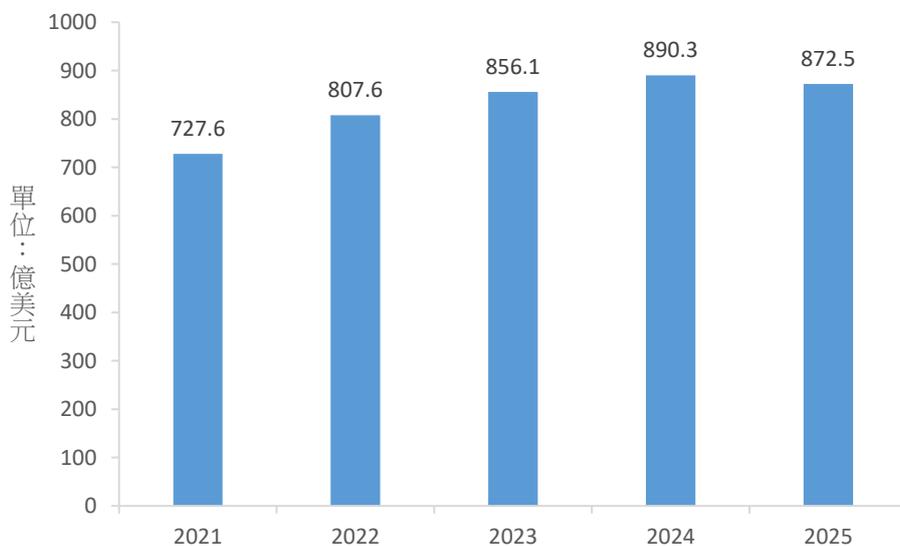


科技部工程技術研究發展司

111 年度「次世代智慧製造關鍵技術研發專案計畫」徵求公告

壹、計畫背景

依據《2021 工具機產業白皮書》之相關資料顯示，臺灣是全球工具機第 5 大出口國、第 7 大生產國，是國家製造業發展的重要支柱。工具機是一種用來加工金屬或其他材料零件的機械裝置，能改變原材料的外型，精確控制加工後可獲得零組件設計要求的尺寸精確度、表面粗度等外觀品質。高精度、高品質零組件，是生產各類工業、消費性設備與產品不可或缺的一環。例如在生產飛機、汽車、其他機械設備、3C 產品零組件製程中，都需要使用多種類型工具機。預估 2021 年全球工具機消費金額可達 727.6 億美元，較 2020 年成長 7%。2022-2024 年均可維持成長，2024 年消費金額可增加至 890.3 億美元。預測 2023、2024 年，大型商用飛機製造數量會逐漸回升到疫前水準，並使工具機消費金額維持成長。



資料來源：2021 工具機產業白皮書

圖一、2021-2025 年全球工具機市場成長預測

依據《工具機與零組件雜誌》之報導，2020 年第 1 季到第 2 季，全球經濟因新冠肺炎疫情爆發而急速下墜，直到下半年各國紛紛提出財政補貼措施、疫苗出現，全球經濟才逐漸回穩、緩步復甦，使得 2021 年工具機市場需求呈現明顯的成長。預估 2021 年臺灣工具機出口總額近 27 億美元，相較 2020 年成長 25%；如全球製造業能延續復甦之氣

勢，2022 年臺灣工具機出口將有望躍增 30% 的成長空間，並回復到 2018-2019 年的水準。《2021 工具機產業白皮書》以 2030 年為里程碑，藉由產業與政府資源的整合，期許擴大臺灣工具機產值，提升臺灣在全球工具機產業之競爭力。

表一、2030 年工具機產業發展願景及目標

<p>2030 年工具機產業發展願景</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 提升工具機產業對國家關鍵製造業發展貢獻 ● 促進工具機產業高值化 ● 提升臺灣在全球工具機產業影響力
<p>2025 年產業發展目標</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 臺灣工具機產值全球占比達到 6% ● 臺灣工具機出口金額全球占比達到 8% ● 車床、加工中心機出口單價，較 2016~2020 年平均值增加 10% ● 臺灣工具機進口金額，較 2016~2020 年平均值減少 10% ● 工具機整機廠商附加價值率提升到 26~28%
<p>2030 年產業發展目標</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 臺灣工具機產值全球占比達到 8% ● 臺灣工具機出口金額全球占比達到 10% ● 車床、加工中心機出口單價，較 2016~2020 年平均值增加 20% ● 臺灣工具機進口金額，較 2016~2020 年平均值減少 20% ● 工具機整機廠商附加價值率提升到 30~32%

資料來源：2021 工具機產業白皮書

過去幾年來，為了積極落實行政院推動之 5+2 產業創新政策，科技部在 106-109 年規劃推動「智慧製造關鍵技術之創新科技研發與應用計畫」，架構了製造物聯雲、先進感測技術，並以 Robot inside 智能加工、結合線上 3D 定位之數位檢測系統、雲端與網路提升製造智能化及巨量資料於智慧製造之應用。科技部在前瞻科技發展上，除了延續過去的計畫成果所奠定的基礎，更需要創新智慧製造之研究方向，因此本專案將以發展次世代智慧製造為目標，導入先進控制技術、高效率先進加工與智慧排程技術與高速網路相關技術於智慧製造中，以提升臺灣在智慧製造的核心技術能力。

在次世代智慧製造的關鍵技術中，控制器扮演相當重要的角色，無論在數據收集、動態分析、系統優化或是雲端製造方面，控制器如同智慧製造的大腦。然而過去臺灣對於控制器方面的技術與國際大廠仍有落差，因此國內大部分先進 CNC 控制器市場仍由日本 FANUC、三菱以及德國西門子、海德漢等公司所壟斷。以高階控制技術而言，國

內相關廠商仍無法突破在高速高精度的技術門檻，因此發展相關的先進控制技術是刻不容緩的議題，而結合 AI 晶片與控制器也是控制器發展的關鍵技術。

近年來，工業上對於高速網路的需求愈來愈高，例如由於高速網路具有低延遲、高頻寬以及大容量之通訊應用外，使得透過 AR、VR 等虛擬實境的技術能達到遠端維修的目標。高速網路包含目前的 5G 通訊行動平台以及 Wi-Fi 6 或 Wi-Fi 6E 等架構已經相當成熟，配合 Time sensitive network 的技術，使得高速通訊的應用範疇更為廣泛，例如結合高速網路與伺服驅動與邊緣運算的研究以及機器人人機協同的互動等。

次世代智慧製造技術離不開人工智慧的發展，過去幾年來，雖然人工智慧在影像以及語音辨識方面的進展快速，但是將 AI 技術應用於智慧製造上的商品化技術仍相當有限。部分原因乃是由於製造技術的多樣性，針對特定製程所開發的 AI 機器學習技術，並無法適用於其他製程。另一個問題是 AI 技術的強健性不足，這是由於當前的機器學習模型通常是在安裝之前所訓練的模型，但是此模型未必能適應現場的新數據集，如何達到線上學習所需要的技術包含線上自動標示特徵、透過線上調整參數等最佳化，遷移學習(Transfer Learning)或持續學習的功能，來因應次世代智慧製造的需求乃是本專案計畫發展的目標之一。

為因應節能、負碳排(carbon negative)的發展趨勢，本專案計畫希望能透過人工智慧或是智能化技術來達到節能減碳的目標，例如開發微量潤滑劑加工技術來達到降低切削液汙染，或透過加工參數優化以達到低耗能切削加工的目標等。

除了工具機相關的產業外，電子設備也是臺灣未來機械設備發展最關鍵產業之一。根據《2021 台灣電子設備產業白皮書》，在打造半導體先進製程中心、亞洲高階製造中心過程中，如能針對智慧檢測設備及關鍵零組件之技術進行開發，將可以將此技術廣泛應用於半導體後製程、先進封裝製程以及 micro-LED 晶片製程，使得臺灣半導體產業更為堅實完整，同時可推動臺灣高科技產業之長期發展，以保持臺灣在電子產業的領先地位。

貳、計畫目標

- 一、開發先進控制技術，以協助工具機、放電加工、模具沖壓等產業，發展智慧補償系統技術、伺服與插補參數優化、曲線平滑化技術等控制技術。
- 二、結合人工智慧(AI)晶片與控制器來設計 AI embedded 控制器，以提升國產控制器的技術能量。

- 三、開發高效率先進加工技術，其中包含三軸以及五軸工具機的 CAM 程式產出，加工參數優化、表面品質以及節能減碳等目標。
- 四、開發線上機器學習的技術，透過線上自動特徵標示、轉移學習、持續學習等，將機器學習能有效落地應用於智慧製造場域。
- 五、應用高速網路如 5G 或 Wifi 6 等技術，建構感測器、控制器以及邊緣運算平台之通訊系統。
- 六、結合製程、自動化設備以及資料庫系統以建構雲端平台，並達到智慧化排程與管理之目標。
- 七、開發電子設備或是半導體製程設備之共通性量測檢測模組，將量測模組應用於半導體後製程、先進封裝製程以及 micro-LED 晶片製程。

參、計畫內容

本專案計畫公告徵求之研發重點包含：先進控制技術研發、高效率先進加工與智慧排程技術、高速網路於智慧製造之應用與服務、電子或半導體製程設備之量測檢測模組等 4 項，分項說明如下：

一、先進控制技術研發：

在控制器技術方面，西門子在五軸控制器方面提出了「Top Surface」優化曲面加工技術，採用先進的預讀技術和智能程式壓縮、平滑等功能，能在線上優化 CAD、CAM 的 NC 數據，因此能在模具製造中達到高速、高精銑削加工與精密的加工表面品質。德國海德漢公司除了五軸刀具尖點控制技術外，對於智能化功能如共振抑制、適應性切削以及參數優化等都有相當完整的方案。三菱則採用奈米插補技術，小線段處理程式每分鐘單節預讀可達 270K，並採用 SSS (Super Smooth Surface) 控制，大幅降低振動，提升了加工精度和加工品質。

在五軸加工之先進加工技術方面，實現三軸無法加工的複雜造型零件，特別是複雜曲面造型加工，應用於包括航空產業的機身結構框架，單片機翼表面與特殊零件加工；能源工業的壓縮機葉片，發電機組渦輪扇葉與高效率風扇；汽車產業如車身模型製作，車身鈹金沖壓模面加工，車燈模反射紋路模面加工，輪胎模具製作；模具工業的細微清角加工與鞋模開發；生醫齒模製作；甚至造船產業的船舶高效推進器葉槳等。因此五軸加工在關鍵零組件的製造，扮演極關鍵角色。五軸工具機由於在組裝上，不論是平行度、垂直度以及旋轉軸的中心點，均較難量測，因此必須

依賴精確的幾何補償技術，然而五軸工具機的幾何誤差眾多，故在量測上必須先補償對於精度影響較大的因素，如旋轉軸中心位置以及偏擺角度等，另外五軸工具機的操作較為複雜，因此防碰撞機制更為重要，再加上五軸加工程式大都仍依賴有經驗的工程師，並無一套系統化的方式來評估加工程式的優缺點，因此為執行五軸工具機的高效加工，相關重點技術如智慧補償系統技術，以建立線上(On-line)量測與補償機制，為提升五軸加工效率的重要課題。五軸工具機幾何誤差的量測可透過干涉儀、位移感測器、角度分割儀及自動視準儀等，針對線性軸及旋轉軸與搖擺軸進行靜/動態誤差檢測，量測誤差包括軸向幾何誤差、工作台迴轉精度及循跡精度等，瞭解機器精度誤差來源並分析，以建立五軸加工之自我補償技術。另一方面，五軸工具機的加工誤差可能來自各軸加工過程中的熱變形或切削顫振等因素，由線性光學尺或角度編碼器即時自我偵測與補償加工，改善五軸加工工件的尺寸精度和幾何精度。

本分項的技術項目可區分為：

(一)AI embedded CNC 控制器：由於客製化 AI 晶片的腳步愈來愈快，AI 晶片必須整合 IC 設計、製造、封裝，甚至到應用端，如能將已研發的智能化技術整合至 AI 晶片與 CNC 控制器，像是切削工具機的主軸溫度補償、元件線上健診、非接觸式加工(如放電或電解等)的間隙電壓控制、加工參數與控制器參數自我調校等 AI 加值技術，融入至 CNC 控制器上，應用 AI 晶片以提升 CNC 控制器的性能，將是 CNC 控制器先進控制的關鍵技術。在 CNC 控制上，由於金屬切削、模具加工或是放電加工時，加工路徑通常是曲線或是小線段，因此對於曲線平滑化控制器以及小線段預讀技術，乃是控制器的核心技術，而先進控制除了路徑插補與規劃外也包含伺服控制，優化控制與插補參數對於達到高速與高精度會有相當重要的影響，因此本子項的前瞻研究議題包含 AI embedded 系統開發、AI model reduction 技術開發、五軸高階控制器研發以及 FPGA model packaging 技術。

(二)智慧量測與補償技術：

對於五軸加工機、放電加工或是雷射加工而言，智慧量測與補償系統乃是提升機台精度最重要的因素之一。以溫升熱補償技術為例，目前的熱補償技術所建立的 AI 模型大都是於離線訓練完成後，再將其安裝於控制器或是機邊電腦進行熱變位預測，然而隨著時間的飄移以及加工環境的變異，熱補償模型的準確度將下降，如何導入線上學習技術，使得熱溫補模型可因應時間或是環境改變

而自行調整，乃是本子項的重點之一。對於加工工件品質的估測與檢測方面，雖然透過量測振動、電流或是工件的表面粗糙度可以建立預測加工品質的模型，但其模型通常是學習完成後即固定，無法自適應性調整，如何在加工條件以及不同刀具下，導入線上學習技術後讓模型自我進行再學習與優化，使模型更加強健，也將是本子項的重點。除了上述的議題外，智慧量測與補償還包含刀具斷刀以及磨耗估測、五軸工具機空間誤差量測與補償等議題。在軟硬體實現方面，可以導入現有的PC-NC架構，以進一步實現「加工品質即時智慧決策系統」等智能化技術。本子項主要研究議題包含**持續學習技術、線上學習技術、轉移學習技術、軸向熱溫補、主軸熱溫補技術、五軸工具機空間補償技術、線上加工品質估測、刀具狀態估測與模型優化技術。**

二、高效率高先進加工與智慧排程技術：

(一)先進加工技術：包含CAM程式自動產生、加工參數優化、超音波加工、多軸工具機防碰種技術、線上斷刀、刀具磨耗偵測及耗能等技術議題。本子項的載具除了工具機之外，也包含如放電加工、雷射加工以及沖壓成型等加工技術，如何優化加工參數與加工品質、降低能耗將是本子項的研究重點。**主要研究議題包含加工CAM程式自動產生技術、高速高精雷射加工技術、高速放電加工技術、線上即時防撞技術、以及節能與減碳技術。**

(二)生產排程智慧化：根據產線即時的突發狀況(例如工序中需額外處理或臨時的工時異動)，自行以交期、機台負載、機台健康狀態、產能等多目標進行最佳化評估，使排程可快速調整以更貼近當下生產之需求。**主要研究議題包含智慧化排程技術與少量多樣製造系統規劃。**

三、高速網路於智慧製造之應用與服務：本分項首先必須建構高速網路的平台與服務，透過此高速網路所開發的技術內容分別為基於高速網路之混合實境教導(AR、VR)以進行教育訓練、遠端售後服務，或是基於高速網路之多機與多感測器聯網之診斷養護，開發多重感知融合系統，並可支援多種感測如溫度、振動、聲音等，感測模組可嵌入於工具機關鍵零組件，建立物理量、誤差或壽命等訊號的相關資訊，使工具機零組件達到智慧化功能，並架構智慧服務的技術與內涵。**主要研究議題包含應用5G通訊行動平台、Wi-Fi 6或Wi-Fi 6E等高速網路場域與技術，進行智慧製造應用與服務。**

四、電子或半導體製程設備之量測檢測模組：例如針對白光干涉模組、共焦感測模組、IR顯微模組、結構光感測模組、膜厚檢測模組與雷射光路模組等技術進行開發，前

述模組具有共通性，可以廣泛應用於半導體後製程、先進封裝製程以及 micro-LED 晶片製程。主要研究議題包含超解析奈米量測光機模組開發、次微米級封裝微深孔量測模組開發、智慧型瑕疵檢測與分類模組開發、白光干涉模組與共焦感測模組開發、膜厚檢測模組與雷射光路模組開發。

肆、計畫申請及審查

一、計畫申請

- (一) 申請機構及計畫主持人必須符合「科技部補助專題研究計畫作業要點」規定之資格。
- (二) 計畫主持人以申請一件本專案計畫為限。
- (三) 申請案必須為單一整合型計畫。
 1. 由總計畫主持人將所有子計畫彙整成一本計畫申請書(總計畫主持人須執行 1 件子計畫)，且至少需包含 3 件子計畫(含總計畫主持人執行之子計畫)以上，並由總計畫主持人任職之機構提出申請。
 2. 計畫經審查通過、核定補助後，主持人按科技部規定列入執行科技部專題研究計畫計算件數，共同主持人不列入執行科技部專題研究計畫計算件數。
- (四) 請於計畫名稱後加註所申請之主要研發項目。
 1. 本專案計畫公告徵求之研發重點包含：先進控制技術研發、高效率先進加工與智慧排程技術、高速網路於智慧製造之應用與服務、電子或半導體製程設備之量測檢測模組等 4 項。
 2. 若申請之研發重點主要為「先進控制技術研發」，請於計畫名稱後加註(A)。若申請之研發重點主要為「高效率先進加工與智慧排程技術」，請於計畫名稱後加註(B)。若申請之研發重點主要為「高速網路於智慧製造之應用與服務」，請於計畫名稱後加註(C)。若申請之研發重點主要為「電子或半導體製程設備之量測檢測模組」，請於計畫名稱後加註(D)。
- (五) 計畫書中須詳述擬研發之目標技術，其國內外現況以及與標竿技術之比較。
 1. 目標技術之國內發展現況、國際發展現況、與國際標竿技術之比較(需有明確規格與數據)。
 2. 藉由本項整合型計畫之投入，目標技術預期可提升程度(分年達成目標以及 4 年全程之最終目標)、與國際標竿技術之比較(需有明確規格與數據)。
- (六) 計畫書須明確說明每季技術發展里程(Roadmap)、查核點、評量指標及最終效

益，以做為審查委員查核之依據。

- (七) 本專案計畫以強化產學合作、落實產業應用為目標，故學界研究團隊提案時必須邀請國內業界參與共同執行，並提供「合作企業參與計畫意願書」(格式詳如附件 1，請附於 CM04「四、整合型研究計畫項目及重點說明」之後)，請具體敘明合作企業參與方式、合作內容，例如提供軟硬體設備、提供實測場域、提供研發人力、投入配合款...等。
- (八) 本專案計畫鼓勵與國際上具代表性的學界或業界進行國際合作，以槓桿國際研發能量。
- (九) 本項專案計畫每年度申請總經費以不超過新臺幣 1,000 萬元為限。
1. 基於資源有限，本專案計畫以不補助購置大型硬體設施或軟體為原則，請強化學界現有設施及平台之共用與協調支援，以使有限資源發揮最大效益。此外，鼓勵業界及校方投入資源，與科技部共同推動本項專案計畫。
 2. 除 CM05「五、申請補助經費」之外，請一併上傳 CM05-2，以利審查委員瞭解總計畫及各項子計畫之經費編列情形。
- (十) 本專案計畫為分年核定之 4 年期(111-114 年)計畫，執行期間預計為當年度 6 月 1 日起至翌年 5 月 31 日止。每年進行考評，考評通過者始核給下一年度計畫。科技部除了淘汰執行成效不佳之計畫團隊外，亦得整併計畫團隊與調整計畫成員、調整計畫執行內容。
- (十一) 申請程序：
1. 請計畫主持人及團隊成員依「科技部補助專題研究計畫作業要點」相關規定，研提計畫申請書(採線上申請)。計畫申請人之任職機構應於 111 年 3 月 10 日(星期四)前函送達科技部提出申請(請彙整造冊後專案函送)，逾期恕不受理。
 2. 申請書表格請採用科技部一般專題研究計畫之計畫書格式。線上申請時，請選擇「專題類-隨到隨審計畫」，計畫類別請選擇「一般策略專案計畫」，計畫歸屬請選擇「工程司」。研究型別請選擇「整合型計畫」，學門代碼請選擇「E9839 先進製造技術」。
 3. 考量本專案計畫為單一整合型計畫，CM03「三、研究計畫內容」之篇幅上限調整為 50 頁，超頁部分不予審查。
- (十二) 有關本專案計畫相關問題，請洽科技部工程司杜青駿研究員，電話：(02)27377527，電子郵件信箱：cctu@most.gov.tw。有關線上申請系統操作問

題，請洽科技部資訊系統服務專線，電話：(02)27377590、27377591、27377592，
電子郵件信箱：misservice@most.gov.tw。

二、計畫審查

(一) 審查作業包括初審及複審，如有必要，將安排計畫主持人、共同主持人或合作企業出席審查會議，簡報計畫內容、針對審查意見進行回覆說明，或至申請機構實地訪查。

(二) 除「科技部補助專題研究計畫作業要點」所列審查重點、以及工程司「專題研究計畫審查意見表」所列審查項目之外，本專案計畫審查重點包含：

1. 對目標技術之國內外發展現況、標竿技術規格與技術缺口之掌握，擬開發之目標技術是否確為業界所需，技術發展里程、查核點、評量指標、分年執行內容及階段性里程碑(milestone)、最終效益之妥適性。
2. 國內外標竿技術規格之掌握與比較，研發成果超越標竿技術規格之可行性。
3. 研發成果落實於產業應用之可行性，對國內產業之具體助益等是否明確。
4. 合作企業之代表性、參與本專案計畫之實質投入程度、對於學界團隊研發成果之技術承接與開展能力。

(三) 本專案計畫無申覆機制。

伍、計畫考核

一、依「科技部補助專題研究計畫作業要點」於期中各年計畫執行期滿前2個月至科技部網站線上繳交進度報告，全程計畫執行期滿後3個月內至科技部網站線上繳交研究成果報告以及辦理經費結報。

二、每季或不定期(依科技部通知)繳交執行進度或績效指標達成情形等資料，供科技部或行政院科技會報辦公室...等檢視執行進度與執行成果。

三、計畫執行團隊須出席科技部舉辦之實地訪視(各計畫團隊均須出席)，並由科技部邀請之審查委員檢視各計畫團隊之執行成果，同時加強跨計畫團隊間之互相觀摩。

四、計畫執行團隊須出席科技部舉辦之成果展、成果發表研討會或技術媒合會...等，以加速將研發成果推廣至產業應用。

五、科技部邀請審查委員進行書面審查及實地訪視之審查結果，成果展、成果發表研討會或技術媒合會，年度成果考評之審查結果，將做為是否核給下一年度計畫之參考。此外，科技部得依據審查結果，調整計畫內容及經費(含刪除計畫共同主持人、刪減經費等)或提前終止計畫。

陸、其他注意事項

- 一、本計畫之簽約、撥款、延期與變更、經費報銷及報告繳交等應依科技部補助專題研究計畫作業要點、專題研究計畫經費處理原則、專題研究計畫補助合約書與執行同意書及其他有關規定辦理。
- 二、各年度所需經費如未獲立法院審議通過或經部分刪減，科技部得依審議結果調整補助經費，並按預算法第五十四條規定辦理。
- 三、其餘未盡事宜，應依科技部補助專題研究計畫作業要點、補助專題研究計畫經費處理原則、專題研究計畫補助合約書與執行同意書、及其他相關規定辦理。

附件 1：合作企業參與計畫意願書

111 年度「次世代智慧製造關鍵技術研發專案計畫」

合作企業參與計畫意願書

本企業（名稱：_____）參與科技部「次世代智慧製造關鍵技術研發專案計畫」（計畫名稱：_____，主持人：_____），同意並遵守下列合作事項：

- 一、...（提供研究經費、軟硬體設備名稱及數量、研究人力(如研發工程師)人數及參與方式...等等）
- 二、...（提供實務場域供測試驗證...等等）
- 三、...（技術移轉費用...等等）
- 四、...（配合舉辦公開成果發表會等技術推廣活動...等等）
- 五、...（啟動後續產學合作經費與時程...等等）

本企業所提供之本計畫申請書內容及各項資料，皆與本企業現況及事實相符。如有不實情事，本企業願負一切責任。特此申明，以茲為憑。

此致

科技部

合作企業負責人：_____（簽章）

合作企業印鑑：

中華民國 年 月 日