

科技部工程技術研究發展司

先進製造技術：智動機電系統暨連網整合計畫

計畫徵求說明

製造業為臺灣經濟成長之重要產業。2016 年製造業占國內生產毛額(GDP) 的 31%，比重為所有行業之最，且遠高於第二位批發及零售業(16%) [1]。製造業的經濟成長速度也為所有行業之最，自 2007 年至 2016 年平均年增 5.7%，除高於經濟成長率(3.1%) 外，也高於第二位電力及燃氣供應業(3.2%) [2]。另外，製造業為就業人口最多之行業，2016 年其占總就業人口的 27%，高於第二位批發及零售業(16%) [3]。前述之統計資料整理於圖 1。

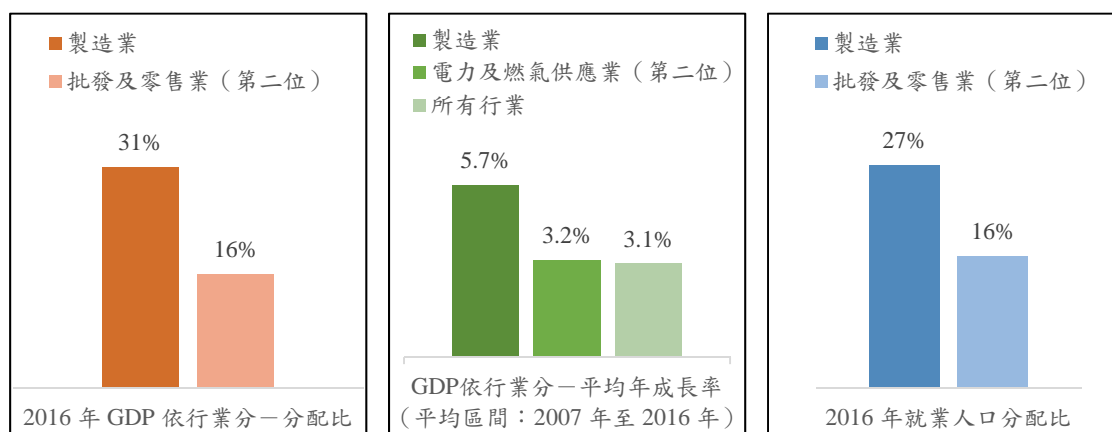


圖 1：製造業之經濟成長統計資料與比較 [1] [2] [3]。

臺灣工業用機械高度仰賴進口。2016 年臺灣工業用機械貿易值世界排名第 129 位、入超 56.7 億美金，前 10 名工業用機械出超經濟體依序為德國、日本、大陸地區、義大利、荷蘭、香港特別行政區¹、大韓民國(韓國)、瑞士、奧地利與捷克 [4] [5]。圖 2 為前 20 名工業用機械出超經濟體及其貿易值，另含臺灣及美國以供比較。其中，臺灣半導體設備為工業用機械入超之最大宗，2016 年入超貿易值 152 億美金 [4]。臺灣金屬加工機械為工業用機械出超之最大宗，2016 年貿易值世界排名第 5 位，出超 27.0 億美金。前 4 名金屬加工機械出超經濟體依序為德國、日本、義大利與瑞士。圖 3 為前 10 名金屬加工機械出超經濟體及

¹ 聯合國資料庫 [5] 與香港特別行政區出版之統計年刊 [16] 的香港出口貿易值有所出入。以國際貿易標準(SITC)第四次修訂版之編號 7 機械及運輸設備為例，聯合國所列出口貿易值 319,689 百萬美元，但香港特別行政區所列出口貿易值僅 845 百萬美元(以匯率 [17] 換算)。

其貿易值，另含大陸地區及美國以供比較 [4] [5]。

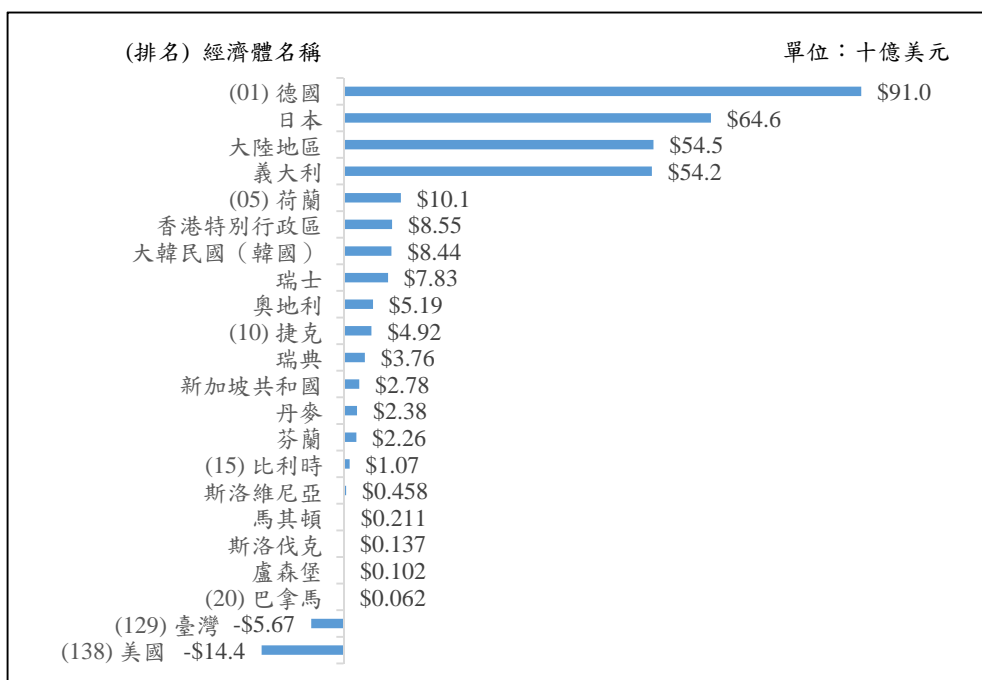


圖 2：2016 年世界前 20 名工業用機械出超經濟體及其出超貿易值，另含臺灣及美國以供比較 [4] [5] (註：工業用機械貨品別係包括國際貿易標準 (SITC) 第四次修訂版之編號 72 特殊工業之專用機械、73 金屬加工機械以及 74 未列名一般工業用機械與設備及未列名零件。臺灣貿易值參考 [4]，其他經濟體貿易值參考 [5]。補充香港特別行政區資訊於第 1 頁註腳 1)。

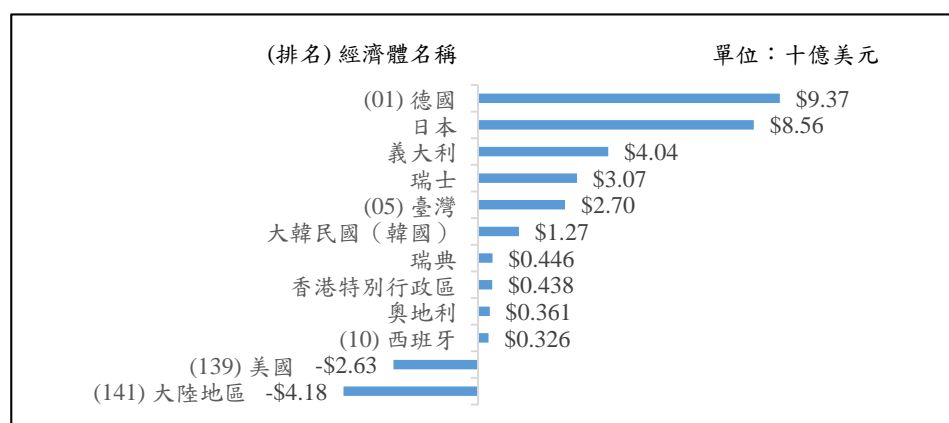


圖 3：2016 年世界前 10 名金屬加工機械出超經濟體及其出超貿易值 [4] [5] (註：金屬加工機械貨品係採計國際貿易標準 (SITC) 第四次修訂版之編號 73 金屬加工機械。臺灣貿易值參考 [4]，其他經濟體貿易值參考 [5]。補充香港特別行政區資訊於第 1 頁註腳 1)。

各國政府自 2011 年起相繼提出國家級製造業發展戰略，臺灣面臨的國際競爭日趨激烈。美國於 2011 年 6 月由總統科技顧問委員會提出建議報告《確保美國先進製造領導地位》，促使推動「先進製造夥伴聯盟（AMP）」計畫 [6]。美國眾議院於 2014 年 10 月通過《振興美國製造和創新法案》，依該法於商務部下成立跨部會之「先進製造國家計劃辦公室（AMNPO）」，並由該辦公室管理「美國製造」計畫（<https://www.manufacturingusa.com/>）至今 [6]。德國於 2012 年 10 月由教育及研究部所補助之工業 4.0 工作小組提出決定性報告《工業 4.0 戰略倡議之實施建議》 [7]，並隨後與德國經濟及能源部和 6,000 家企業合作，共同營運「工業 4.0 平臺」（<http://www.plattform-i40.de/>）至今 [8]。中國大陸於 2015 年 5 月由國務院發布《中國製造 2025》製造戰略計畫，旨在推動從「製造大國」邁向「製造強國」的政策藍圖，以創新驅動為核心發展思想，並選擇福建泉州為首個地方試點 [9]。

已開發國家已有世界級的智慧製造技術與服務案例。例如，德商博世力士樂（Bosch Rexroth AG）繼 2013 年向德國政府提出「工業 4.0」的建言後，就已積極在自家生產線上建置相關智慧生產技術，並對外提供水平及垂直相連工廠的解決方案，如圖 5 所示 [10]。該方案透過工業 4.0 的方法讓客戶能根據不同的產品規格及需求彈性地調整生產線，藉此容易且穩定地製造高度差異性的產品，以符合高度彈性需求，並達到高度透明化、無紙化製造、零設置時間、僱員支持、存貨削減及提高生產力的好處。此外，「美國製造」計畫下由麻省理工學院領導的「美國先進機能織物」創新製造協會（AFFOA），其推動傳統織物轉換為精密、具整合性且網路化之裝置或系統，例如融合半導體於織物中，形成具計算機功能的產品 [11]。協會透過成立多個「織物發現中心」與新創的先進織物公司連結，降低開發新產品與製作原型的門檻，藉此加快市場開發先進織物產品的速度 [12]。



圖 4：博世力士樂員工設定已相連之生產線 [10]

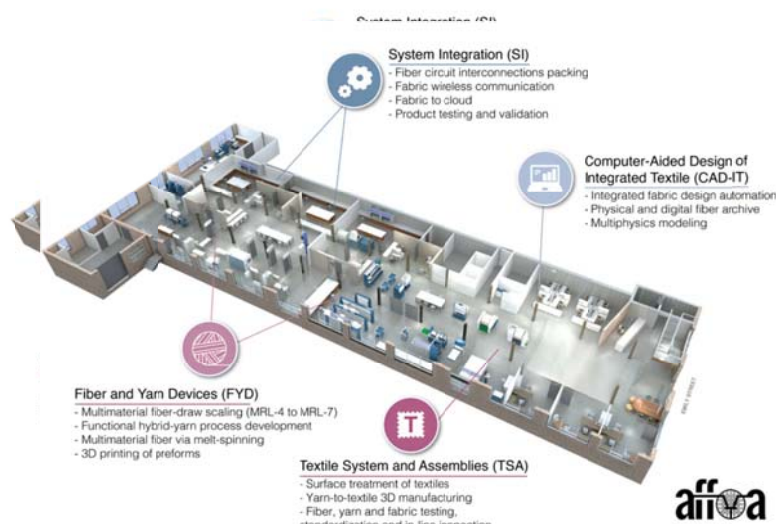


圖 5：「美國先進機能織物」創新製造協會的「織物發現中心」概念 [11]。

臺灣 15-64 歲工作年齡人口將持續減少且高齡化，製造業未來面臨缺工及勞工體力下滑的問題。臺灣工作年齡人口已於 2015 年達到最高峰後開始遞減 [13]。圖 6 以 2017 年 1,721 萬工作年齡人口數為基準，推估 2021 年將減少 52 萬人、2061 年減少 775 萬人 [13] [14]。另觀察圖 7 之工作年齡人口年齡結構，推估 50-64 歲占比上升、15-29 歲占比下降，工作年齡人口呈現高齡化之趨勢 [13] [14]。

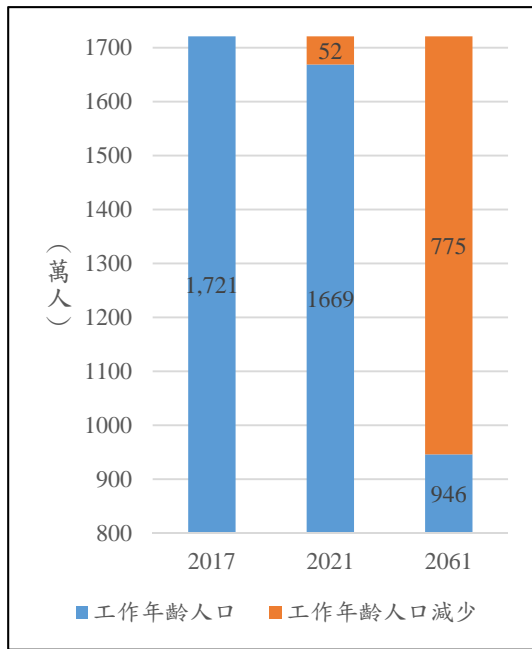


圖 6：臺灣工作年齡人口數與減少數推估 [13] [14]。

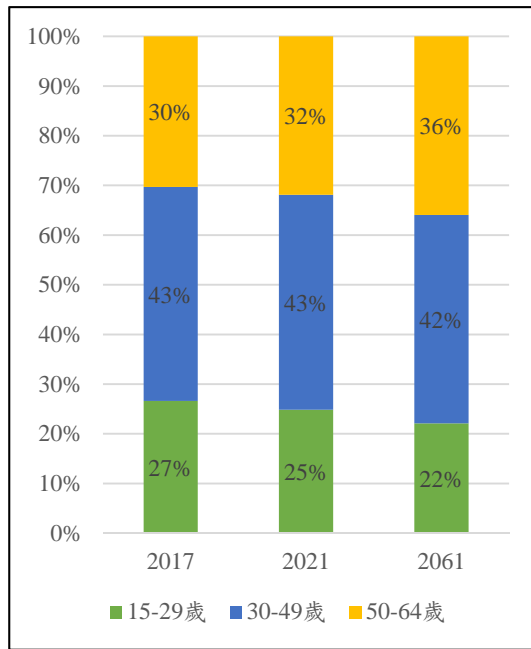


圖 7：15-29 歲、30-49 歲、50-64 歲占工作年齡人口之比率 [13] [14]。

為增加臺灣工業用設備出口之附加價值，產業界須更深化整合自動光學檢測系統於機台中，達到提高生產效率、提高產品良率、降低生產成本、降低人為失誤、與即時發現並排除問題。單機設備智慧化後的下一階段即為生產線甚至是工廠的智慧化，亦即異質設備間之互聯協調與整合，並實際且廣泛應用於國內製造業，最終帶動技術服務業發展，達到整線整廠輸出之境界。此外，半導體製造業為臺灣之重要產業，惟製造半導體之設備大量仰賴國外進口，因此，提升我國自造之技術能力迫在眉睫。本專案計畫將鼓勵研究成果實際應用於前述之三項製造業場域：整廠整線異質設備間之互聯協調與整合、自動光學檢測系統、與電子機械（半導體設備）。

本專案計畫參考國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心出版 85 頁研究報告《2025 台灣製造業—藉由形塑未來工作與生產模式來探尋潛力技術》 [15]。該研究除考量各國之製造業政策外，也納入臺灣面臨之社會問題，提供相對深入且符合臺灣現狀之發展建議。圖 8 為決定智慧機械潛力技術的步驟。第一至第四步驟參考 [15]，最後步驟排除科技部已有之相關技術的專案計畫（機器人及智慧感測器），最後篩選出 3 項資通訊技術：雲端運算與安全、預測分析以及近距離無線通訊。除前述 3 項資通訊技術外，本計畫另結合機電系統相關與資通訊之技術，以達到跨領域整合之效益（圖 9）。

本專案計畫之先期規劃團隊於2017年10月會議亦討論智慧微塵(Smart dust)及數位雙胞胎(Digital twins)等智慧潛力技術，惟兩項技術已分別由清大「微感測器與致動產學聯盟」及「智慧網實系統平台架構技術研發與應用驗證計畫」執行相關研究，因此不納入本次徵求之關鍵技術。規劃團隊進一步於2018年1月召開第二次會議，提出智慧機電系統技術應用於製造業場域之構想，如機器手臂於工廠內不同生產步驟間作協調整合。關鍵之智慧機電系統技術包括：智動機電模組及智慧連網系統。因此除前段所述之3項資通訊技術外，本計畫另結合2項機電系統相關之技術，最後鼓勵研究成果實際應用於製造業場域。(圖9)。

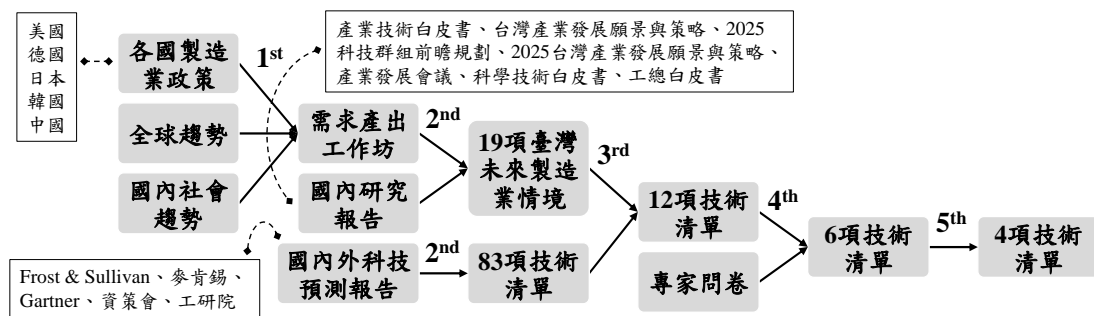


圖 8：決定智慧機械潛力技術之 5 步驟。

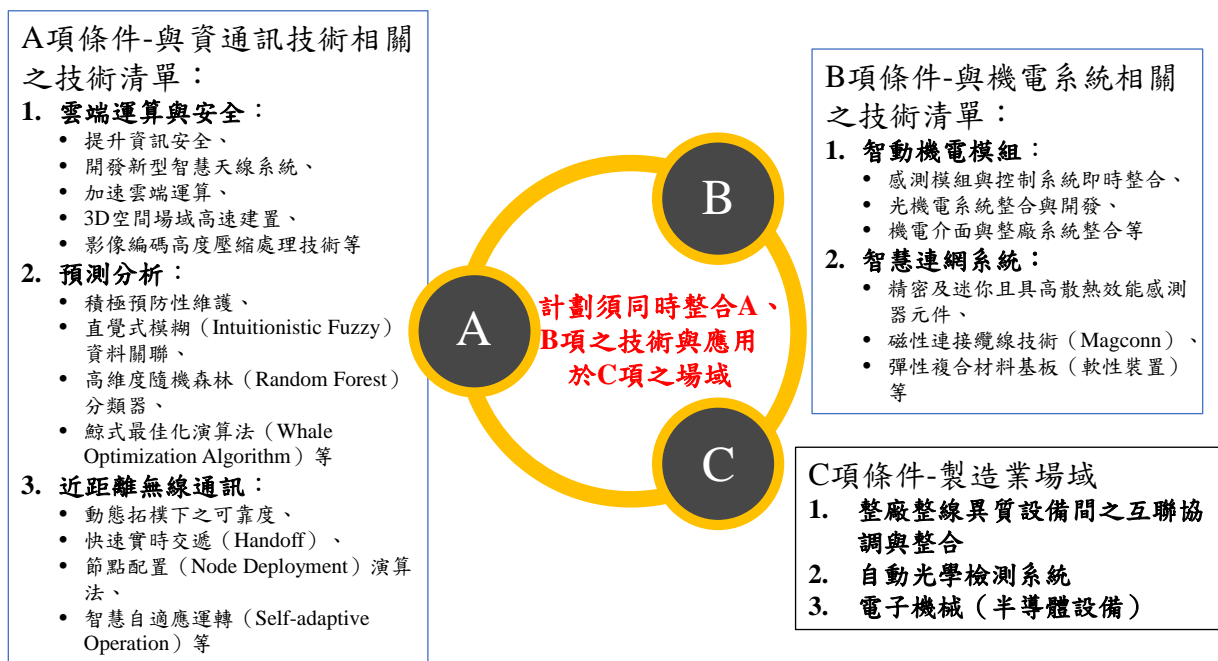


圖 9：欲徵求專案計畫內容架構。

本專案計畫透過補助研究機構執行智動機電系統暨連網技術研究，協助臺灣製造業因應未來挑戰並促進國內經濟成長。除發展獨創性與挑戰高技術門檻的高（質）值化／智能化關鍵軟硬體技術外，針對臺灣工業用機械，將提升製造業的技術自主性，以降低貿易入超；國際競爭方面，提供製造業技術研究發展之方向且加速產業升級，以利臺灣於全球市場中競爭；針對臺灣工作年齡人口之減少與高齡化，則經由智慧化臺灣製造業，達成勞工產出價值的持續成長且進一步減少勞工體力之負擔，此外，預計透過智慧技術的創新與推動，將有效降低企業 10-20% 相關製造相關成本（圖 10），更大大增加企業競爭力。

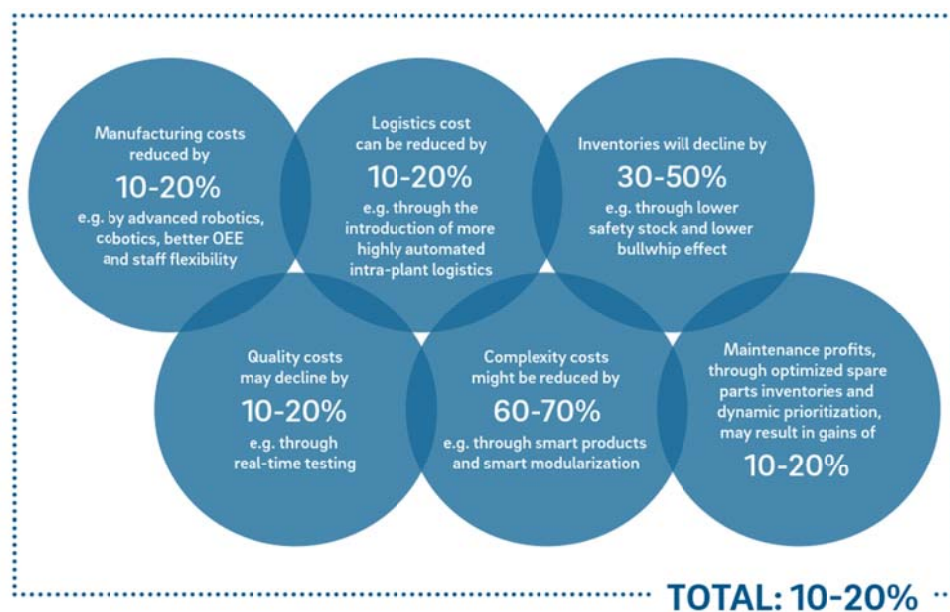


圖 10：製造業智慧技術推動將降低 10-20% 相關製造成本 [18]。

專案計畫挑戰目標:

本專案計畫由法人、學界及業界多方提供產業技術概況，並協助設定對應之技術目標，作為徵求之遴選標準。另因本計畫屬於技術整合型計畫，各挑戰技術項目執行團隊須說明世界現況與該項技術／技術整合性之挑戰目標，再經由該領域專家評判是否具有挑戰價值。

A. 電子機械 AOI 光學檢測設備：

研究內容：我國半導體產業發展已獲全球領先地位，尤其於晶圓代工領域。在 2017 年台積電達到市佔率 55.9% 領先全球，為台灣創造一成功營運模式。惟因國內半導體前段製程設備相對弱勢，不論在自製率 (<10%) 或全球市場佔有率仍缺乏競爭力。其中晶圓檢測設備產業占有關鍵地位與市場。故本計畫研究適用於半導體設備之奈米級精度、精密定位之 AOI 光學檢測設備。

挑戰目標：發展大範圍三維全域、奈米級精度、高速之奈米級掃描定位量測技術與平台，量測單位達 25×25×5 (X×Y×Z) mm，解析度須達 1.24。可應用於晶圓 CMP 研磨後表面平整度與奈米級瑕疵檢測、晶圓微影曝光後奈米級缺陷與奈米級線寬 CD 量測等。專案目標需以世界指標性廠商為標竿，在自然規律極限內，為可達之技術規格。

AOI 精密量測平台技術現況與挑戰目標

指標項目	德國 SIOS	麻省理工學院	美國 NIST	德國 PTB	荷蘭 Eindhoven 大學	專案未來目標
量測單位 (X×Y×Z) mm	25×25×5	25×25×0.1	50×50	25×40×25	100×100×100	25×25×5
各軸精度 nm	解析度 1.24	解析度 0.10 重複性 1.00 精度 10.00	解析度 <1.00	一維重複性 <10.00	不確定度 <100.00	解析度 1.24

B. 智動機電模組虛實整合雲端運算暨預測分析：

研究內容：國內工具機產業面對國際衝擊，必須從中階提升至中高階／高階層次，達到智慧化工具機已面臨第四次工業革命生產消費轉型的情境。國內目前

並未有單機模擬系統能夠整合插補、伺服、傳動、結構、主軸偏擺以及幾何誤差等模型來預測加工精度與粗糙度。目前僅中正大學整合伺服動態、幾何誤差以及主軸偏擺，而且可適用於世界三大商用控制器，但尚未整合結構動態。在世界現況方面，西門子整合單機模擬系統來預測加工精度與粗糙度，但是只能適用西門子控制器。透過開發虛實整合系統可以提升機台性能，如降低加工時間、預測加工輪廓精度及表面粗糙度等。

挑戰目標：開發虛實整合系統（Cyber physical system; CPS）以預測加工輪廓精度以及表面粗糙度。在預測加工輪廓精度方面，不同加工表面輪廓預測準確性達 92% 以上。在加工表面粗糙度方面，表面粗糙度 Ra 預測性須達 90% 以上，並基於表面粗糙度 Ra 技術上之突破，亦須同步提升表面粗糙度 Rz 值之技術於高精度加工市場中。此外，加工時間預測準確性須達 95% 以上，CNC 控制器內部資訊及感測器訊號同步性降達 1 毫秒 (ms)，藉由加值化功能提升國產工具機之附加價值。

智動機電模組預測現況與挑戰目標

指標項目	世界現況	專案未來目標
加工時間預測準確性	80%	95% 以上
不同加工表面輪廓預測準確性	70%	92% 以上
表面粗糙度 Ra 預測性	80%	90% 以上
CNC 控制器內部資訊以及感測器訊號同步性	10 ms	1 ms

C. 整合異質機台聯網：

研究內容：國內中小企業因技術與經濟能力限制下，既有設備新舊機台共存，舊機臺大多無法連網，新機臺缺乏資通技術導致也無法連網，加工數據無法儲存應用。本研究計畫開發一整合性技術，透過共通介面結合 IoT 能夠整合不同機台各種既有系統達成 Machine to Machine (M2M)。國內機台互連 M2M 整合異質網路研究，包括台大、台科大、中正、成大研究團隊；感測器控制器互連

部分，精密機械發展中心及資策會發展 SkyMars 與 Servobox 等連網軟體。在世界現況方面，目前正發展機種通訊標準，包括 3GPP、ETSI、IEEE、WiMAX Forum、WFA、OMA、TIA、CCSA NITS 等；感測器控制器互連部分，美國目前有 MTCConnect 制定工具機感測器連結標準。本計畫研究範圍為異質製造平台技術開發與網實系統升級應用驗證，將傳統單機生產模式提升到以物聯網為基礎的多機連結自動化生產，並以分析技術處理機台數據，以減少人力、提升加工精度、提高品質、降低成本與增進產線生產效率。

挑戰目標：藉由感測器使舊機臺連網，並與具連網功能的新機臺整合，使加工數據得以上傳雲端伺服器，然後透過分析產生有用資訊以改善製程。整合異質聯網促成智慧製造綜合效能提昇，目標須縮短製造週期 20% 以上，以及提升製程能源使用效率 10% 以上。目標亦須包含三要素，分別為有效解決產業界問題、具快速可重現之標準作業流程，以及須具備學理依據。

現況與挑戰目標

指標項目	世界現況	專案未來目標
縮短製造週期	無	20%
提昇製程能源使用效率	無	10%

參考文獻

- [1] 行政院主計總處, “國內生產毛額依行業分一分配比,” 2月 2018年. [線上]. Available: <https://www.stat.gov.tw/public/data/dgbas03/bs4/nis93/np16.xls>. [存取日期: 21日 2月 2018年].
- [2] 行政院主計總處, “國內生產毛額依行業分一實質成長率,” 2月 2018年. [線上]. Available: <https://www.stat.gov.tw/public/data/dgbas03/bs4/nis93/np18.xls>. [存取日期: 21日 2月 2018年].
- [3] 行政院主計總處, “歷年就業者之行業,” 3月 2017年. [線上]. Available: <https://www.stat.gov.tw/public/data/dgbas04/bc4/year/105/table13.xls>. [存取日期: 21日 2月 2018年].
- [4] 財政部統計處, “貿易統計資料查詢(一般貿易制度),” [線上]. Available: <http://web02.mof.gov.tw/njswww/WebProxy.aspx?sys=100&funid=defjsptgl>. [存取日期: 22日 2月 2018].
- [5] U. N. S. Division, "UN Comtrade Database," [Online]. Available: <https://comtrade.un.org/data/>. [Accessed 22 Feb 2018].
- [6] Advanced Manufacturing National Program Office, "Manufacturing USA - Program Details," [Online]. Available: <https://www.manufacturingusa.com/pages/program-details>. [Accessed 8 Mar 2018].
- [7] the Industrie 4.0 Working Group, "Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group," [Online]. Available: http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf. [Accessed 27 Feb 2018].
- [8] Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, "Plattform Industrie 4.0," [Online]. Available: <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/EN/Home/home.html>. [Accessed 27 Feb 2018].
- [9] 大陸委員會企劃處, “四、大陸發布「中國製造 2025」概述(企劃處主稿),” 07月 2015年. [線上]. Available: <http://ws.mac.gov.tw/001/Upload/OldFile/public/Attachment/581811412234.pdf>.
- [10] Bosch Rexroth AG, "Bosch Rexroth AG - I4.0 @ LoP2," [Online]. Available: <https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/EN/Use-Cases/368-bosch-rexroth->

LoP2/article-bosch-rexroth.html. [Accessed 28 Mar 2018].

- [11] Manufacturing USA, "Manufacturing USA Annual Report, Fiscal Year 2016," 29 Nov 2017. [Online]. Available: <https://www.manufacturingusa.com/resources/manufacturing-usa-annual-report-fiscal-year-2016>.
- [12] Advanced Functional Fabrics of America, "Timeline & Milestones," [Online]. Available: <http://go.affoa.org/events/>. [Accessed 28 Mar 2018].
- [13] 行政院國家發展委員會, "中華民國人口推估(105至150年)," [線上]. Available: https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=84223C65B6F94D72. [存取日期: 9日3月2018年].
- [14] PricewaterhouseCoopers GmbH, "Digital Factories 2020 - Shaping the future of manufacturing," 2017.
- [15] 王宣智 且 林品安, "2025 台灣製造業—藉由形塑未來工作與生產模式來探尋潛力技術," 國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心, 2016年.
- [16] 香港特別行政區 政府統計處, "香港統計年刊(2017年版)," 10月2017年. [線上]. Available: <https://www.statistics.gov.hk/pub/B10100032016AN16B0100.pdf>. [存取日期: 9日3月2018年].
- [17] Board of Governors of the Federal Reserve System, "Foreign Exchange Rates - H.10," 27 Dec 2016. [Online]. Available: <https://www.federalreserve.gov/releases/h10/20161227/>. [Accessed 9 Mar 2018].
- [18] Roland Berger, "Digital Factories," 2016. [Online]. Available: https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_tab_digital_factories_20160217.pdf.