

國防部 111 年「國防先進科技研究計畫」構想書

計畫名稱：運用 AI 智慧技術優化防空裝備發射暨支撐機構系統開發	計畫期程：111-112 年
分年經費規劃：111 年 13,003 仟元、112 年 32,015 仟元	
全期經費額度：45,018 仟元	研究領域：機械應力、化學工程、材料工程、電機工程
提案單位：陸軍飛彈光電基地勤務廠 聯絡人：廖瑞智少校 電話：03-3284590	

項次	項目	研究內容
一	計畫背景	<p>本案係依國防先進科技研究計畫「作業規定」(九)國防先進科技研究計畫需求提案單位：1.需求提案：針對武器系統(裝備)研發先期應投入之基礎、應用研究、先進科技研究或軍民通用科技研究，提出國防先進科技研究計畫需求提案。</p> <p>防空發射系統為國軍重要的空防裝備中關鍵裝置，其中『俯仰促動器(飛彈發射箱支撐)』為發射箱進行升舉及下降之功能次系統，其需在發射等作業時能維持載具穩定，另發射箱需同時承載飛彈進行升降，技術品項屬動態高負荷作業應用，並在發射等作業時能維持彈箱穩定及支撐俯仰舉升機構承受之應力(壓力及剪力等)。</p> <p>在『腳架促動器』方面，其主要功能為針對發射載台拖車定點進行固定，以利發射等作業時能維持拖車系統穩定支撐功能，另亦需能在不同作業地面條件，本體重量因射擊瞬間產生整體發射架下沉應力抵抗，在完成作業時亦能自動收合，在整個發射過程需維持水平，確保作業之精確度。</p> <p>另本系統佈署環境主要在國內山巔及海濱等處，且必需維持高戰備(24小時不間斷執勤)，零件常暴露在高溫、高濕及高鹽分等不利裝備囤儲之運作環境。惟該裝備為歐美原廠設計，使用設計係以原生產國之天候環境(大陸型氣候)條件為基礎作開發、設計，因此在後勤維護中，該項屬高故障品項，例如：鍍層耗損剝落鏽蝕、模組內外本體鏽蝕、馬達過熱燒毀/進水腐蝕、及衍生機械結構各種損壞。</p>

為維持防空裝備高妥善率外，上述預防性維護為重要議題，尤其若能預先得知系統可能在其後續使用過程中損壞，而事先加以維護保養，特別是高戰備、射擊等任務時，若系統中因馬達、滾珠螺桿等內部機構(件)故障導致發射架或腳架無法致動、收回等問題，提供系統早期預警功能，有效因應或於故障前完成次總成的更換，可大幅提升戰備高強度及射擊演訓等期間裝備的妥善。

針對上述腳架、俯仰促動器等 2 項系統之開發建置，除以設計優化來提升系統整體性能外，提高優於原廠裝備之耐候能力、主件材料強度及妥善率，並建立國內供應鏈體系自主性外，以此研發案導入智慧化馬達/滾珠螺桿負載診斷監控 AI 技術，建立預防保養系統、智慧化監控、預警功能及備料更換，更提高後勤作業效率，可有效掌握各裝備零附件壽命及使用週期，確保裝備妥善。

除此，歐美原廠之發射載檯拖車水平，以傳統氣泡水平儀，亦會導入數位化水平儀，並開發人機介面系統來改善讀取便利性，及不同地點之環境水平狀況之大數據收集分析功能，以做為後續任務之參考。

承上，本案中研改之 2 項模組件（每 1 項均包含促動器馬達、促動器本體）屬高配賦數、高單價、高耗損之三高元件，年耗損詳如下：

1. 俯仰促動器（每火力單位 16 件、計 9 單位 1 教學單位，共 148 件）：依本廠修護經驗，每年耗損量計 6 件，原廠購置單價金額每件達新臺幣 303 餘萬元。
2. 腳架促動器（每火力單位 36 件、計 9 單位 1 教學單位，共 336 件）：依本廠修護經驗，每年耗損量計 18 件，原廠購置單價金額每件達新臺幣 72 餘萬元。

綜上，隨裝備部署及使用時間愈久，其主件面臨耗損、故障頻次亦趨增長，考量本系統洽美購置獲料期程長（2~3 年），不利即時裝備妥善，疊加後勤維護成本；為利防空戰備任務遂行及縮短獲料期程，可透過本案落實國產化，若以 30 年週期概估，初步估計未來量產階段，能以低於歐美原廠價格 30% 在國內取得，預估可省 2 億 8,026 萬（俯仰促動組美國原廠單價 303 萬*6 件/年*30 年+美原廠腳架促動組單價 72 萬*18 件/年*30 年=9.342 億元，國產化後可節省 30%，約為 2 億 8,026 萬），有效擷節國防預算，另本案執行後，運用更為成熟之 AI 科技成果，賡續擴展至三軍武器發射系統暨支撐機構，以發揮全案之最大效益。

一
計畫
背景

二	計畫目的	<ol style="list-style-type: none"> 1. 研發智慧化馬達/滾珠螺桿負載診斷監控 AI 技術、研發智慧化防空裝備發射俯仰暨穩定支撐機構系統水平監控系統，及建立預防保養系統、智慧化監控，提早預警及備料，提高後勤速度及任務執行。 2. 透過本案之研發來達到防空裝備發射俯仰暨穩定支撐機構系統國產化及供應鏈在地化，進而改善後勤支援能力，包含減少後勤人力投入，及以在地化降低待料時間。 3. 節省採購成本及後勤投入成本。 4. 改善此裝備的妥善率以提高使用年限。 5. 提升國(軍)防自主修能，有效裝備妥善。
三	研究議題	<ol style="list-style-type: none"> 1. AI 智慧化技術應用在馬達、螺桿等傳動元件及數位化載檯拖車平臺水平監控系統等技術研發。 2. 研製開發與原設計功能、尺寸相符可以直接替換的零組件。 3. 改善零組件的耐候性及耐磨耗，以及為達此要求，需在製造及設計進行改善之方法（如：鍍膜、材料改善及機構設計改善等）。 4. 改善零組件的妥善率。 5. 開發適用零組件之維修夾具、工具及測試儀具（提供研改後新式測試儀具或飛勤廠現有測檯性能提昇）。
四	運用構想	<ol style="list-style-type: none"> 1. 預防保養、監控系統擬以感測器，結合演算法處理電流、震動等數據技術進行研發。 2. 分析現有零組件之材質、功能、尺寸、組裝等需求。 3. 與國內大學進行關鍵組件之結構強度分析、材料分析與功能測試合作。 4. 原廠設計在機構收合位置，形成機件大面積裸露，因此受潮腐蝕問題較為嚴重，此項設計規畫擬納入鍍膜技術之運用。 5. 整合國內相關廠商的製造能量。 6. 設計優化以促進後勤工作之維護效率。 7. 以檢驗測試確認模組之功能、強度、耐用、耐候性。
五	技術備便水準評估	<p>本發展項目透過此項研製案，應屬在試製前達到技術備便水準評估第八級（TRL8）之已完工及合格的真實系統能通過測試與展示。本案將針對系統原型能達到上述 TRL 水準所需進行的設計、製造與測試工作進行規劃與執行。</p>
六	期程工項	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第一年：原設計研究：4 個月、零組件設計開發評估：2 個月、整體改善設計開發為 6 個月。 2. 第二年：樣品開發、含模組功能測試、教育訓練、修護能量及測修工具（含檢測軟體、硬體或測檯）移轉、檢測標準數據提供、裝備各附件材料分析（含 BOM 表、CAD/CAM 檔、圖檔）數據提供、供應鏈移轉、密封原件整合測試 12 個月（含實裝實用 6 個月）。 3. 完成 5 具俯仰促動器（含馬達）、5 具腳架促動器（含馬達）新品解繳，

併同飛勤廠修護人員將上述 2 項模組安裝於 1 架防空發射架實裝實用，未安裝模組【3 具俯仰促動器（含馬達）、1 具腳架促動器（含馬達）】納入飛勤廠周轉件使用。

4. 模組功能測試規劃如下：

(1) 材料分析：

以金相實驗分析原廠之金屬材料特性（本體、鍍層），以作為等同於或優於原廠之材料製程導入本案。

(2) 環境測試：

評估以美國材料標準試驗（ASTM-B117）中，初步選擇以 24 小時鹽霧測試（約等同於 2.5 年海岸使用）規範作為環境條件測試方法。在採用該項測試方法，進行 72 小時測試，其可等同約七年自然暴露環境天數，對機件模組進行耐候性、防水性、氣密性之確認。（工研院）

(3) 金屬疲勞及拉壓力負荷測試：

依據美軍技術書刊（MIL-DTL-62542C/MIS-21016C）確認俯仰機構螺桿以拉壓力試驗機標準條件，符合或優於原廠抗壓力/拉力負荷測試確認金屬疲勞特性。（拉伸、壓力測試由工研院實驗室進行，負荷測試由飛勤廠測臺或工研院以相同等測臺進行）

(4) 功能測試：

俯仰機構擬依使用單位提供負荷需求數據訂定測試負荷，以優於原荷重數進行每次開合時間 2 分 32 秒內，共 1200 次機構開合動作（一個月 10 次舉升，10 年使用總次數），確認馬達性能、散熱及穩定性、螺桿耐磨耗、離合器等模組耐用性。（工研院）

(5) 馬達測試：

A、絕緣耐高壓測試：

符合 UL1004-1 安規標準條件，高於 60Vdc 電壓的直流馬達檢測標準為 1700V/1 秒，絕緣電阻 2-MΩ 以上，本計畫所使用的馬達絕緣須達到此安規標準。

B、動平衡測試：

依據 ISO1940 剛性動平衡等級表，在傳動軸標準於 G16 等級，也就是 16mm/sec 等級標準，馬達應相同或優於此條件之標準。

C、噪音測試：

在額定轉速狀況下，馬達側方 1m/70DB 以下。

D、定子電阻量測：

直接利用電阻計或通入 DC 電流量測電壓及電流求得，三相電阻相差應<1%。

E、額定工作點及溫升測試：

將馬達接上動力計，加載至額定負載，量測其電壓、電流、功因及功率，並計算出效率，同時量測馬達滿載時溫升曲線。之後，量測馬達 1/4 負載、1/2 負載、3/4 負載及 1.25 倍負載的功因及效率。

F、功率、轉矩測試：

利用加載平台將馬達加載，測試額定點的功率、扭力、轉速是否

有達到要求。

(6) 實裝實用測試：

A、俯仰促動器（含馬達）：

發射架滿載（8 噸）時，抬升、下降測試，每次開合時間可符合 2 分 32 秒（內）速度，無異音、震動、急加速、咬死，並觀測馬達的電流、功率與散熱（溫升情況），應符合或優於原廠馬達之表現。

B、腳架促動器（含馬達）：

發射平台滿載（25 噸）時，上升（收合）、下降（抬昇）測試，每次開合時間可符合 2 分（內）速度，無異音、震動、支撐力不足、回縮、漏油、咬死，並觀測馬達的電流、功率與散熱（溫升情況），應符合或優於原廠馬達之表現。

C、水平監控測試：

數據化呈現可立即判讀應調整該腳架之角度（上升、下降），可與車電、發電機電源相容匹配。

D、監控系統、感測器：

有效立即回傳安裝之促動器（含馬達），之振動、電流訊號回饋。

本案成本需求包含研究人力費（於業務費項下，包含主持人、共同主持人聘用需雇主負擔之保險費）、業務費（耗材、雜支等）、管理費，各項費用成本分析如下：

金額單位：新臺幣元

補助項目		執行年次		
		第一年	第二年	年度經費
業務費	研究人力費 (主持人、共同主持人費)	8,767,640	4,096,855	12,864,495
	耗材、物品及雜項費用	3,199,158	24,998,737	28,197,895
差旅費		209,036	364,102	573,138
管理費		827,166	2,555,306	3,382,472
合 計		13,003,000	32,015,000	45,018,000

*業務費及研究設備費得因實際研究需求相互留用。

八	預期 成果	<ol style="list-style-type: none">1. 全案完成後可技術移轉總成相關參數及測試規範，以精進、深化廠級修能，另藉由供應鏈在地化，建立國內自主供應能力，以縮短獲料期程（原先 2~3 年可縮短為 9 個月）及備料無虞2. 研發成果、專利歸屬國家所有（國防部）3. 研發智慧化馬達/滾珠螺桿負載診斷監控 AI 技術、研發智慧化防空裝備發射俯仰暨穩定支撐機構系統水平監控系統，及建立預防保養系統、智慧化監控，提早預警及備料，提高後勤速度及任務執行。4. 節省組件採購成本 30% 以上5. 可運用於國軍各型承載動力載具、平台實施智慧化功能之執行監測6. 開發後，運用研發成果，透過蒐整 AI 數據分析，綜合各武器系統機械結構及特性等參數資訊，同步擴展三軍同類型武器系統，以建立預防性維護目標，大幅提升裝備可靠度及高妥善，發揮全案最大效益7. 本研究計畫完成後，後續之成品採購契約將提供成品 2 年售後服務（依國軍保固責任契約訂定）
---	----------	---

「國防先進科技研究計畫」技術備便水準（TRL）評估表

項次	關鍵技術名稱	現有TRL等級	TRL評定理由	目標TRL等級	風險評估說明
1	球型螺絲次總成	4	此項目包含滾珠螺桿及配合之運動零件總成。原廠因採零件曝露在外之方式為設計，雖採用防鏽油處理，但若以台灣操作環境為合格測試條件，其在使用過程，仍鏽蝕嚴重，以致影響整體運作。本案初步擬從材料處理、螺桿總成設計進行改善，使妥善率能提高，進一步讓該組件以台灣操作環境為條件，能在相關環境下確認。	5	因本計畫之開發，擬規劃製作1套系統環境測試件搭配整合功能測試進行驗證，以反覆測試結果進行優化來達到妥善率改善。
2	智慧化馬達/滾珠螺桿負載診斷監控AI系統	1	原系統無具備此系統，因此本項目擬整合AI數據分析、感測器等技術，建立『腳架促動器（半拖車式支撐）』模組之馬達/滾珠螺桿專用失效模型。	4	本計畫應用為此技術初步應用，因此需投入長時間研究馬達、螺桿各種類型失效故障訊號收集，該資料亦需完整，以利演算分析及模型之建立。
3	數位化『腳架促動器（半拖車式支撐）』水平監控系統	1	原系統未具備此系統，因此本項目擬整合監控軟體開發、電子水平儀等技術，建立數位化水平監控系統。	4	需同步在研究過程中，評估系統防水耐候性。
4	智慧化『俯仰促動器（飛彈發射箱支撐）』水平、俯仰監控系統	1	原系統未具備此系統，因此本項目擬整合監控軟體開發、電子水平儀等技術，建立智慧化水平、俯仰監控系統。	4	1. 需同步在研究過程中，評估系統防水耐候性。 2. 本計畫應用為此技術初步應用，需考量本系統未來妥善率及評估角度監控最佳方法。

5	馬達	4	此項馬達之運作需承受載具重量及戶外環境包含水氣。國外原廠採用之馬達雖已為產品，但對環境承受及運作耐用程度較低，若以台灣環境為合格測試之條件，國外原廠主要問題為馬達過熱燒毀。本案擬投入馬達相關研發，提高載重負荷能力、散熱及防水能力，在台灣真實環境中能在相關環境下確認。	5	因本計畫之開發，擬規劃製作1套環境測試件搭整合功能測試進行驗證，以反覆測試結果進行優化來達到妥善率改善。
5	相關機械零件：齒輪、軸承座、軸承、cover 等	2	本項目為數項機械零件，擬提高防水等規格及搭配前述關鍵組件，作可能的設計強化變更。	5	無
<p>註：突破式國防科技研究計畫（全期計畫金額達 1,000 萬元以上者）請填註本表，並依本部「國防科技發展教則」評估本案技術能量。</p>					

國防部 111 年國防先進科技研究計畫申請書

計畫名稱：智慧型螺栓鎖固裝置與緊固狀態監測系統	計畫期程：111~113 年
分年經費額度：111 年 5,200 仟元、112 年 14,000 仟元、113 年 5,300 仟元	
全期經費額度：24,500 仟元	研究領域：前瞻感測與精密製造研究
需求提案單位：軍備局第209廠 聯絡人：戴子升 電話：049-2781693#549349	

項次	項目	內 容
一	計畫背景	<p>一、現代國軍作戰強調戰力之完整性、主導性、持久性之後勤支援，所以武器系統在生產與維護的過程中，可輔以前瞻感測與精密製造之相關鎖固工具，以確保其在執行任務過程中，能發揮其應有之性能及最佳狀態，因此本案依國防報告書國防施政軍備機制，加強國防自主發展結合民間力量，發展國防科技工業，獲得武器裝備，以自製為優先之指導，配合 5 年兵力整建計畫及國防武力自主政策，發展數位化智慧型螺栓鎖固裝置，應用於國防武器系統各關鍵部位螺栓緊固狀態的監控，以提高系統可靠度及國防工業生產效率，降低工安事故損失，創造國防產業的國際競爭優勢。</p> <p>二、現代國軍武器系統及相關設施，隨著科技的演進，日趨精密與複雜，其在生產製造與維護的過程中，如能將感測元件及訊號傳輸裝置，導入相關的鎖固工具及墊片等元件，即可在武器系統執行任務前，快速掌握各部位零配件的緊固狀態，使其發揮原有之設計效能，亦可避免因人為疏忽所造成之過度與不足鎖固扭力，導致裝備損壞或生產、製造與維護所產生之工安狀況。</p> <p>三、2007 年中華航空 CI120 班機，係由臺灣桃園國際機場飛往日本沖繩縣那霸機場的定期航班，該班機降落於那霸機場，停泊於停機坪等待接駁車時，飛機右翼的二號引擎突然起火，幾秒後飛機旋即發生爆炸並引發大火，機上 157 名乘客與 8 名機組員緊急疏散逃生，所幸無人傷亡，該事件經調查後發現其肇因為二號引擎的右翼派龍（又稱為掛架）內部之高壓燃料管接頭漏油導致，燃料外洩起因於客機右翼上的 5 號前緣縫翼（slat）中之止檔螺帽穿刺了二號油箱。由於波音曾在 2007 年 3 月時向所有曾採購過第三代波音 737（包含-600、-700、-800 與-900 等機種）之客戶發出檢修襟翼前縫條止檔螺帽的公告，再加上在 CI 120 事件之前就曾有兩宗 737-800 止檔螺帽脫落的案例，因此問題的成因曾一度被懷疑是波音方面的設計疏失，然而此事件在經過更進一步的調查之後，日本的調查小組又公布與原本以為</p>

是螺帽脫落造成螺栓刺破油箱的情況有點不同，因為調查人員查獲原本應該套在螺栓上的另外六個墊片卻在事故後散落在機翼內油箱之外的其他地方，而此發現的事證傾向事故起因可能是維修不良的人為疏失，由此可見系統中螺絲鎖固及人為之不可靠因素對系統安全之重要性。

四、1990 年英國航空 5390 號班機，因飛機的駕駛室中其中一塊擋風玻璃脫落，導致機長的上半身被吸出機外，失去意識，該事件最後在副機長等機組人員和地面指揮人員的努力，航機安全降落於南安普敦，事後調查後發現該飛機於出事前 27 小時曾被更換擋風玻璃，但 90 顆擋風玻璃固定螺絲釘中的 84 顆的直徑比設計規格細 0.026 英寸 (0.66 公釐)；而其餘的 6 顆的長度則比設計規格短 0.1 英寸 (2.5 公釐)，調查員發現維修者在更換擋風玻璃的時候也換了螺絲釘，舊的螺絲釘偏短，但仍然能夠固定而且四年來沒有出問題。維修者沒有參考飛機的維修手冊使用標準的螺絲，而是按照「使用相同螺絲」的原則直接去材料室找螺絲，用肉眼和舊螺絲比較，黑暗中他找到了錯誤的更細的螺絲，導致飛機升到高空時，機艙內外的氣壓差很大，螺絲承受不了這麼大的壓力，致使擋風玻璃脫落。這次事件亦令人關注到飛機擋風玻璃的設計瑕疵：及螺栓鎖固之重要性。

<p style="text-align: center;">二</p>	<p style="text-align: center;">計畫 目的</p>	<p>一、國軍各項武器載台裝備，近年來不斷更新進步，其中有很多先進精密武器、各型載台和工程設備，需要精確地且有順序地組裝，以有效發揮其設計性能，因此如何排除人為疏忽，確保各部位零配件的緊固狀態，有效縮短維護時間，關係到武器系統全壽期可靠度、維護度與後勤效率的提升。</p> <p>二、2011年德國推動第四次工業革命以來，從感測器、控制器、自動化生產設備、機器人、無人駕駛機具等無不採智慧化、結合AI人工智慧並與雲端連接，使其應用不只侷限於單一個體，而是能夠與伺服器的資料庫連結，透過具安全性的資料收集、進行即時數據監控；不但可提高系統的執行效率與準確性，還可透過演算法與大數據分析，進而使系統不斷的優化，從中分析出具統計性與研究性的資料，武器系統中大大小小螺栓，墊片關係到各部位零配件，總成與次總成之鎖固與操作安全及性能之發揮，為了確保安全性、可靠度與效能，如能將現今相關感測與資料傳輸技術導入相關鎖固裝置設計，便能在其執行任務前排除人為因素，確實檢查其緊固狀態，確保任務安全及其設計性能之發揮。</p> <p>三、本計劃將致力於精準的智慧型螺栓鎖固裝置與緊固狀態監測系統之研究與開發，使所有的螺栓施作工序都能依設計正確地且精準地執行，並能持續地監控鎖固後各螺旋緊固件之緊固狀態。</p>
<p style="text-align: center;">三</p>	<p style="text-align: center;">研究 議題</p>	<p>一、工具實際鎖固時，實際物理現象之頻譜分析、應變規感測模擬、評估與分析。</p> <p>二、控制器之控制板硬體設計、UI操作介面設計、機構設計。</p> <p>三、訊號傳輸套筒之電路板硬體設計、UI操作介面設計、機構設計。</p> <p>四、感應墊圈之電路板設計、機構設計、RF模組設計。</p> <p>五、控制器之韌體設計、扭力控制演算法開發、夾緊力控制演算法開發。</p> <p>六、控制器結合訊號傳輸套筒、感應墊圈可進行鎖固順序控制、扭力控制與夾緊力控制研究。</p> <p>七、智慧型螺栓鎖固緊固狀態監測系統扭力、夾緊力控制之功能設計。</p>

<p>四</p>	<p>運用 構想</p>	<p>一、計畫成果預期將完成扭力與夾緊力控制系統暨夾緊力監控系統。氣動衝擊式/油壓脈衝式的智慧型扭力控制器，具備可靠度高的通訊網路和 Internet 連接，利用感應傳輸套筒連接，距離達 35 公尺以上。其中包括：10 組不同工具之自動校驗、鍵盤模式操作，達到±5~±15%準確度扭力鎖固，過扭記錄及保固。以及完成通過扭力傳感器200,000次衝擊，感應墊圈重覆拆裝100次等的可靠度測試。正確的維護設備監控，將為國軍節省鉅額經費，用於購買各項精密設備。</p> <p>二、感應墊圈可運用在各項武器設備中，偵測各重要螺旋緊固件之夾緊力變化，此數據收集並上傳雲端後，進行大數據分析，從中計算與統計出有效數據(如：組裝或維修工具之優劣、各生產單位之生產力...等)，提供給開發與設計人員進行研究，有效應用可提升國軍未來的整體戰力。</p> <p>三、未來可將國軍後勤組裝工作紀錄與維修資料即時狀態上傳國軍整體後勤資料庫，可維持全軍保修系統的即時性與正確性，並可分析國軍生產力、評估各個組裝工具、維護工具之優劣。</p> <p>四、感應墊圈為一軸力感測器，未來可將通訊協議標準化並提供其他設備延伸應用。</p> <p>五、感測信號放大類比 IC 設計製作，包含 2% Voltage regulator, 1000 倍之儀器放大器等功能晶片可作為國軍未來電子系統中為小信號放大穩定的關鍵技術，掌握技術開發的效益。</p>
<p>五</p>	<p>技術備 便水準 評估</p>	<p>依目前專利檢索及文獻探討評估，本案研究可建構於現有成熟的鎖固系統技術及感測器技術下，發展相關的智慧型螺栓鎖固裝置等關鍵技術，並將其整合成完整模組，應用於國軍武器系統生產、製造與維修製程，並以科學的驗證程序，達成研究設定的創新應用目標。依目前已發展技術，評估技術備便水準為 TRL4，本案相關研究完成後，可整合相關關鍵技術、軟、硬元件與其他支援配件，將技術備便水準提升至 TRL 6，(詳如附件 TRL 評估表)。</p>

<p style="text-align: center;">六</p>	<p style="text-align: center;">期程 工項</p>	<p>第一階段（111 年度）：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.系統規劃。 2.螺栓鎖緊扭力與夾緊力感測系統原理分析與量測。 3.控制器設計。 4.訊號傳輸套筒設計。 5.感應墊圈之設計。 <p>第二階段（112 年度）：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.感應墊圈開發與製作。 2.訊號傳輸套筒開發與製作。 3.控制器之扭力控制系統開發與製作。 4.Gateway 開發與製作。 5.感應墊圈之監測系統開發。 6.雲端系統架設與開發。 <p>第三階段（113 年度）：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.系統整合測試與實現： <ol style="list-style-type: none"> (1)感應墊圈、訊號傳輸套筒與控制器之鎖固作業系統整合。 (2)感應墊圈與 Gateway 資料收集整合。 (3)雲端資料與操作平台整合。 2.感測器(感應墊圈、訊號傳輸套筒)之壽命測試。 3.系統之準確性與可靠度測試。
--------------------------------------	--	---

<p style="text-align: center;">七</p> <p style="text-align: center;">成本 分析</p>	<p>本案全部委託校方執行，相關研究經費規劃及成本分析由校方依研究工作推展期程統籌規劃，初步成本分析概述如後：</p> <p>一、第一年研究經費包含業務費及管理費，合計 520 萬元。</p> <p>(一)業務費包含研究人力費及耗材、物品及雜項費用，合計 500 萬元。</p> <p>1.研究人力費用，包含 1 位計畫主持人費用及學習範疇之兼任助理(博碩士研究生)2 員之人力費用，合計 42 萬元。</p> <p>2.耗材、物品及雜項費用，包含物品、耗材、差旅、系統軟體開發所須雜項費用等項目，合計 458 萬元，項目分析如後：</p> <p>(1)物品費包含系統開發所需之控制器雛形模組、感測器雛形模組、量測儀具、開發軟體、套筒組件、感應墊圈雛形模組等所需項目。</p> <p>(2)耗材費包含系統開發所需之五金材料、電子材料、弱電材料、市電變壓材料、微型通信組件、電路板、塑膠軟件、小型顯示屏等項目。</p> <p>(3)差旅費包含本案工作推展之相關差旅費用。</p> <p>(4)雜項費用包含影印、郵寄及文具用品等相關費用。</p> <p>(二)管理費 20 萬元。</p> <p>二、第二年研究經費包含業務費及管理費，合計 1400 萬元。</p> <p>(一)業務費包含研究人力費及耗材、物品及雜項費用，合計 1380 萬元。</p> <p>1.研究人力費用，包含 1 位計畫主持人費用及學習範疇之兼任助理(博碩士研究生)2 員之人力費用，合計 42 萬元。</p> <p>2.耗材、物品及雜項費用，包含物品、耗材、差旅、系統軟體開發所須雜項費用等項目，合計 1338 萬元，項目分析如後：</p> <p>(1)物品費包含系統開發所需之感應墊圈模組、訊號傳輸套筒模組、控制器模組、感測器、微型通信系統、閘道器、開發軟體、伺服器、資訊設備、測試設備、放樣、開模等所需項目。</p> <p>(2)耗材費包含系統開發所需之五金材料、電子材料、弱電材料、市電變壓材料、微型通信組件、電路板、塑膠軟件、小型顯示屏等項目。</p>
---	--

(3)差旅費包含本案工作推展之相關差旅費用。

(4)雜項費用包含影印、郵寄及文具用品等相關費用。

(二)管理費 20 萬元

三、第三年研究經費包含業務費及管理費，合計 530 萬元。

(一)業務費包含研究人力費及耗材、物品及雜項費用，合計 510 萬元。

1.研究人力費用，包含 1 位計畫主持人費用及學習範疇之兼任助理(博碩士研究生)2 員之人力費用，合計 42 萬元。

2.耗材、物品及雜項費用，包含物品、耗材、差旅、系統軟體開發所須雜項費用等項目，合計 468 萬元，項目分析如後：

(1)物品費包含系統開發所需之感應墊圈模組、訊號傳輸套筒模組、控制器模組、感測器、微型通信系統、閘道器、開發軟體、伺服器、資訊設備、測試設備等所需項目。

(2)耗材費包含系統開發所需之五金材料、電子材料、弱電材料、市電變壓材料、微型通信組件、電路板、塑膠軟件、小型顯示屏等項目。

(3)差旅費包含本案工作推展之相關差旅費用。

(4)雜項費用包含影印、郵寄及文具用品等相關費用。

管理費 20 萬元

八	預期成果	<p>一、完成扭力與夾緊力控制系統暨夾緊力監控系統。氣動衝擊式/油壓脈衝式的智慧型扭力工具的扭力控制器，具備可靠度高的通訊網路和 Internet 連接，利用感應傳輸套筒連接，距離達 35 公尺以上。其中包括：10 組不同工具之自動校驗、鍵盤模式操作，達到$\pm 5\sim\pm 10\%$扭力鎖固精度，過扭記錄及保固。以及完成通過扭力傳感器 200,000 次衝擊，感應墊圈重覆拆裝 100 次的可靠度測試。</p> <p>二、感測信號放大類比 IC 設計製作，包含 2% Voltage regulator, 1000 倍之儀器放大器等功能模組可作為國軍未來電子裝備系統中為小信號放大穩定的關鍵技術，掌握技術開發的效益。</p> <p>三、完成螺栓夾緊力感應墊圈開發，除了能在螺栓鎖固的過程中做夾緊力的控制，亦能於鎖固後防止螺栓緊固件因震動導致鬆脫，更可持續以訊號傳輸方式，監測螺栓的鎖固狀態是否因振動或人為的破壞導致的鬆脫，以確保結構的安全，還能對施工的記錄與責任做追蹤查核。</p>
備註		<p>研究計畫主持人及共同主持人之資格：具備機械、或資通電相關領域等專業領域博士學位以上資格。</p> <p>(一)曾參與機械與資通電相關領域設計與整合之研究，相關工作年資 5 年以上，並有發表相關研究報告或著作者。</p> <p>(二)具備本計畫相關機械、資通電設計或螺栓緊固相關系統研究與發明專利者。或曾從事相關機械設計與智慧螺緊固系統、螺栓緊固監控系統 5 年以上者。</p>

「國防先進科技研究計劃」技術備便水準(TRL)評估表

項次	關鍵技術名稱	現有 TRL 等級	TRL 評定理由	目標 TRL 等級	風險評估說明
1	防鬆抗震感應式墊圈	4	現已有超音波 監測鎖固技術	6	風險性低
2	訊號感應傳輸套筒	4	現已有超音波 監測鎖固技術	6	風險性低
3	控制器	4	現已有超音波 監測鎖固技術	6	風險性低

國防部111年先進科技研究計畫申請書

計畫名稱: 自動化輪區介面結合系統		計畫期程: 111~112年
分年經費額度: 111年4,500仟元、112年4,500仟元		
全期經費額度: 9,000仟元		研究領域: 自動化生產研究
需求提案單位: 軍備局第209廠 聯絡人: 戴子升 電話: 049-2781693#549349		
項次	項目	內 容
一	計畫背景	<p>一、現代國軍作戰強調戰力之完整性、主導性、持久性之後勤支援，所以武器系統在生產與維護的過程中，可輔以自動化介面結合系統，以確保其在執行任務過程中，能發揮其應有之性能及最佳狀態，因此本案依國防報告書國防施政軍備機制，加強國防自主發展結合民間力量，發展國防科技工業，獲得武器裝備，以自製為優先之指導，配合5年兵力整建計畫及國防武力自主政策，發展自動化輪區介面結合系統，應用於甲車輪區關鍵部位螺栓快速安裝及安裝品質監控，以提高系統可靠度及國防工業生產效率，降低工安事故損失，創造國防產業的國際競爭優勢。</p> <p>二、在工業4.0的趨勢下，智慧製造所需之自動化、生產數據儲存分析、生產可追溯性與預防性設備維護等，電子式的精準扭力控制模組都扮演著重要的角色，相較於傳統扭力控制鎖固工具(機械式)，可達到更高的鎖固精度，提高生產品質。扭力感測器即時感應扭力狀態，可作為預估鎖固組件或相關設備之使用壽命得到”Predictive Maintenance”的目的，維持產線生產效率與品質。可即時傳送扭力數據，未來可作生產資料儲存、分析、提高可追溯性也可作為改善生產條件之重要依據，為工業4.0智慧生產重要環節，可依照不同裝置介面、扭力輸出、扭力偵測範圍作客製化設計，達到應用需求。</p>
二	計畫目的	<p>一、國軍甲車近年來不斷更新進步，需要精確地且有順序地組裝，以有效發揮其設計性能，因此如何排除人為疏忽，確保各部位零配件的緊固狀態，有效縮短維護時間，關係到系統全壽期可靠度、維護度與後勤效率的提升。</p> <p>二、本計畫主要針對輪區總成與次總成之鎖固與操作安全及性能之發揮，為了確保安全性、可靠度與效能，使用自動化介面結合系統，使所有的螺栓施作工序都能依設計正確地且精準地執行，可排除人為操作失誤因素，提高組裝作業效率，確實檢查其緊固狀態，確保任務安全及其設計性能之發揮。</p>

三	研究議題	<p>一、甲車輪區總成及次總成實際鎖固時，實際物理現象之頻譜分析、應變規感測模擬、評估與分析。</p> <p>二、自動化輪區介面結合系統之硬體設計、UI操作介面設計、機構設計。</p> <p>三、自動化輪區介面結合系統之軟體設計、扭力控制演算法開發、鎖固順序控制與扭力控制研究。</p> <p>四、大數據分析各重要螺旋緊固件之扭力變化及生產效率評估。</p>
四	運用構想	<p>一、計畫成果預期完成氣動式自動化輪區介面結合系統，透過扭力自動安裝系統，執行輪區總成及次總成零件安裝結合，精簡安裝作業流程使用時間及人力，並藉由記錄扭力值以提高輪區組裝品質，並可追溯相關記錄以驗證產品可靠度。</p> <p>二、偵測各重要螺旋緊固件扭力變化，此數據收集並上傳雲端後，進行大數據分析，從中計算與統計出有效數據(如單位生產效率等)，提供給開發與設計人員進行研究，有效應用可提升國軍未來的整體戰力。</p> <p>三、未來可將國軍後勤組裝工作紀錄與維修資料即時狀態上傳國軍整體後勤資料庫，可維持全軍保修系統的即時性與正確性，並可分析國軍生產力、評估各個組裝工具、維護工具之優劣。</p>
五	技術備便水準評估	<p>依目前專利檢索及文獻探討評估，本案研究可建構於現有成熟的鎖固系統技術及感測器技術下，發展相關的自動化輪區介面結合機構等關鍵技術，並將其整合成完整模組，應用於甲車生產、製造與維修製程，並以科學的驗證程序，達成研究設定的創新應用目標。依目前已發展技術，評估技術備便水準為TRL4，本案相關研究完成後，可整合相關關鍵技術、軟、硬元件與其他支援配件，將技術備便水準提升至TRL6，(詳如附件TRL評估表)。</p>
六	期程工項	<p>第一階段(111年度)：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 系統規劃。 2. 省力安裝系統機構開發。 3. 控制器設計。 4. 機械介面初步設計。 <p>第二階段(112年度)：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 客製化安裝機構開發。 2. 扭力系統機電整合測試。 3. 控制邏輯除錯設計。 4. 系統整合測試與實現。 5. 扭力數據資料傳輸記錄。 6. 系統可靠度測試。

七	成本分析	<p>本案全部委託校方執行，相關研究經費規劃及成本分析由校方依研究工作推展期程統籌規劃，初步成本分析概述如後：</p> <p>第一年研究經費包含業務費及管理費，合計450萬元</p> <p>(一)業務費包含研究人力費及耗材、物品及雜項費用，合計430萬元</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、研究人力費用，包含1位計畫主持人費用及學習範疇之兼任助理(博碩士研究生)2員之人力費用，合計80萬元。 2、耗材、物品及雜項費用，包含物品、耗材、差旅、系統軟體開發所須雜項費用等項目，合計350萬元，項目分析如後： <ol style="list-style-type: none"> (1) 物品費包含系統開發所需之控制器雛形模組、感測器雛形模組、量測儀具、開發軟體、套筒組件、感應墊圈雛形模組等所需項目。 (2) 耗材費包含系統開發所需之五金材料、電子材料、弱電材料、市電變壓材料、微型通信組件、電路板、塑膠軟件、小型顯示屏等項目。 (3) 差旅費包含本案工作推展之相關差旅費用。 (4) 雜項費用包含影印、郵寄及文具用品等相關費用。 <p>(二)管理費20萬元</p> <p>二、第二年研究經費包含業務費及管理費，合計450萬元</p> <p>(一)業務費包含研究人力費及耗材、物品及雜項費用，合計430萬元</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、研究人力費用，包含1位計畫主持人費用及學習範疇之兼任助理(博碩士研究生)2員之人力費用，合計80萬元。 2、耗材、物品及雜項費用，包含物品、耗材、差旅、系統軟體開發所須雜項費用等項目，合計350萬元，項目分析如後： <ol style="list-style-type: none"> (1) 物品費包含系統開發所需之感應墊圈模組、訊號傳輸套筒模組、控制器模組、感測器、微型通信系統、閘道器、開發軟體、伺服器、資訊設備、測試設備、放樣、開模等所需項目。 耗材費包含系統開發所需之五金材料、電子材料、弱電材料、市電變壓材料、微型通信組件、電路板、塑膠軟件、小型顯示屏等項目。 (3) 差旅費包含本案工作推展之相關差旅費用。 (4) 雜項費用包含影印、郵寄及文具用品等相關費用。 <p>(二) 管理費20萬元</p>
八	預期成果	<ol style="list-style-type: none"> 一、完成自動化輪區介面結合系統，具備輪區總成及次總成零件吊掛結合功能，可記錄扭力值並上傳資料庫以提供數據追溯性，並可追溯相關記錄以驗證產品可靠度。 二、完成系統硬體結構設計開發，同時鎖固複數零件，除了能在螺栓鎖固的過程中做扭力的控制，並持續以訊號傳輸方式，監測螺栓的鎖固狀態是否因振動或人為的破壞導致的鬆脫，以確保結構的安全，還能對施工的記錄與責任做追蹤查核。

備註	
----	--