑
104 人力銀行	鍾文雄 資深副總	鍾文雄

111 年度勞動部委託研究計畫

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」

專家學者諮詢會議

- 一、會議主題：人機協作之導入對企業人力及職能需求之影響與因應
- 二、會議時間：111 年 12 月 27 日(二)下午 2:00-4:00
- 三、會議地點：YMCA 城中會館 203 會議室(台北市許昌街 19 號 2F)
- 四、主持人：辛炳隆 理事長

研究團隊	姓名與職稱	簽到
社團法人勞動與發展協會	辛炳隆 理事長	辛炳隆
	何煜培 副研究員	何煜培
	歐仁安 副研究員	歐仁安
東南科技大學產業經營管理 研究所助理教授	葉俊偉 助理教授	葉俊偉
世新大學資訊管理系教授	林金玲 教授	林金玲

附件二、會議發言記錄摘要

(依發言順序)

一、蔡錫濤 教授兼前所長(退休)

- (一)貴單位辦理之問卷調查結果，含企業規模分布、工作型態分布與相關結論，係已忠實反映現況。另依人機合作層級，可分為「單元格」、「共同存在」、「依序協作」、「合作」、「回應式合作」等五類人機協作類型，惟依本人判斷，考量導入成本較高等，最終似不易發展至「合作」、「回應式合作」二類，意見供參。
- (二)建議研究團隊可進一步評估，未來尚有哪些工作類型將被人機協作取代。依本人觀察，例如：勞力密集工作（例如上下料）、固定性高的工作（例如鎖螺絲）、工作現場容易產生廢氣或有害物質之工作（例如印刷電路板）、大量生產且單價不高的製造業（例如電阻電容器等被動元件生產）。
- (三)有關產業部分，有二產業值得觀察。第一，未來物流業將大量導入人機協作，如辨識貨物並標籤黏貼等工作，因不易由機器人取代辦理，仍須由人工判別；惟在物流搬運、運送方面屬於固定性高的工作，則可由機器取代。但相關勞動力後續受機器取代後如何因應，則為後續可研究之議題。第二，機械業因不易全面自動化，上下料等工作或可由機器取代，惟其餘工作仍須由人工處理，換言之，這類涉及未來需人機協作的相關產業，如何強化員工與機器協作之相關訓練亦為重要課題。
- (四)有關研究團隊所提：分析產業發展方向、釐清未來新技能，並積極培養員工相關職能等政策建議，本人認為具高度妥適性。

二、 徐祥禎教授

- (一)人機協作是否為全面自動化生產前的替代措施？值得討論。對此，以工業量產角度觀察，引入機器目的是取代人力，節省勞動力投入成本，並減少錯誤發生，以提升品質。惟根據本人實務觀察，導入人機協作後，勞動力投入成本不一定減少，且須額外投入設備，增加整體資本投入，這對中小企業可能是一個負擔。惟若是大型企業可能認為導入人機協作，將減緩全面自動化進程，這類觀點亦可納入考量。另研究團隊擇定的標竿企業規模較大，其對人機協作之認知與辦理方式，是否與中小企業相同，或有類推之可能，此部分應再酌以評估。
- (二)承前，關於人機協作機器人未來是否需持續發展。本人仍認為應先釐清人機協作之前提，是否為全面自動化生產前的替代措施。若是，或許未來政策資源投入可以減少。
- (三)問卷調查對象中，有許多金屬製品製造業者，惟其導入人機協作，可能是源於現行產業缺工，而非是以機器取代人力，故應將相關背景說明納入研究考量。

三、 劉軒佑副召集人

- (一)人機協作的定義仍須討論，這涉及後續研究發現的詮釋。本人認為不宜以「使用協作機器人與否」的狹隘定義，判斷是否該企業是否導入人機協作。若採狹隘定義，容易推導出現行產業無人機協作之需求，進而推論現行無職能之必要，而忽略實際上已有企業運用其他機器使用方式達到人機協作之效果，及業界對於人力職能調整的相關需求。具體來說，若採廣義定義：「人與機器協力合作」。實務上已有諸多案例，企業依個別之產業特性、製成需求等，得透過六軸機械手臂、人形自動化等不同態樣組合，皆可達到人機協作的效果，不以使用協作機器

人為限。此外，從廣義角度來看，未來我國面對少子化與缺工問題日益嚴重情形下，未來應有人機協作之需求，且有增加趨勢。

(二)本單位將智慧製造或智能工廠，定性為「少人」而非「無人」，製程中機器調校等皆須人工處理。是以，在實務工作中導入人機協作，本人認為有三項關鍵議題：第一，由於我們沒有要以機器手臂取代技師，後續如何強化傳統技師和機器協作之機制？如何與傳統技師溝通？。第二，如何調整人與機器設備的配比？過去人工與機器比是1:2，若我們希望未來機器的比例可以拉高，勢必需要從製程角度一併調整分工。第三，若整體調整人與機器之分工，那員工職能勢必不同，後續員工的職能有哪些調整？。綜上，本人認為未來政府可以積極推動有關導入人機協作後，人員職能、人力結構、人員專業能力培力等相關議題。

(三)現行研究團隊的問卷填答對象是以各企業人資主管為主，惟實務上，人資主管與實際業務承辦者之見解可能不同。人資可能僅依業務單位需求，開設職缺，微調工作說明書或招募人才內容，但實際業務承辦者因具體從事業務，應較了解業務所需的人才職能。未來建議可將業務單位之意見納入問卷調查內，以全面蒐集企業之相關意見。

※辛炳隆理事長回應：

研究團隊於訪查企業之過程中，發現各企業於導入人機協作時，其思維和導入樣態並不相同。其中一個單位是重新調整製程，故在人員職能上即必須同步調整；惟另一間企業僅是添購機械手臂協助生產，其餘生產與過去並無不同。這不僅反映人機協作樣態的多樣性，也反映兩間導入的思維下，個別對未來人力資源的不同需求。未來研究或許可以進一步分析各樣態之差異。

四、 鍾文雄資深副總

- (一)就團隊目前之研究成果，人機協作之職能需求是以自動控制和機械設備控制等項目為主，本人認為，此可作為未來政府強化地區性人才培訓之重要參考，尤以臺中市為我國精密機械、智慧機械之發展重鎮，故可建議勞動部中彰投分署參酌相關職能、人員分布，開設相關培訓課程。
- (二)考量我國少子化趨勢及未來產業缺工情形，於中高齡人力充沛之前提下，可鼓勵企業開發中高齡之勞動力市場，減緩缺工問題。故本人認為，政府除了針對在職者提供培訓，亦可投入中高齡勞動者之多元技能培訓。此部分建議團隊納入研議。
- (三)未來政府可否協助企業投入人機協作，亦應納入考量。本人認為具體有二項措施可供參考：第一，提供中小企業貸款或優惠利率，減少企業投入之資金壓力；第二，提供顧問輔導機制，偕同產官學研提供諮詢服務，強化企業導入人機協作之成效。

※辛炳隆理事長回應

有關鍾資深副總所提補助一案，研究團隊發現國外相關文獻指出，人機協作具有減輕勞工勞力負荷之效果，故可作為協助身心障礙或中高齡者就業之輔具。考量現行政府積極推動中高齡者及高齡者就業促進法等相關事務，若基於協助中高齡者就業或續留職場等理由，由政府補助企業導入人機協作，應有其公益性，故本項建議足具實務可行性，本研究團隊會納入研討。

五、 佳研智聯股份有限公司 江家昇資深工程師

- (一)依本人觀察，現行較少企業使用協作機器人，仍多以使用傳統機器人為主。另回應蔡老師所提物流業部分，永聯物流已經開發出全無人化工廠，以上觀察與專家分享。
- (二)本人發現若企業有大量生產特定產品之需求，考量開發「特定產品之專用機器」可減少較多人力成本，且若投入人機協作或購置機械手臂，涉及後續該機械維修之成本需求，故偏好購置特定專用機器，而非投入機械手臂等設備。前述有關實務經驗，供研究團隊參考。

六、 國立台灣師範大學國際人力資源發展研究所 賴志堅教授

- (一)本人曾從事企業導入 AI 之相關研究，研究發現導入後並不會減少人力投入，反而可能新設立一部門。後續為了要增加企業競爭力，其新設部門必須和既有部門相輔相成，此與研究團隊針對企業導入人機協作之結果相似。本人鑑驗，未來必須透過訓練提升人員職能，或是輔以外部專業團隊、或企業內部自行聘僱相關專業人士等，減緩導入後的衝擊及強化導入後的效果。
- (二)本人認為人機協作採廣義定義較妥。不同產業別、企業別因考量各自需求或同業競爭者之行為等因素後，導入人機協作或人工智慧，故尚有許多不同導入樣態。本研究成果已約略提供一個整體圖像，未來或可進一步思考：未來導入人機協作的具體樣態有哪些？除了於操作性與勞力密集等製程階段導入之外，在研發階段，企業是否有導入人機協作的需求？導入之後，其對勞動力市場的影響為何？
- (三)回應蔡教授提到危險性較高、且操作性高的工作，可由機器人取代人力，若更進一步來談，如果這些機器人可以自行解決問題，即需要導入 AI，究竟哪些類型的工作需要導入人機協作，

導入人機協作的智慧程度為何？未來可能需要這方面的討論。

- (四)有關未來企業在導入人機協作後，涉及的人力職能培訓部分。研究團隊可依訪談或問卷調查對象之產業別、導入人機協作情形，予以分類，以利了解不同樣態，於導入人機協作之考量、導入後對勞動力市場、員工訓練等影響。

七、 世新大學資訊管理學系 林金玲教授

- (一)從企業面來看，雖部分企業導入人機協作後，並未因此減少人力成本，故可能對企業是一個負擔。但若從勞工角度觀察，人機協作得減緩勞工之疲勞感，並提高操作的精確度。爰建議研究團隊除了從企業角度分析之外，亦可輔以勞工角度討論導入人機協作後的影響。
- (二)目前的問卷分析結果僅就單一因子個別分析，建議研究團隊可將相關因子同步納入，例如：進行「導入人機協作之企業規模」與「導入成本」的交叉分析，以深入了解相關細節。
- (三)中南部的勞動力成本較低，基於成本考量企業應偏好聘僱勞工從事業務，惟透過問卷調查可發現，中南部企業導入人機協作的比例較高，其中一個原因應是「缺工」。企業可透過導入人機協作，解緩缺工問題。基此，建議研究團隊可從缺工角度切入分析，例如：透過了解產業的缺工情形，及各產業季節性或暫時性的臨時人力需求等，進而推論哪些產業、哪些時期之企業有導入人機協作之需求，政府得以運用相關政策資源協助企業。

八、 葉俊偉 助理教授

- (一)在研究過程中，我們的確發現，部分廠商寧願購置生產特定產品之設備，而非導入機械手臂或人機協作的相關設施。主要的原因是，購置特定設備較為容易，但若是導入人機協作，需要

整體就製程過程重新設計，且亦涉及設備調校及維護事宜。建議未來可以針對中小企業之困境進一步分析，並進而研討相關政策。

- (二)關於與會先進所提就中高齡各職能培訓及補助部分，由於現行補助及培訓項目仍然有限，建議未來可將人機協作納入；另針對機械維護、廠房製程、人力資源管理等調整事宜，可輔以相關產官學輔導資源，以利中小企業導入及提升其效果。

111 年度人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析

專家學者諮詢會議

會議紀錄(3)

壹、會議主題：人機協作之導入對企業職業安全衛生措施之影響與因應

貳、開會時間：111 年 12 月 28 日(三)下午 2:00 - 4:00

參、開會地點：YMCA 城中會館 203 會議室(台北市許昌街 19 號 2F)

肆、主持人：辛炳隆理事長(陳秋蓉院長代) 記錄：何煜培

伍、與會者名單(簽到表見附件一)

一、專家學者出席名單(按姓名筆劃排列)

服務單位	姓名與職稱
長榮大學職業安全與衛生系	李永輝 教授
長榮大學職業安全與衛生系	莊侑哲 副教授
勞動部職業安全衛生署	莊昊翰 技正
中正大學勞工關係學系	許繼峰 教授(退休)
達明機器人股份有限公司	蕭鼎亞 資深工程師
財團法人精密機械研究發展中心	蕭仁忠 技術總監
原見精機股份有限公司	蘇瑞堯 董事長
台達電子工業股份有限公司	鐘文敬 資深課長

二、研究團隊出席名單

服務單位	姓名與職稱
長榮大學安全衛生科學學院	陳秋蓉 院長
社團法人勞動與發展協會	何煜培 副研究員
	歐仁安 副研究員

陸、主持人致詞：(略)

柒、研究團隊簡報：(略)

捌、座談會討論題目：

一、針對初步結論對於深度訪談及問卷調查結果之解釋，是否妥適？有無其他補充意見？

二、目前我國產業引進協作機器人的情形尚不普遍，若預期未來人機協作將持續發展，政府在勞工的職業安全衛生保障方面需要注意什麼？

三、目前工業用機器人危害預防標準第 21 條第 2 項規定，雇主使用協同作業之機器人時，應符合國家標準 CNS 14490 系列、國際標準 ISO 10218 系列或與其同等標準之規定，並就相關事項實施評估，製作安全評估報告留存。ISO/TS 15066 作為 ISO 10218 系列的補充標準，是否能給予企業更具體的指引而有納入現行法規的必要？

玖、發言記錄(詳見附件二)

壹拾、臨時動議：無

壹拾壹、散會

附件一、簽到表

111 年度勞動部委託研究計畫

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」

專家學者諮詢會議

一、會議主題：人機協作之導入對企業職業安全衛生措施之影響與因應

二、會議時間：111 年 12 月 28 日(三)下午 2:00-4:00

三、會議地點：YMCA 城中會館 203 會議室(台北市許昌街 19 號 2F)

四、主持人：辛炳隆 理事長（陳秋蓉院長代理）

單位	姓名與職稱 (按姓氏筆劃排序)	簽到
長榮大學職業安全與衛生系	李永輝 教授	李永輝
長榮大學職業安全與衛生系	莊侑哲 副教授	莊侑哲
勞動部職業安全衛生署	莊昊翰 技正	莊昊翰
中正大學勞工關係學系	許繼峰 教授(退休)	許繼峰
達明機器人股份有限公司	蕭鼎亞 資深工程師	蕭鼎亞
財團法人精密機械研究發展中心	蕭仁忠 技術總監	蕭仁忠
原見精機股份有限公司	蘇瑞堯 董事長	蘇瑞堯
台達電子工業股份有限公司	鐘文敬 資深課長	鐘文敬

111 年度勞動部委託研究計畫
「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」
專家學者諮詢會議

- 一、會議主題：人機協作之導入對企業職業安全衛生措施之影響與因應
 二、會議時間：111 年 12 月 28 日(三)下午 2:00-4:00
 三、會議地點：YMCA 城中會館 203 會議室(台北市許昌街 19 號 2F)
 四、主持人：辛炳隆 理事長(陳秋蓉院長代理)

研究團隊	姓名與職稱	簽到
長榮大學安全衛生科學學院	陳秋蓉 院長	陳秋蓉
社團法人勞動與發展協會	何煜培 副研究員	何煜培
	歐仁安 副研究員	歐仁安

附件二、發言紀錄

(依據發言順序)

一、莊昊翰 技正

- (一) 機械手臂本來就是在負重上取代人力的工具，職安法規也有相關建議，例如夾取四十公斤以上就用工業型機器人代替人力去做作業，協作機器人在這種工作的作用就不大，因為協作機器人本身的抓取力量大概頂多 15 公斤。所以人員有關人因方面的損害能夠有都大程度的減少，取決於機器人能夠取代工人執行多大負荷的工作。而問卷調查是以雇主為對象，雇主恐怕沒辦法確切地知道對勞工來說實質的職業傷害方面的影響。訪問及問卷中缺乏直接對勞工的調查，可能影響研究結果的效度。
- (二) 針對受訪企業所陳述的危害預防標準缺乏具體數值的規定，事實上現行工業用機器人危害預防標準是根據國家標準及 ISO 的規定而訂定，上面對於機器人的功率速度皆有規定。至於廠商所採用的機器人是否符合這些規定就未可知，也許廠商不清楚所購買的機器人是否通過相關的安全檢驗。
- (三) 針對初步建議的部分，試運轉試驗以及起始啟動安全程序書及報告書，評估內容可能差不多，兩者仍然有其作用，前者是初始安裝時確保其安功能的完整性，後者是正式上線運轉前的最後確認，在職業安全上仍須確實做到這些程序，汽車在出廠時所做的安全驗證中也是如此，這兩個部分無法省略也不建議合併。針對第二項建議，職業安全衛生署現已有和精密機械研究發展中心與設備整合商合作對廠商輔導，如果場次不夠會研議增加場次。最後，關於未來工業用機器人危害評估預防標準是否隨 ISO/TS 15066 併入 ISO 10288 系列而調整。此部分職業安全衛生署已經正在研議作修正，最快 112 年會通過修正。

※研究團隊回應：

1. 問卷調查是以電話調查方式，並委由民調公司去執行，由於民調公司對於本案的相關知識較不熟悉，為防無法及時回應受試者的問題。研究團隊提供關於協作機器人的類型、應用，以及與傳統工業機器人之間的比較表供參考，否則一般業者應不清楚協作機器手臂與一般機器人有何差異。而以此方式做調查呈現的結果也與實際上預期的相近，有導入人機協作的廠商比例極低。
2. 關於問卷調查及訪談確實因為缺乏對勞工的直接地調查與觀察，而可能在解釋上有所偏頗，此部分會再寫入本研究的研究限制。

二、蕭鼎亞資深工程師

- (一) 個人意見與莊技正相同，目前業界人機協作多半僅透過隔柵間隔勞工與機器，並未建立人員與機器緊密協作的場域。另企業導入人機協作或自動化裝備時，因安全考量，為減少人員職業災害風險，多半額外加裝感測裝置，以判斷人員是否靠近機器設備，此部分與研究團隊發現一致。
- (二) 關於感測裝置加裝部分，個人認為不同產業也可能有不同樣態。例如服務業者使用咖啡機或冰淇淋機等，這部分較無生產績效壓力，也不容易造成人員重傷，故可能較不傾向裝設，但相較之下，製造業工廠因有大量生產、且較有造成人員受傷的可能，故傾向裝設。

三、蕭仁忠 技術總監

- (一) 個人認為目前業界仍不瞭解何謂協作機器人，及其與工業機器人有何差異。
- (二) 未來企業對於人機協作機器人之需求應有增加趨勢，例如質地較

軟的物質(材料)或需要精密操作等，不易由工業機器人取代。但後續導入人機協作後，如何提升安全性並減少職業災害，是一項關鍵挑戰。

- (三) 人機協作是一個人與機器互動合作的樣態，故依各別工作情境而衍生不同樣態，且各樣態的安全與風險並不相同。依據個人推測，如果是人機協作程度較低者，因有圍欄分隔人與機器，故造成職業災害的可能性較低；相較之下，協作程度較高者，可能更容易發生職業災害。以此角度觀察，協作程度高者，勢必需要讓機器減速或有設置安全防護裝置之需求，但此是否影響工作績效，以致於減低生產效率？是否比工業機器人生產效率低？或是導入人機協作的目標並非提高生產績效，而是減少勞工之工作量？或許未來可以研究這方面的議題。
- (四) 若將機械手臂裝設於自動導引車系統(Automated Guided Vehicle；AGV)或自主移動機器人(Autonomous Mobile Robot；AMR)，其是否為人機協作？另現行有越來越多的機器裝設於 AGV 與 AMR，個人認為這方面的趨勢及職業安全問題，亦須關注。
- (五) 未來台灣推動企業導入人機協作時，應將 ISO 15066 與 ISO 10218 相互搭配，規範人機協作相關功能，以企業參照導入。另本人也建議，若依不同人機協作程度之工作情境，設計不同的功能認證，應得以確保員工職業安全。

四、李永輝教授

- (一) 研究應先明確定義人機協作。依本人實務觀察，按照人與機器生產作業之互動方式，可分為全人、全機、機人(機為主，人為輔)、人機(人為主，機為輔)等型態。其中，機器又可再依其功能，分為「替代勞動力的操作功能」或「協助感測或決策之功能」。此得以按研究團隊依人機協作程度提出五類樣態相輔相成。本人建

議研究團隊可依前述相關分類，將個案研究所涉機器人型態予以類型化及說明，此外，個案研究之機器人智慧化程度為何？或僅為低智慧化程度的上下物料搬運行為？建議此可多加以說明。

- (二) 有關研究團隊所提，關於員工操作機械而有夾傷、撞傷、壓傷情形部分，宜進一步分析造成職業傷害之原因。倘已透過防護圍欄，避免人與機器直接接觸，何以有這類職業傷害？是維修過程造成傷害，或是人員操作失誤？建議可以進一步了解職業傷害成因。
- (三) 由於研究團隊問卷調查、訪談部分皆聚焦製造業，惟目前已有不少製造業以外之行業導入智慧化程度較高之機器人，例如倉儲、餐飲業等。故研究發現之結果僅為單一面向，並未能就智慧化相關產業部分有較多分析。

五、莊侑哲 副教授

- (一) 研究主題是針對導入協作機器人後之相關議題，但問卷調查結果似乎顯示，企業並不清楚協作機器人與工業機器人之差異。
- (二) 另研究團隊發現導入人機協作後，將增加勞工心理壓力，建議可細究增加的原因為何？人機協作會因為產業類型與工作情境有不同樣態。前述造成勞工心理壓力之情形，可能是企業於導入時，未能有效考量協作機器人之參數或使用情境，而非皆為導入人機協作所造成。因此在詮釋時，應該要更深刻地關注其真實原因。
- (三) 生產效率與職業安全應同步考量，不宜僅關注生產效率而忽略導入人機協作後，對員工造成之職業傷害。本人認為未來在推動人機協作相關政策或規範時，得以綜合生產製造方及供應製造商意見，研議導入人機協作之工作情境所涉之安全規範，並設計人員培訓課程等。

六、鐘文敬 資深課長

- (一) 問卷調查與業界實務相符，製造業中多採傳統之工業機器人；即使企業使用協作型機器人，多輔以外部圍欄，減少人與機器人的直接接觸。所以很少有實際落實人機協作，由人與機器人共同作業之廠商。
- (二) 研究團隊透過問卷調查或深度訪談結果，形成結論與建議時，可能也要考量到問卷調查中，大部分中小企業業主對於人機協作並不完全了解。其中如有涉及相關法規，可能因為不甚了解，沒辦法完全說明其真實的情況，或是對法規有所誤解。所以，在最後結論建議時可以朝向對企業來說應該給予什麼方面的協助來發想。
- (三) 關於企業導入人機協作之目的部分，主要優點是其容易上手，操作簡單，因此，企業若無聘僱具機器人相關專業的工程師，多傾向導入人機協作。另部分企業廠房較小，考量工業機器人須配合使用較大空間的圍籬設施，增加人與機器之距離。為有效利用空間，則會傾向導入所需圍籬設施較小之人機協作機器人。前述實務經驗供團隊參考。

七、蘇瑞堯 董事長

- (一) 個人認為其實沒有協作機器人這類的機器人，機器人僅是一種工具，可以依不同工作場域設計不同類型的機器使用，故宜將人機協作視為一種人與機器的互動光譜。本人建議可將問卷調查內有關 103 間已導入人機協作之企業，依其人機協作的程度個別分類，此應有助於了解我國導入人機協作的樣態分布。此外，依機器人協會推估，預計三至五年內企業導入人機協作應有高度成長趨勢，若能先行掌握現行我國導入情形，以規劃未來職業安全衛生之政策，應有其必要性。
- (二) 調查結果所示，現行已導入人機協作的企業，其導入之機器人數量約為 1 至 5 臺，批量甚少。從中或許可以推論這類企業大多沒有完整受過導入自動化的相關訓練，而是以嘗試的心態選擇導入，

但這也是最可能造成職業安全問題的來源。未來機器人與人互動增加後，應有處理職災傷害的因應作為，建議如下：第一，如同穿戴式服務型機器人的 ISO 認證方式是針對其不同情境，辦理危害鑑別與標註，讓使用人瞭解應遵循之規範等。參照前述方式，協作機器人應可針對不同情境的協同作業來製作風險標示。台灣智動化系統整合聯盟也曾建議政府，依現行職安署協同作業機器人作業安全評估報告的操作方式，按各應用類別作成指導綱要(例如：從事上下料者需要符合哪些職安標準、應該安裝哪種柵欄與防護措施)，以利企業參採使用。第二，後續可由系統整合的相關聯盟，協助提供業界職業安全相關文件，以供使用人參考，發揮其效果。

- (三) 另外，現行協同作業機器人作業安全評估報告參考手冊，已經相當完整地呈現企業在使用人機協同作業時，應辦理之安全評估項目，但目前之規定
- (四) 七項評估報告似乎不需要送主管機關核備。如果建立核備的行政流程，政府就可以建立關於協同作業機器人七項評估報告的資料庫。從企業面來看，若現行有企業完成，並逐步形成一個參考範本，後續隨即會有企業相仿。縱使報告內容大同小異，但至少程序上已完備，對確保職安仍有其助益。未來甚至可以推動報告通過核備，可以獲得補助，鼓勵廠商視需求加裝安全裝置或配備，或是有加裝安全裝置就予以課稅減免等優惠措施。

八、許繼峰老師

- (一) 本次座談會關於人機協作的主題大多偏重在職業安全方面，然而由於職業衛生有一部份在關注勞工的心理健康層面，因此人機協作工作模式對於勞工心理方面的影響可以再作進一步的分析。從簡報呈現的問卷調查結果來看，企業回答對勞工心理的負面影響超過九成表示沒有影響，但其餘的 7.8% 的企業情形是如何，若能

檢視其負面影響的情形如何(如挫折、焦躁不安等)，可以提供更深入的分析。

- (二) 半導體產業與傳統產業再應用人機協作的過程及方式有些不同。同樣地，對於員工來說其心理感受也有可能不同，半導體產業中在無塵室的人員，本來就沒有與人接觸，但是在同個空間中視線上仍有其他同仁，比起從頭到尾自己作業，在心理上還是比較好一點，獨自作業也可能產生社會學中所說的異化，人會變得像機器人一樣。在個案企業研究中，盈錫的勞工表示可能在導入協作機器人後會有心理壓力、工作壓力的提升，這個說法可能要去區分，這個工作壓力的產生是不是在導入人機協作的過程中出現的，等到生產線一切上軌道之後又未必會繼續存續。只是與未導入機器人之前相比，需要投入精神在不同的事項，所以需要適應。這些心理上的變化事實上在組織引進新技術、進行組織變革的過程中，人自然會出現的反應。
- (三) 整體來說，本研究計畫因涉略較廣，可能無法對每個議題作深入的研究。不過，考量到國際標準 ISO 15066 有提到在協同作業應用的設計上，其中一項關於人體工學、人與設備的接觸等方面的設計，需要評定可能的風險，其中包含可能產生的心理壓力、疲累感，或因人機協作而至的注意力缺乏等勞工心理層面的問題。未來勞動部相關單位可以針對人與機器人協同作業對勞工心理的影響單獨設計一個研究計畫，可以作勞工問卷、實際訪查等，調查新型態工作模式對於勞工產生的影響，了解使用者的真實感受等。

九、蘇瑞堯 董事長

- (一) 回應許教授的話，導入人機協作確實除了安全方面，在照顧勞工心理健康方面也應該致力追求一個沒有壓力的作業環境。具體來說，必須使勞工了解到技術上的安全是對人無害、而機器人本身

的設計也應該看起來沒有潛在危害，像是避免銳角設計、顏色配色等視覺上讓人能夠安心使用的。

- (二) 未來的製造業應該朝向「以人為本」，工人的工作場域是否能夠讓工人安心舒適，如此壓力應可降低舉例來說即使機器人是在圍柵或護欄裡，只是在作設定或換工具的時候，人員才可以進去，但假如這個監控停止有時間限制，那麼人員在作業時也可能產生相當大壓力。

十、莊侑哲 副教授

補充一點，在自動化生產過程與他人的互動減少，即使沒有產生嚴重的疏離感，但是獨自作業總是會容易有心理方面的問題。獨自作業者比起有同事在同一個場域共同工作的作業者是否更需要間歇式地休息，未來相關法規如再研議調整可以納入考量。

附錄 8、期中報告審查會議紀錄

勞動部

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」

期中報告審查會議紀錄

一、時間：111 年 9 月 16 日（星期五）上午 10 時

二、地點：本部 501 會議室

三、主持人：王司長厚誠

紀錄：莊子忻

四、出席者：朱委員金龍、王委員孔政、李委員健鴻、劉委員念琪(如簽到簿)

五、主席開會引言：（略）

六、研究團隊期中報告簡報：（略）

七、審查會議摘要

（一）委員意見

1. 研究目的、文獻及現況方面，有關人機協作研究範疇，建議除 IFR 定義之 Level2、3 外，亦將 Level4 納入研究分析，並補充甘特圖，另建議於職業安全衛生文獻分析部分，將歐盟於 2021 年通過的機械產品安全規範，納入分析論述，另本報告初步訪談 7 家企業，請說明設備供應商及集成廠商歸類之產業類別，並於表 1-1 補充說明受訪廠商係使用機器人類型。
2. 問卷調查及設計問項部分，建議依受調查對象屬性調整問卷設計，並依文獻分析及初步訪談結果補充問卷問項架構及後續分析方式，並納入員工年齡調查，及補充問卷第 28 題選項工作家

庭衝突之相關文獻分析，另可考量從系統設備商如達明等獲得已導入人與機械協作廠商資訊，作為問卷調查參考對象。

3. 人力需求調整方面，考量導入機械協作可能取代部分工作，使基層人力需求下降，廠商可能係透過職務轉換，而非採取裁員方式調配人力，建議於問卷第 15 題增列子題詢問減少基層人力的比例，並透過訪談瞭解廠商因應人力需求減少之人力調配方式，此外，亦可勾稽廠商導入人機協作前後之勞工保險投保人數，以瞭解人力變動的真實情況。
4. 員工職能調整方面，可先瞭解人機協作機台發生故障或損壞時之處理方式，如係由廠商員工或委外廠商處理，借以深入瞭解廠商對員工職能調整的要求及教育訓練情形。
5. 研究結果部分，建議可敘明分析內容可作為政府針對何種議題之因應參考，並加入人與機械協作對弱勢者(如：身心障礙者、女性等)就業促進之分析。

(二) 綜合規劃司意見

1. 基本體例：本文有錯漏字，請廠商再檢視與修正。
 - (1).圖、表目錄頁，建議文字調整為「表次」及「圖次」。
 - (2).頁 9，第二節第 1 行「『未』達成...」，應為『為』。
 - (3).頁 14，最後一段第 1 行「『反彈』對象...」，應為『訪談』。
 - (4).頁 26，倒數第 2 行「『共業』4.0 的路上...」，應為『工業』。
 - (5).頁 40，倒數第 6 行「資料來源：...」，建議以引註方式附註。
 - (6).頁 47，倒數第 2 行「『個離』生病的...」，應為『隔離』。
 - (7).頁 66，倒數第 3 行「因素『宜並』考量...」，應為『一併』。
 - (8).頁 101，(四)第四行「『協坐』機器手臂」，應為『協作』。

(9). 頁 151，第 5 行「『我內』相關研究認為…」，應為『國內』。

(10). 頁 181，第 1 行「KS『』B『』ISO 10218-2『，』ISO『』10218-2…」，是否誤繕，建議檢視修正，另建議敘明何謂 KSB。

2. 內容部分

(1). 第三章第二節三、(頁 103-頁 113)，初步深度訪談結果分析部分：

A. 建議於敘述分析內容前，可重申第一章第三節個案研究流程中所提及，訪談前會事先詢問受訪企業名稱揭露之意願。

B. 主文敘述內容未見機器人系統集成商(受訪廠商 B)之訪談相關內容，建議研究團隊期末報告補充相關內容於適當章節。

(2). 第四章第一節(頁 124-頁 127)，三、日本部分敘述該國推動人機協作於工業、醫療及看護領域之應用，以及可能產生之職缺數量；四、韓國部分敘述該國推動人機協作之相關政策，缺乏職能或職務改變之相關敘述，建議期末報告補充相關內容。

(3). 第四章第二節一、(頁 130-頁 131)，有關人口推估報告數據部分，建議依國家發展委員會人口推估(2022 年至 2070 年)報告更新相關數據。

(三) 廠商(社團法人勞動與發展協會)回應

1. 關於 IFR 所定義的人機協作範疇，雖然我國目前的應用多在 Level2、3 範圍裡，但在蒐集資料若有更高程度的協作應用(如 level4)的國內外相關案例，亦會放入文獻探討中。工作進度甘

特圖及歐盟於 2021 年通過的機械產品安全規範將補充於修正後期中報告。

2. 初步訪談之廠商中，有關設備供應商及集成廠商訪談之目的是為了瞭解目前我國業界導入人機協作的發展情形，以補足本報告第二章有關我國人機協作現況的內容，非個案企業研究規劃與訪談的產業類型，另在資料能夠取得的條件下，將於表 1-1 標示各家企業使用的協作機器人類型、用途。
3. 問卷調查部分將在研究方法中，針對問卷設計架構作補充，進一步說明文本分析與問卷設計與深度訪談間的脈絡，並區分問卷問項以及深度訪談問項的差別及原因。
4. 考量企業內勞工的平均年齡偏高，有可能造成自動化引進使資深勞工漸漸退出職場，人力自然汰換的情形，在問卷調查設計的部分將再補足關於企業內部勞工年齡層的分布，以推估企業自然淘汰員工的可能性。
5. 有關問卷問項第 28 題的選項中「工作家庭衝突」部分，會再重新檢視文獻探討中討論的項目，亦會再逐一檢視問卷調查的問項與文本中的探討內容是否符合。在後續發放問卷時，會嘗試聯繫國內的機器人設備供應商如達明機器人、Solomon、UR，提供其客戶端作為問卷發放的目標樣本參考。
6. 企業導入協作機器人不是為了取代現有人力，而是解決缺工及招募困難等問題，惟透過初步深度訪談發現，協作機器人的導入之後，員工配置數量確實有減少的情形，將在問卷第 15 題調整提問：「在生產規模不變的情況下，是否因為導入人機協作而有人力投入減少的情形；若有，則減少投入的比例為何？」。以扣連第 18 題對於人力需求減少的處理方式。

7. 有關透過勞工保險資料庫勾稽導入前後的投保人數變化來推測企業裁減人員之情形，因缺乏導入人機協作企業的名冊，恐難以一一檢視，團隊也不太可能僅針對訪談對象進行檢視。
8. 有關企業導入人機協作後，如何訓練員工排除機器功能障礙的能力，甚至未來需要在重組生產配置時能夠有所發揮，將透過個案企業訪談加以釐清。
9. 本報告研究產出主要的目的是檢視導入人機協作對勞動權益與相關面向的影響，將透過研究結果提供勞動權益保障相關措施之政策建議。另導入人機協作對國內弱勢族群的就業是否產生幫助，後續研究團隊將與委辦單位討論，如與本案議題關係密切，將在期末報告中對此部分的討論多加著墨。

八、主席結論

本案期中報告審查通過，請研究團隊依審查委員及綜合規劃司意見，修正研究內容，並於期中報告審查會議，翌日起 7 個工作天內(即 111 年 9 月 27 日下午 5 點前)，函送 5 份修正後期中報告，予機關辦理書面驗收通過後，再請研究團隊檢附發票或收據，向本部請領第二期款為總價金 30%款項(總價金：新臺幣 1,625,000 元)，計新臺幣 487,500 元整。

九、散會：中午 12 時 20 分

勞動部

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」

委託研究期中報告審查會議簽到冊

一、時間：111 年 9 月 16 日（星期五）上午 10 時 00 分

二、地點：本部 5 樓 501 會議室

三、主持人：王司長厚誠

審 查 委 員	簽 名 處
王 厚 誠	王厚誠
朱 金 龍	朱金龍
王 孔 政	王孔政
李 健 鴻	李健鴻
劉 念 琪	劉念琪

四、列席單位：

綜合規劃司	林永裕 易永嘉 陳文君 周意宏 蕭彩金

勞動部

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」

期中報告審查會議簽到冊

- 一、時間：111 年 9 月 16 日（星期五）上午 10 時 00 分
二、地點：本部 5 樓 501 會議室
三、主持人：王司長厚誠

簡報單位	簽 名 處
社團法人勞動與發展協會	李炳凱 葉俊偉 何煜哲

附錄 9、期中審查意見修正情形二欄表

審查意見	修正情形
(一)審查委員綜合意見：	
1. 研究目的、文獻及現況方面，有關人機協作研究範疇，建議除 IFR 定義之 Level 2、3 外，亦將 Level 4 納入研究分析，並補充甘特圖，另建議於職業安全衛生文獻分析部分，將歐盟於 2021 年通過的機械產品安全規範，納入分析論述，另本報告初步訪談 7 家企業，請說明設備供應商及集成廠商歸類之產業類別，並於表 1-1 補充說明受訪談廠商係使用機器人類型。	1. 關於 IFR 所定義的人機協作範疇，雖然我國目前的應用多在 Level2、3 範圍裡，但在蒐集資料若有更高程度的協作應用(如 level4)的國內外相關案例，亦會放入文獻探討中。 2. 工作進度甘特圖已補充於修正後期中報告第 21-22 頁。(期末報告因已完成所有工作項目故刪除) 3. 歐盟於 2021 年通過的機械產品安全規範提案已補充於修正後期中報告第 170-171 頁。 4. 初步訪談之廠商中，有關設備供應商及集成廠商訪談之目的是為了瞭解目前我國業界導入人機協作的發展情形，以補足本報告第二章有關我國人機協作現況的內容，非個案企業研究規劃與訪談的產業類型，另在資料能夠取得的條件下，將於表 1-1 標示各家企業使用的協作機器人類型、用途。(期末報告改為於表 1-16 放置四家深度訪談的企業所使用的類型與用途)

審查意見	修正情形
2. 問卷調查及設計問項部分，建議依受調查對象屬性調整問卷設計，並依文獻分析及初步訪談結果補充問卷問項架構及後續分析方式，並納入員工年齡調查，及補充問卷第 28 題選項工作家庭衝突之相關文獻分析，另可考量從系統設備商如達明等獲得已導入人與機械協作廠商資訊，作為問卷調查參考對象。	1. 問卷調查部分已在第一章研究方法中，針對問卷設計架構作補充，進一步說明文本分析與問卷設計與深度訪談間的脈絡，並區分問卷問項以及深度訪談問項的差別及原因已補充於修正後期中報告第 9 頁、第 14 頁至 15 頁。 2. 有關問卷調查後的分析方式，由於本研究屬於先導研究，先對國內應用情形做一個較廣泛的資訊與意見蒐集，故本文主要以敘述統計的分析方式。已補充於修正後期中報告第 10 頁。 3. 考量企業內勞工的平均年齡偏高，有可能造成自動化引進使資深勞工漸漸退出職場，人力自然汰換的情形，在問卷調查設計的部分已補足關於企業內部勞工年齡層的分布的題項於附錄 1，以推估企業自然淘汰員工的可能性。(見第 216 頁) 4. 有關問卷問項第 28 題的選項中「工作家庭衝突」部分，重新檢視文獻探討中討論的項目發現不符合故將此選項刪除，亦會再逐一檢視問卷調查的問項與文本中的探討內容是否符合。 5. 在後續發放問卷時，會嘗試聯繫國內的機器人設備供應商如達明機器人、Solomon、UR，提供其客戶端作為問卷發放的目標樣本參考。
3. 人力需求調整方面，考量導入機械協作可能取代部分工作，使基層人力需求下降，廠商可能係透過職務轉換，而非採取裁員方式調配人力，建議於問卷第 15 題增列子題詢問減少基層人力的比例，並透過訪談瞭解廠商因應	1. 如委員所提點的，企業導入人機協作後對於勞工就業影響的討論上，如果是討論人力需求的變化，則可能對於在職的基層勞工沒有立即的影響。因企業普遍導入協作機器人不是為了取代現有勞工，而是解決既有問題，亦

審查意見	修正情形
人力需求減少之人力調配方式，此外，亦可勾稽廠商導入人機協作前後之勞工保險投保人數，以瞭解人力變動的真實情況。	即缺工問題嚴重，招募也越來越困難的情形。透過初步深度訪談也詢問到協作機器人的導入之後，同一個產線上的員工配置數量確實會減少；有企業提到教育程度比較高的員工可以培育為從事工程師助理等價值高的職位。至於教育程度低或難以透過教育訓練轉銜其他職位的基層勞工則會安排其他還需要人力操作的產線。抑或是待未來產品需求增加有擴張生產規模規劃時，屆時一個人可以負責監控多台機器，就不會有人力閒置的情形。因此，每個企業按其條件處理方式有些微不同。 2. 如要透過勞保資料庫勾稽導入前後之投保人數變化來推測企業裁減人員之情形。因為沒有導入人機協作企業的名冊，難以逐一檢視，團隊也不太可能僅針對訪談對象進行檢視。關於導入人機協作導入對人力需求的議題，問卷問項的部分，問卷第 15 題調整提問：「在生產規模不變的情況下，是否因為導入人機協作而有基層人力投入減少的情形；若有，則減少投入的比例為何?」。如此也可扣連第 18 題對於人力需求減少的處理方式。同樣，訪談大綱中的問題也作如此調整。(訪談大綱見報告第 16 頁、問卷問項見附錄 1 第 218 頁)

審查意見	修正情形
4. 員工職能調整方面，可先瞭解人機協作機台發生故障或損壞時之處理方式，如係由廠商員工或委外廠商處理，借以深入瞭解廠商對員工職能調整的要求及教育訓練情形。	1. 如深度訪談的企業代表所表示，設備商的工程師流動率高，有時前來協助的是經驗不足的工程師，故業者會替員工安排障礙排除的相關教育訓練，以此解決專業人員不足的問題。另外，依據系統整合廠商的受訪者表示，越來越多客戶為了避免商業機密外洩，也為了增加機械手臂與工廠原有設備的貼合性，由原本全權交予設備供應商轉為傾向自己組裝或設計，此時公司會偏向輔導的方向而不是服務的角色。 2. 研究上會持續注意企業於協作機器人發生故障或損壞時之處理方式、現有人員是否能夠執行障礙排除、如何訓練勞工排除機器功能障礙的能力等，這部分將透過個案企業訪談加以釐清，在企業訪談題目增加詢問是否針對障礙排除進行教育訓練。(見報告第17頁)
5. 研究結果部分，建議可敘明分析內容可作為政府針對何種議題之因應參考，並加入人與機械協作對弱勢者(如：身心障礙者、女性等)就業促進之分析。	1. 研究產出主要的目的是檢視導入人機協作對勞動權益與相關面向的影響。期末報告以研究設定的三個主要議題分類，撰寫結論與政策建議，作為政府之因應參考。 2. 導入人機協作對國內弱勢族群的就業是否產生幫助，後續研究團隊將與委辦單位討論，如與本案議題關係密切，將在期末報告中對此部分的討論多加著墨。研究中也提出人機協作模式對於中高齡、身障身分之勞工應有促進就業之正面影響，對此提出相關

審查意見	修正情形
	政策建議。此部分已補充國內外文獻與相關個案於期末報告第三章第一節 104-105 頁，且專家諮詢會議中亦有相關討論(見 155 頁)。
(二)綜合規劃司意見	
1. 第三章第二節三、(頁 103-頁 113)，初步深度訪談結果分析部分： (1)建議於敘述分析內容前，可重申第一章第三節個案研究流程中所提及，訪談前會事先詢問受訪企業名稱揭露之意願。 (2)主文敘述內容未見機器人系統集成商(受訪廠商 B)之訪談相關內容，建議研究團隊期末報告補充相關內容於適當章節。	1. 已補充第一章第三節個案研究流程中所提及，訪談前會事先詢問受訪企業名稱揭露之意願。(見第 25 頁) 2. 已補充機器人系統集成商(達明機器人以及受訪廠商 B)之訪談相關內容於修正後期中報告第 59-60 頁。
2. 第四章第一節(頁 124-頁 127)，三、日本部分敘述該國推動人機協作於工業、醫療及看護領域之應用，以及可能產生之職缺數量；四、韓國部分敘述該國推動人機協作之相關政策，缺乏職能或職務改變之相關敘述，建議期末報告補充相關內容。	第四章關於企業人力資源措施以及職能需求等討論，已將部分文獻及其內容作了匯整與延伸，補充於期末報告第頁 174-175、177-178 頁。
3. 第四章第二節一、(頁 130-頁 131)，有關人口推估報告數據部分，建議依國家發展委員會人口推估(2022 年至 2070 年)報告更新相關數據。	第四章第二節有關人口推估報告數據部分，已依最新國家發展委員會人口推估(2022 年至 2070 年)報告更新相關數據於修正後期中報告。(見第 132-133 頁)

附錄 10、期末報告審查會議紀錄

勞動部

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」

期末報告審查會議紀錄

- 一、 時間：112年2月22日（星期三）下午4時30分
- 二、 地點：本部901會議室
- 三、 主持人：王司長厚誠
紀錄：莊子忻
- 四、 出席者：朱副署長金龍、沈副研究員育霖、李教授健鴻、劉教授念琪(如簽到冊)
- 五、 主席開會引言：(略)
- 六、 研究團隊期中報告簡報：(略)
- 七、 審查會議摘要
 - (一) 出席人員意見
 1. 問卷調查樣本業別電子零組件部分，建議說明樣本缺乏具指標性的半導體產業之原因。
 2. 導入人機協作對人力影響部分，問卷調查及參考案例指出部分企業有減少基層人力情形，與第3章小結及第6章結論表示引進人機協作未出現取代人力情形衝突，建議以實際調查分析情形表示企業人力變動情形；如企業係透過技能訓練或調職調整人力，建議補充企業因應減少基層人力對既有人員因應措施之相關內容。
 3. 人機協作職能訓練部分，從研究報告蒐集文獻及問卷調查分析中，可以發現我國人機協作應用相較於國外較為初階，建議綜合分析我國應用人機協作之作業範圍、替代的工作類型及未來應用替代更高階勞動力之可能性，以作為職能訓練規劃之參考。
 4. 人機協作應用產業部分，從研究報告資料蒐集、問卷調查、深入訪談及專家學者座談意見分析中，可以發現我國人機協作應用較廣泛的產業非金屬製品製造或電子零組件業，建議透過綜合分析所蒐整的資料，釐清國內外企業採用與未採用人機協作之原因、應用範圍，分析何種類型產業適合導入人機協作，並

提出兼顧良性發展，不排擠目前就業市場的階段性導入策略，如引進協作機器人補充中高齡的體能不足，或年輕人排斥環境較差或粗重的工作，以促進中高齡及青年就業。

5. 文獻蒐集應用部分，研究報告第二章圖2-2(頁41)2020年產業密度分布資料建議修正至2021年，另第二章為人機協作之發展趨勢，惟引用圖片多非協作機器人，建議適時補充圖片說明，並補強人機協作應用實例，以加強人機協作機器人及傳統機器人之區隔。
6. 人機協作職業安全相關規範部分，研究報告第五章表5-3(頁231)安全額定監控停止對照表，最後一列「協同作業空間內，在安全額定監控停止中」，建議檢視協同作業空間內外機器人位置與動作內容是否正確；表5-5(頁275)協作機器人的內建安全裝置，根據ISO-10218規範應只有前4項類別，建議補充書說明第5項手動安設定速度分隔距離歸類在表5-5之原因，另專家座談的紀錄提及ISO/TS 15066作為ISO-10218補充標準，非屬職業安全衛生署權責；又研究報告顯示，目前我國企業使用協作機器人大多會使用護欄，惟此類設施會破壞人機協作的定義，並可能影響生產效率，建議說明廠商為何仍採取此類防護措施。

(二) 綜合規劃司意見

1. 為快速掌握本委託研究之全貌，正文前請新增摘要。
2. 第六章結論與建議，建議於第二節以各項議題建議製表歸納各項說明、相關涉及法規與政策建議。

(三) 廠商(社團法人勞動與發展協會)回應

1. 問卷調查樣本中缺乏半導體產業是調查的實際結果，可能原因為半導體產業的業者多半不願接受訪問，因此透過個案企業訪談補足問卷調查缺乏半導體產業樣本的情形。
2. 有關表3-10(頁152)問卷調查基層人力投入減少情形部分，主要是詢問在生產規模不變的情況下，基層人力投入的變化，至於導入人機協作對多餘人力的安排部分，在第四章的問卷調查分析中有提到既有基層員工人力需求減少，企業對於多出的人力如何安排的問項；有關人力影響部分，會依質性訪談以及問卷中少部分的情形調整分析內容，使報告的論述更加完整。
3. 我國應用人機協作產業多半為中小型企业，引進的數量以及用途亦較單一，而文獻蒐集中的國家導入協作機器人的進程與發

展皆有不同，對勞工就業的影響、企業對於員工的職能需求，亦可能隨著各產業用途與協作程度不同而有所變化，相關發展歷程或可做為我國產業發展參考，會再補充相關論述。另再加強中高齡、年輕勞動力的就業促進方面之內容。

4. 有關第二章關於人機協作的發展趨勢與現況部分，會再補足與本研究主題契合之相關內容。
5. 第五章部分，問卷中表5-5協作機器人的內建安全裝置第5項內建安全裝置為電訪時受訪者自行口頭回答，非原問卷設計的問題，會斟酌是否調整併入至其他選項；表5-3有關安全額定監控停止對照表，會再檢視是否為誤植或做補充說明；有關協作機器人裝置外部加裝護欄是否影響生產效率，會再逐一檢視各章節論述內容，避免矛盾。

八、主席結論

本案期末報告審查通過，請研究團隊依審查人員意見，修正研究內容，並於期末報告審查會議，翌日起14個工作天內(即112年3月16日下午5點前)，函送5份修正後期末報告(含簡報)及1份光碟片，予機關辦理書面驗收通過後，再請研究團隊檢附發票或收據，向本部請領第三期款為總價金50%款項，計新臺幣81萬2,500元整。

九、散會：下午6時15分

勞動部

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」

委託研究期末報告審查會議簽到冊

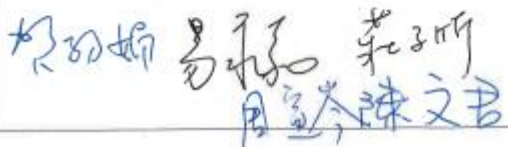
一、時間：112年2月22日（星期三）下午4時30分

二、地點：本部⁹樓⁹⁰¹會議室

三、主持人：王司長厚誠

審 查 委 員	簽 名 處
王 厚 誠	
朱 金 龍	
李 健 鴻	
劉 念 琪	

四、出席單位：

勞動及職業安全衛生 研究所	
綜合規劃司	

勞動部

「人與機械人協作趨勢與勞動權益保障之國際經驗研析」

期末報告審查會議簽到冊

一、時間：112 年 2 月 22 日（星期三）下午 4 時 30 分

二、地點：本部 ⁹10 樓 ⁹⁰¹1002 會議室

三、主持人：王司長厚誠

簡報單位	簽名處
社團法人勞動與發展協會	辛炳民 葉俊偉 何煜培

附錄 11、期末審查意見修正情形二欄表

審查意見	修正情形
(一)審查委員綜合意見：	
1. 問卷調查樣本業別電子零組件部分，建議說明樣本缺乏具指標性的半導體產業之原因。	問卷調查樣本中缺乏半導體產業是調查的實際結果，其原因主要為半導體產業的業者多半不願接受訪問(已補充說明於報告第 20 頁註腳)；而個案研究之企業恰好為半導體產業，應可稍微補足問卷調查缺乏半導體產業樣本的情形。
2. 導入人機協作對人力影響部分，問卷調查及參考案例指出部分企業有減少基層人力情形，與第三章小結及第六章結論表示引進人機協作未出現取代人力情形衝突，建議以實際調查分析情形表示企業人力變動情形；如企業係透過技能訓練或調職調整人力，建議補充企業因應減少基層人力對既有人員因應措施之相關內容。	第三章問卷調查結果分析中有關基層人力投入減少情形之部分，主要是詢問在生產規模不變的情況下，基層人力投入的變化。至於導入人機協作對多餘人力的安排部分，在第四章的問卷調查分析中有呈現少數企業基層員工人力需求減少，對於多出的人力如何安排的調查結果(見報告第 194 頁)。第三章小結及第六章結論部分已依質性訪談以及問卷中少部分的情形調整分析內容，使報告的論述更加完整。(見報告第 160 頁、第 295、296 頁)
3. 人機協作職能訓練部分，從研究報告蒐集文獻及問卷調查分析中，可以發現我國人機協作應用相較於國外較為初階，建議綜合分析我國應用人機協作之作業範圍、替代的工作類型及未來應用替代更高階勞動力之可能性，以作為職能訓練規劃之參考。	相關綜合分析已補充於報告第 208、209 頁，圖 4-4 下方。

審查意見	修正情形
4. 人機協作應用產業部分，從研究報告資料蒐集、問卷調查、深入訪談及專家學者座談意見分析中，可以發現我國人機協作應用較廣泛的產業非金屬製品製造或電子零組件業，建議透過綜合分析所蒐整的資料，釐清國內外企業採用與未採用人機協作之原因、應用範圍，分析何種類型產業適合導入人機協作，並提出兼顧良性發展，不排擠目前就業市場的階段性導入策略，如引進協作機器人補充中高齡的體能不足，或年輕人排斥環境較差或粗重的工作，以促進中高齡及青年就業。	1. 國內外企業採用與未採用人機協作之原因、有採用協作機器人的廠商其應用範圍，主要在報告第二章的問卷調查結果分析，以及第三章國際經驗蒐集，綜合分析可參照第六章結論(報告第 293、294 頁)。 2. 關於何種類型產業適合導入人機協作，在報告第二章中與傳統機器人比較中，提及廠區作業空間緊湊、生產具彈性需求、產品應用擴展性高且批量小的企業皆適合使用協作機器人(見報告第 37、38 頁)。而專家諮詢會議中亦有專家提出未來應盤點產業中勞動環境較差、招聘不易的廠商，該類廠商應可透過導入協作機器人來改善勞動環境、吸引人才(見報告第 153、154 頁)。 3. 對於這些適合導入人機協作，但是礙於成本考量或對於整體生產配置未有清楚規劃，政府應先給予廠商有關人機器協作的認知宣導、對於也有興趣導入者應協助擬定設備整合規劃，並在後續視情形給予相關補助(見報告第 303、304 頁)。針對促進中高齡及青年就業相關的討論，可參考勞工工作環境與勞動條件方面的結論、建議(見報告第 296 頁、304 頁)。

審查意見	修正情形
5. 文獻蒐集應用部分，研究報告第二章圖 2-2(頁 41)2020 年產業密度分布資料建議修正至 2021 年，另第二章為人機協作之發展趨勢，惟引用圖片多非協作機器人，建議適時補充圖片說明，並補強人機協作應用實例，以加強人機協作機器人及傳統機器人之區隔。	1. 已更新圖 2-2 資料至 2021 年版本。(見報告第 43 頁) 2. 已經重新檢視第二章內容，將與本研究較無關的機器人範疇刪除，補充韓國、日本的發展趨勢(見報告第 42 頁、第 44 頁)、美國應用情形(見報告第 51 頁)。產業應用方面則補充了汽車製造業的應用情況(見報告第 50 頁)。
6. 人機協作職業安全相關規範部分，研究報告第五章表 5-3(頁 231)安全額定監控停止對照表，最後一列「協同作業空間內，在安全額定監控停止中」，建議檢視協同作業空間內外機器人位置與動作內容是否正確；表 5-5(頁 275)協作機器人的內建安全裝置，根據 ISO-10218 規範應只有前 4 項類別，建議補充書說明第 5 項手動安設定速度分隔距離歸類在表 5-5 之原因，另專家座談的紀錄提及 ISO/TS 15066 作為 ISO-10218 補充標準，非屬職業安全衛生署權責；又研究報告顯示，目前我國企業使用協作機器人大多會使用護欄，惟此類設施會破壞人機協作的定義，並可能影響生產效率，建議說明廠商為何仍採取此類防護措施。	1. 關於表 5-3 內容，最後一列表示協作機器人已處於有效的安全額定監控停止狀態下，此時驅動力仍在作用，機器人功能未有改變。人員在協同作業空間外時，機器人仍繼續保持安全額定監控停止，停止動作；人在協同作業空間內時，機器人亦要繼續保持安全額定監控停止。為避免混淆，已經修正表 5-3 內容的用詞，並調整內文的說明(見報告第 230 頁)。 2. 問卷調查設計僅有四項內建安全裝置，惟受試者可能自行回答而電訪員未能適當將回答納入前面選項而增設了新的選項。經評估已將第 5 項納入前選項「速度及分隔距離的監控」，並修正統計數據(見報告第 273、274 頁)。 3. 有關專家座談會中提及 ISO/TS 15066 作為 ISO-10218 補充標準的部分，已修正論述方式(見報告第 281 頁第 5 點)。 4. 我國企業使用協作機器人大多會使用護

審查意見	修正情形
	欄的原因未在問卷調查中詢問原因，但在深度訪談以及專家諮詢會議中有所討論。已補充相關論述於第五章小結中(見報告 290 頁第 2 點)。
(二)綜合規劃司意見	
1. 為快速掌握本委託研究之全貌，正文前請新增摘要。 2. 第六章結論與建議，建議於第二節以各項議題建議製表歸納各項說明、相關涉及法規與政策建議。	1. 已經增加摘要於報告首頁。 2. 已新增第二節並補充歸納表格，詳見報告第 308、309 頁。