

國科會工程處學門主題式計畫

「綠色智慧製造與自動化技術之整合與開發」

計畫徵求公告

壹、計畫背景

政府政策長期致力推動智慧機械相關計畫，於105年7月由行政院院會拍版通過「智慧機械產業推動方案」，以「連結在地」、「連結未來」及「連結國際」三大推動策略作為推動智慧機械產業發展的開端；並於108年「智慧機械產業推動方案進度及成果」報告中持續推動設備聯網與數據可視化，協助國內機械與製造業導入設備聯網生產管理可視化與智慧化應用，進而提升國際競爭力。蔡總統於2020年就職典禮中宣示，基於5+2產業創新基礎上，持續推動六大核心戰略產業，智慧機械就是其中的一個重要環節，「智慧機械與製造」將是我國未來產業升級及轉型之重要基礎。

面臨氣候變遷對環境、人類生存與國家安全等威脅，全球已有130多國提出「2050淨零排放」的宣示與行動。根據Frost & Sullivan報告指出，2020年工業部門佔全球溫室氣體排碳量24.2%，2021年全球能源和工業生產過程產生的CO₂高達363億公噸，工業必須實踐脫碳才得以將全球上升均溫在2050年時控制在1.5°C以下。因此，歐盟的碳邊界調整機制(CBAM)於2023年10月開始試運行，2026年1月將正式開徵碳關稅機制，以期達成歐盟2050年碳中和。美國的清潔競爭法案(CCA)於2022年6月正式提出，預計於2023年完成立法，2024年可能開始正式執行。此外，近兩年在美中貿易戰和新冠疫情雙重威脅下，全球許多企業紛紛遷移供應鏈或新設生產基地，生產製造設備在智慧製造產業中扮演關鍵角色，伴隨全球暖化議題被高度關注之下，減碳與課徵碳稅的議題已逐漸取得共識。因應此波綠色永續之潮流，蔡總統亦於2021年4月22日世界地球日宣示，2050淨零轉型是臺灣的目標。政府隨後於2022年3月及12月分別公佈「臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明」及「12項關鍵戰略行動計畫」，並於2023年1月核定「淨零排放路徑112-115年綱要計畫」，針對淨零碳排目標進行各面向的減緩與調適，對外展現我國邁向淨零排放目標之決心。

配合2030科技願景六大主軸政策，在智慧製造與綠色轉型推動下，我國製造業正面臨巨大轉型壓力。為此，由工具機、製程設備、機聯網、智慧機械、智慧製造衍生整合發展人工智慧物聯網技術(AIoT)，透過AI機器學習、深度學習及認知能力來強化IoT；藉由邊緣運算，使生產製造設備從「自動化」逐漸轉變為「智慧化」，並結合綠色優化技術將物聯網應用在智慧製造領域，範圍涉及「生產製造」與「能源優化」，將有助於下一階段提升生產力及加快綠色生產效率的進行。依據國際能源總署(IEA) 2021年所發佈淨零路徑規劃報告做為各國規劃淨零排放政策參考方向，透過發展再生能源(綠色能源)、提高能源使用效率、民眾行為改變、用能設備電氣化、碳捕捉及再利用等幾項主要技術達到2050淨零排放目標；其中，與智慧製造周邊相關議題，例如再生能源發電整合與調配、能源使用效率、設備電氣化及行為改變等項目皆和能源管理有直接相關性。如：依據氣候、室內溫濕度、人員活動狀態等，進行空調/照明系統之最適化；在工具機領域可針對周邊馬達、泵浦、冷卻系統、油壓、空壓系統等進行能耗監控。以工具機製造至後端應用為例，其碳排放量約佔97%以上，因此，能源使用效率的提升，是降低能源使用量與減少碳排放最直接有效的方式。此外，導入AIoT相關技術，並利用AI模型與演算法優化製程及能源使用，可取得對智慧製造最佳之使用條件。透過跨領域合作研究，達到上述議題之理想與目標，是本專案計畫之目的及重點方向。

貳、計畫目標與主要研究議題

本主題式計畫以「綠色智慧製造與自動化技術之整合與開發」為主題，透過整合製造場域能源需求端與供給端之設備及製程(如工具機、機電系統、智慧機械、智慧製造、再生能源及儲能設施...等)，並結合高階AIoT技術之研發，以有效整合方式達成節能減碳與製造效率之多目標優化，讓供電(綠電)效益極大化，用能成本最小化，同時兼顧電能供需之平衡性、安全性與可靠性。透過系統的有效構建場域內外部設備(如工具機、機電系統...)，採用高階AIoT技術的開發與整合，精確掌握現行場域之能耗問題與碳排熱點，進以

智慧優化邏輯及程序求解，迅速提升需求面之能源使用效率，加大減排力道，優化能源需求端之效能。另，藉由高效整合再生能源(綠色能源)之運轉模式，強化能源供給面之穩定性、強韌性及潔淨性，經由先進自動化技術之開發及整合以進行能源供給面(如再生能源及儲能設施....等設備)之效能優化。結合供需兩側之最佳化管理與調適能量，以達成產業淨零排放與永續發展等之目標。

本專案計畫係結合工程處自動化學門內各專長領域學者，開發並整合智慧能源與淨零技術，優化我國製造產業之能源使用的效率與管理，邁向環境、社會和企業治理(ESG)與達成淨零碳排等目標。該計畫擬在現有能源管理之在線監測，建模仿真及優化管控等技術基礎上，運用數位化新興方法技術，如人工智慧物聯網技術(AIoT)、資料探勘技術(Data Mining)、雲端高性能運算技術(Cloud Computing)及先進仿真之數位孿生技術(Digital Twin)...等，強化其管理系統之運作功能與效能，突破現行能源之「產、輸、配、用」之不對稱、不透明、低效率及高風險窘況，推進製造場域之能源供給與消費模式朝向智慧化低(零)碳轉型，同時兼顧智慧能源管理優化及減排技術相關人才之培育，以保有我國製造業所需之智慧淨零科技與人才優勢之國際競爭力。其主要研究議題如下：

一、應用AIoT於生產製造上之能源與碳排的管理

馬達系統的電能消耗量高達全球總量的50%以上，其中約30%被工業系統消耗，在馬達驅動系統，採用AIoT技術及智慧控制技術，來降低馬達能耗。應用Digital Twin及AI技術來優化產品的設計與製造、及設備之健康診斷與預知保養。採用性能優化、電動化、高效化、輕量化等系統化創新設計，以提升產品能源資源利用效率，降低碳排放量。發展應用於儲能系統之安全偵測之AIoT技術，可即早自動送出警告，防範熱失控等意外。

二、結合AIoT於製造執行系統之優化技術

過往智慧製造之AIoT應用研究較側重於如何提升(優化)機台及製程等之運

行效率、運作成本或良率品質之精進，缺乏對能耗與碳排等減量優化之探討，透過「綠色智慧製造與自動化技術之整合與開發」納入節能減排因子，並運用AIoT技術優化加工設備與製程之運作效能，達成淨零碳排之目標。在工廠之5G網路系統架構上，結合AIoT技術，納入節能設計，在生產流程即時提供的產線數據來智能優化製程，減少資源損耗，並提升產品品質，並降低製造成本。

三、節能與製造效率的多目標優化

生產製造所面臨的問題包括生產排程、產品交期、減少能耗、減碳及良率... 等目標，藉由人工智慧等技術研發多目標最佳化的智慧優化排程與管理，同時進行用電機制之優化調配以降低生產與能源成本。多目標優化預計將整合智慧製造之製造效率與節能績效等最關鍵的二個目標，權衡二者間所可能產生之衝突及風險，優化整體效益。

四、應用智慧型自動化技術之多元能源的智慧調度與控制策略

製造業所需之能源包括電能(火力、太陽能、風力、生質能、氫能、水力等)、儲能、熱能、高壓空氣、蒸氣、冷能等多元能源，因各能源響應速度不同，目前技術並無與製程設備整合控制，需透過綠色創能、穩定儲能、智慧用能等系統整合多面向調度及控制多元能源。

參、計畫申請及審查

一、計畫申請

(一)申請機構、計畫主持人及共同主持人必須符合「國家科學及技術委員會補助專題研究計畫作業要點」相關規定。

(二)計畫主持人以申請1件本項學門主題式計畫為限。

計畫主持人除了申請本項學門主題式計畫之外，亦可再同時申請學門大批專題研究計畫，惟請留意計畫內容之差異性，並應將本項學門主題式計畫列為第一優先執行。

(三)本項學門主題式計畫請以三年期計畫、單一整合型計畫進行規劃。

- 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，主持人列入執行國科會專題研究計畫計算件數，共同主持人不列入執行國科會專題研究計畫計算件數。
- 3.請加強說明整合型計畫之總計畫與各子計畫之關聯性、分工合作架構、整體應用情境等，以強化整合之必要性。每一年度預計達成之技術指標及目標需說明進步性或應用連貫性，並針對研發之主題提出相關之應用場域規劃。
- 4.有關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。

(四)計畫總主持人及團隊成員以自動化學門為主，並鼓勵跨領域合作，共同組成研究團隊。請於表 CM04「四、整合型研究計畫項目及重點說明」中說明總計畫主持人及各子計畫主持人之所屬學門、專長領域與分工合作規劃。

(五)計畫書中須詳述預計研發之目標技術、國內外發展現況以及與標竿技術之比較、查核點及最終效益。

- 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.藉由本項學門主題式計畫之投入，每季及每年度預計達成之技術指標及查核點，目標技術預期可提升程度(分年達成目標以及3年全程之最終效益)、與國際標竿技術之比較(需有明確規格與數據)；並應以補強關鍵技術缺口、具體可行的產業應用情境、明確之產業需求為目的。

(六)為能充份展現計畫執行之具體成效，基於上述4項主要研究議題所衍生之智慧淨零技術，在生產製造或設備運行時，其品質、規格、與效率等要求均能確保維持下或更優化的情況下，各計畫須依其研究性質，針對「能源使用效率提升之百分比」、或「節能效率提升之百分比」、或「再生能源效率提升之百分比」，或「能源循環再利用率提升之百分比」等，在研究計畫申請書中，需明列：技術亮點、自訂可供查核其效率提升的評量指標、及研發成果驗證方式。

(七)本項學門主題式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1-2，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)本項學門主題式計畫每年度申請總經費以新臺幣700萬元為上限。

1.基於資源有限，本項學門主題式計畫以不補助購置大型硬體設備或軟體為原則，請強化學界現有設備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，與國科會共同推動。

2.除CM05「五、申請補助經費」之外，請一併上傳CM05-2，以便審查委員瞭解總計畫及各項子計畫之經費編列情形。

(九)申請程序：

1.請計畫主持人及團隊成員依「國家科學及技術委員會補助專題研究計畫作業要點」及國家科學及技術委員會專題研究計畫申請書格式，研提計畫申請書(請於國科會網站(<https://www.nstc.gov.tw/>)登入「學術研發服務網」，完成線上申請作業)。計畫申請人之任職機構應於國科會規定之申請截止

日期前函送達國科會提出申請(請彙整造冊後專案函送)，逾期恕不受理。

2.線上申請時，計畫類別請選「專題類-隨到隨審計畫」項下之「一般研究計畫」，研究型別請選「整合型計畫」，計畫歸屬請選「工程處」，學門代碼請選「E91學門主題式計畫」項下之「E9101自動化技術於淨零碳排之應用」。

3.請於計畫名稱前加註「學門主題式計畫：」，以利識別為申請本項學門主題式計畫。

(十)經審查後未獲推薦之計畫申請案，不得轉入學門大批專題研究計畫中審查，亦不接受申覆。

二、計畫審查與考評

(一)計畫審查重點

- 1.計畫主持人之研究績效表現、產業應用面之研發成果與協助業界之實際效益、計畫執行經驗與、領導與協調能力。計畫共同主持人之研究績效表現、產業應用面之研發成果與協助業界之實際效益。
- 2.計畫主持人及共同主持人之所屬學門、專長領域與分工合作規劃。
- 3.計畫之研究主題應著重於創新性、前瞻性及應用性，對於綠色智慧製造與自動化技術的重要性、需求性、實務性，並結合學界研發能量及產業技術需求。計畫書應敘述國內外研究與技術發展現況，導引規劃多年期之技術平台發展藍圖。尤以解決開發綠色智慧製造與自動化技術之關鍵突破點，以精進及完善其運作效力，提高技術之落地應用性為要。
- 4.計畫書需分年陳述執行內容，並具體說明每一年度研發成效與查核點、年度技術指標及目標之進步性或應用連貫性。研發成效

須著重實際產出之軟體、硬體或系統整合等之技術對學術或產業之貢獻，及與國際標竿之比較。查核點須說明所發展之綠色智慧製造及自動化技術之績效量化評量指標與驗證方式。

5. 整體計畫分工架構，各子計畫之關聯性與整合程度。經費申請及人力規劃之合理性。
6. 預期完成之工作項目與預期成果之妥適性，除一般性學術成果指標外，應提供具體技術指標，尤其是場域應用驗證規劃、產業應用之具體性與可行性、解決產業實務問題的達成度等。

(二) 計畫考評機制

1. 本項學門主題式計畫經審查通過者，補助分年核定之多年期計畫(至多為3年期計畫)。每年辦理期中考評與期末考評，考評未獲通過者，將予退場，不補助下一年度計畫。此外，國科會得依據審查結果，調整計畫執行內容及經費(含刪除計畫共同主持人、刪減經費等)或提前終止計畫。
2. 期中考評與期末考評之重點包含：計畫執行進度與成果、研發之技術項目是否為業界需要之關鍵技術、研發技術相較國內外標竿技術之進步性、技術成熟度、技術落地及產業應用之可行性、實際場域應用之規劃及實測情形、合作企業之實質參與程度...等。
3. 請依國科會通知，繳交計畫執行進度與成果，參加計畫審查會議、計畫觀摩、技術媒合、成果展示等相關活動，配合辦理實地訪視等。
4. 計畫主持人應於每年計畫執行期滿前2個月至國科會網站線上繳交期中進度報告，並於全程計畫執行期限結束後3個月內至國科會網站線上繳交完整版成果報告。