

國防部海軍司令部 112 年「國防先進科技研究計畫」構想書

計畫名稱：臺灣周邊海域水下作戰層次深度特性分析與預報機制建立研究		計畫期限：112-114 年
		研究領域：導向性基礎研究
提案單位：海軍大氣海洋局 電話：(07)5813141#784165		聯絡人：上尉預報長黃珊培
項次	項目	研究內容
一	計畫背景	隨著潛艦國造持續推展，水下作戰環境資訊之需求將快速增加，特別是層次深度資訊之掌握，可協助反潛作戰之執行，更能做為潛艦水下作戰所需航行路線規劃與匿蹤之重要環境訊息。水下偵測主要靠聲納，聲音在水下傳播路徑受到溫度、鹽度垂直分布之影響，近年來全球暖化快速增強，造成海水明顯增溫與降雨型態變化，改變各海域溫度、鹽度垂直分布特性，包括台灣週邊海域之水下環境，因此需要分析最新觀測資料，了解層次深度之變化特性。 在艦隊所航行之寬闊海域，缺乏常設性水下觀測設施，僅能靠船艦依其航程進行隨艦觀測，但涵蓋之空間、時間範圍都相當有限，無法滿足水下作戰整體資訊之需求。因應方式為使用海洋數值模式提供預報資訊，雖然預報資訊可充分涵蓋空間與時間範圍之需求，但模式預報存有誤差，因此需要對模式之預報結果進行分析，了解其對水下環境層次深度之預報能力，再配合誤差修正，方能提供優質水下環境預報資訊。運用溫度、鹽度計算層次深度之方法有諸多版本，因各地區海洋特性不同而有所差異，適用於台灣周邊海域水下環境與模式預報之層次深度計算方式，需要加以確認檢核。 在潛艦國造積極推展與全球暖化背景之下，因應未來水下作戰環境資訊之顯著需求，因此需要針對台灣周邊海域之水下環境層次深度進行更新了解，建置適宜預報系統，提供優質水下作戰環境預報資訊，提升有關水下監偵及武器運用等整體水下作戰執行效能。
二	計畫目的	未來潛艦國造完成後，潛艦勤務增加將延伸出水下作戰環境資訊需求之明顯增加，因應此發展趨勢，需對台灣周邊海域水下作戰層次深度之觀測與預報特性進行分析，藉以掌握提供水下作戰環境資訊之適宜方式。本計畫主要目的為建置一套分析與預報台灣周邊海域水下作戰層次深度之作業方式，配合海軍大氣海洋局預報作業使用，協助掌握與更新台灣周邊海域水下作戰層次深度之變化特性，診斷分析數值模式對層次深度之預報能力與特性，進行誤差修正，提供優質預報資訊，協助反潛與水下作戰任務。 在觀測特性分析方面，將運用台灣周邊海域過去 10 年之水下觀測資料，解析溫度、鹽度垂直分布隨季節、海域之變化情形，藉以了解伴隨全球暖化發展所導致之變化趨勢。再以最近幾年平均狀態來更新台灣周邊海域之水下環境特性。運用溫度、鹽度、深度計算溫度、聲

		速之垂直分布，分析判斷層次深度(layer depth)和音層深度(sonic layer depth)，建置台灣周邊海域水下作戰環境資訊資料庫。 在預報特性分析方面，分析大氣海洋局模式預報之溫度、鹽度垂直分布特性，計算層次深度與音層深度，再與觀測結果比較，藉以了解模式對水下作戰環境之預報特性與預報能力。依其誤差特性，建置誤差修正系統，修正預報資訊，提供水下作戰環境之適宜預報資訊。
三	研究議題	本三年期計畫，各年度計畫研究議題如下： 1. 第一年(112 年)計畫係使用科技部海洋學門資料庫與 ARGO (Array for Real-time Geostrophic Oceanography) 全球海洋觀測網之觀測 CTD (Conductivity、Temperature、Depth)資料，對應海軍氣海象之五大預報區域，收集北部海域(119-128E, 25-28N)、東部海域(121-128E, 22-25N)、巴士海峽(116-128E, 18-22N)、台灣海峽北部(118-121E, 24-25N)、台灣海峽南部(116-121E, 22-24N)，包括近海與遠洋之所有 CTD 資料，藉此分析台灣周邊海域水下環境，診斷台灣周邊海域不同月份之溫度、鹽度垂直剖面，計算對應之層次深度與音層深度，分析過去 10 年水下環境之變化趨勢與最近數年變化狀態，依此建立並更新台灣周邊海域水下作戰環境於各海域之逐月、逐季的分布特徵，並供做後續海洋數值模式預報之校驗基準。 2. 第二年(113 年)計畫將依照上述五大預報區域，分析海軍大氣海洋局過去數年之海洋模式預報結果，分析模式預報溫度、鹽度、聲速之垂直分布，再與觀測分析結果比對，檢驗模式預報水下環境資訊之準確情形，及準確度隨不同預報時程之變化情形，統整對水下環境資訊具有適宜預報能力之海域、季節、預報時程，歸納大氣海洋局海洋模式對水下作戰環境之預報能力以及預報資訊之適宜使用方式。 3. 第三年(114 年)計畫係對水下作戰環境之預報誤差進行修正，以溫度、鹽度之垂直分布狀態為分析對象，以統計方法建立預報結果與觀測資料之映射方程式，對預報誤差進行修正。修正後之溫度、鹽度再計算層次深度與音層深度，比較誤差修正前後，水下作戰環境預報資訊之改善成效，藉此建置水下作戰環境資訊之預報誤差修正系統，提升海洋數值模式之應用範圍與預報效能。
四	運用構想	1. 建立依觀測與預報之溫度、鹽度、深度資料計算層次深度、音層深度之經驗方程式，提供海軍作業使用。並依計算結果，歸納台灣周邊各海域層次深度、音層深度隨月份、季節變異之分布特性，建置台灣周邊各海域反潛與水下作戰所需水下環境資訊資料庫。 2. 建立水下環境資訊之預報誤差修正系統，彙整預報誤差隨海域、季節、預報時程之對應狀態為資料庫，提供海軍實際預報作業使用。 3. 藉由成果技術移轉與教育訓練，提升海軍對台灣周邊各海域水下作戰環境資訊之分析與預報能量。

五	技術 備便 水準 評估	本計畫為導向性基礎研究，技術備便水準屬於第五級(TRL5: 組件/模組能在相關環境下確認)，亦即運用過去長期 CDT 觀察資料研究而得之經驗方程式，藉以計算層次深度，再將此經驗方程式的模組套用於大氣海洋局海洋模式之預報作業，計算模式預報之層次深度，後續再將預報之層次深度與對應時間 CTD 觀測資料所計算之結果互為比較驗證，確認本計畫所發展之計算模組對現行模式預報環境之適用程度。再搭配誤差修正系統，運用觀測資料計算模組所推算之層次深度，分析修正前後之預報結果，藉以確認誤差修正系統對層次深度預報能力之改善情形，提升預報效能與使用績效。本計畫所發展之計算模組將在實際預報作業環境中進行確認。
六	期程 工項	各年預計執行之工作事項如下： 1. 第一年(112 年) ● 收集 2007 年迄今之科技部海洋學門資料庫與 ARGO 資料庫於台灣周邊五大海域之觀測 CTD 資料。 ● 運用 CTD 資料計算溫度、鹽度垂直分布，再運用 Coppens 方程式計算聲速垂直分布，診斷各筆資料溫度、音速垂直分布轉折點所示之層次深度與音層深度。 ● 將台灣周邊之北部海域、東部海域、巴士海峽、台灣海峽北部、台灣海峽南部等五海域，分別計算各海域 1-12 月逐月與逐季(11-2 月為冬季、3-5 月為春季、6-8 月為夏季、9-10 月為秋季)之層次深度與音層深度的平均值與最大-最小值變異範圍，建置各海域隨月份與季節變化之層次深度與音層深度觀測資料庫。 ● 比較最近數年與 10 年前層次深度與音層深度之變化狀態，診斷全球暖化之影響概況，並運用最近數年觀測結果更新與建置各海域之逐月、逐季層次深度與音層深度之分布特性。 2. 第二年(113 年) ● 收集海軍大氣海洋局過去數年之海洋數值模式對水下鹽度、溫度之預報結果，計算台灣周邊海域各網格點之層次深度與音層深度。 ● 依上述模式預報分析結果，繪製台灣周邊海域 1-12 月逐月與逐季層次深度與音層深度之分佈圖，並依北部海域、東部海域、巴士海峽、台灣海峽北部、台灣海峽南部等五海域，分區與對應 CTD 觀測資料分析結果比對，檢核海洋模式對台灣周邊海域層次深度與音層深度之模擬能力。 ● 分析模式 1-5 天預報之層次深度與音層深度結果，與對應時間之觀測結果比對，計算相關係數與均分根誤差，評估海洋模式對台灣周邊各海域層次深度與音層深度之預報能力。

		- 彙整海洋模式對水下環境層次深度與音層深度具有適宜預報能力之海域、月份與季節、預報時程，歸納大氣海洋局海洋預報模式對水下作戰環境之適宜使用方式。 3. 第三年(114 年) - 取對應觀測層次深度地點、時間之模式預報層次深度，逐月或逐季進行散佈圖分析，計算觀測資料與預報結果之映射方程式，建置逐月與逐季層次深度之誤差修正系統。再依上述做法，建置各月、各季音層深度之誤差修正系統。 - 將上述層次深度與音層深度誤差修正系統，對北部海域、東部海域、巴士海峽、台灣海峽北部、台灣海峽南部等五海域分別建立，再依不同預報時程(1-5 天)逐次建置，因應各月不同預報結果之修正。 - 應用此誤差修正系統對預報結果進行校正，比較修正前後之平均深度、相關係數、均方根誤差，藉以評估誤差修正系統對不同海域、不同月份季節、不同預報時程之改善績效。 - 依誤差修正績效，診斷各海域預報誤差修正後層次深度、音層深度之準確性與適用性，藉此建置水下作戰環境資訊之預報誤差修正系統，提升海洋數值模式之預報效能。 以上工項全部委託校方執行。																																								
七	成本分析	於 112-114 年之 3 年期程，每年經費，概算如下： 一、申請補助經費：金額單位：新臺幣元 <table><tr><th> 補助項目 執行年次 </th><th>第一年 (112年)</th><th>第二年 (113年)</th><th>第三年 (114年)</th><th>全程總經費</th></tr><tr><td>業務費(a+b+c)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>a. 研究人力費</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>b. 耗材、物品及雜項費用</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>c. 差旅費</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>研究設備費</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>管理費</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>合計</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	補助項目 執行年次	第一年 (112年)	第二年 (113年)	第三年 (114年)	全程總經費	業務費(a+b+c)					a. 研究人力費					b. 耗材、物品及雜項費用					c. 差旅費					研究設備費					管理費					合計				
補助項目 執行年次	第一年 (112年)	第二年 (113年)	第三年 (114年)	全程總經費																																						
業務費(a+b+c)																																										
a. 研究人力費																																										
b. 耗材、物品及雜項費用																																										
c. 差旅費																																										
研究設備費																																										
管理費																																										
合計																																										

八	預期 成果	本計畫成果完成後之效益如下： 1. 建立台灣周邊海域水下作戰層次深度之長期觀測資料庫，並提供給大氣海洋局，更新並進一步掌握台灣周邊五大海域隨月份與季節之層次深度變化特性，作為反潛作戰與潛艇巡弋勤務之水下環境資訊，協助戰情判斷與勤務規劃。 2. 建置台灣周邊海域水下作戰層次深度之計算方法，將技術移轉到海軍大氣海洋局，供作海洋模式預報場之計算使用，協助海軍大氣海洋局建置層次深度之預報能力，經由例行預報，提供台灣週邊五大海域任一指定空間之層次深度預報資訊，提供水下作戰環境資訊，作為戰力部屬、軍演訓練之參考資訊。 3. 建立海洋模式預報結果之驗證方法與預報誤差修正系統，並將技術移轉給海軍大氣海洋局，改進預報結果之準確性，提昇海軍對台灣周邊海域水下作戰環境之預報能量。驗證方法與預報誤差修正系統之執行方式與技術觀念，可應用於大氣海洋局相關大氣與波浪模式之驗證與誤差修正，協助提升整體預報作業之效能。 4. 本計畫所發展之技術將配合大氣海洋局之預報，建置之於預報作業之後處理程序，例行提供誤差修正後層次深度預報資訊，供各種戰情需求使用，提升大氣海洋局對水下環境之掌握能力與預報效能。本計畫以海軍目前預報作業所分之五大海域進行分析，但未來可依反潛作戰之實際需求，新增或調整各海域之分析範圍，以符合實際作戰需要。 5. 關鍵績效指標： ● 完成台灣周邊各海域觀測資料層次深度、音層深度之計算與繪圖，建置與更新台灣周邊各海域逐月、逐季層次深度之分布圖，供海軍大氣海洋局依此建立層次深度觀測資料庫，提供反潛作戰與潛艦勤務依空間(各海域)、時間(季節、月份)而定之水下環境戰情資訊，作為未來應變各式戰情需要之參考資訊與根據。 ● 完成海洋模式預報層次深度、音層深度之分析程序與運用觀測資料檢驗預報層次深度之驗證程序，以量化方式建立大氣海洋局海洋模式對台灣周邊各海域層次深度之預報能力，以及預報層次深度隨預報時間、季節、海域之變化特性，確認海洋模式對層次深度相關預報之適宜使用方式。 ● 完成海洋模式預報層次深度、音層深度之誤差修正系統，建立預報誤差之確認程序與運用觀測資料修正預報誤差之經驗方程式，執行預報誤差系統後，檢驗各海域於修正前後之預報準確度，由預報準確性之改善情形，以量化方式建置預報誤差系統於不同海域、不同預報時間、不同季節之實質改善功效，依此掌握海洋模式層次深度預報之實際應用效能。
---	----------	---

		● 完成層次深度觀測分析、預報分析、預報誤差修正等計算系統之技術移轉到海軍大氣海洋局，為海洋模式執行人員提供研發成果之相關教育訓練，強化海洋預報作業實務之理論基礎與研發技巧。並將相關計算系統結合預報作業，建立自動化程序，於例行預報作業能及時獲得層次深度之預報結果，擴大海洋模式預報結果之應用價值與實質預報效能，助益海軍對水下作戰環境資訊之掌握能力。 ● 技術移轉後，將協助海軍大氣海洋局逐年收集海洋學門資料庫與ARGO 資料庫之最新CTD 觀測資料，海軍大氣海洋局將結合艦艇觀測資料，並運用上述資料對近年預報結果進行預報能力與誤差修正成效檢驗，提升海軍大氣海洋局海洋模式之實質預報能力。
--	--	--

(海軍造船發展中心) 112 年「國防先進科技研究計畫」構想書

計畫名稱：長距離雷射光照辨識系統於水下威脅物之材質辨識與驗證		計畫期程：112-113 年
		研究領域：光電工程
提案單位：海軍造船發展中心 聯絡人：林俊廷 電話：07-5825640		
項次	項目	研究內容
一	計畫背景	水下工程所拍攝的照片觀察發現與陸地上拍攝的圖像不同，主因於複雜的水下環境和光照條件導致水下物件的對比度低、紋路模糊、演色性低與可視範圍小等造成圖像模糊、品質退化等問題。此現象為水下觀測工作和科學研究帶來極大的困難。因此，建構水下觀測(See-Through Ocean)技術將是發展海洋軍事科技的關鍵突破點。在水下探索過程中，能夠給予工作人員最直觀的訊息為即時影像，但由於深海環境嚴峻且太陽光因為海水特性未能傳遞至探索區域，導致影像訊息必須配合照明系統，才能使觀測之物件更為清晰。現階段，在船艦或水下載具的深海環境探索過程中，常使用聲納系統作為極遠距離物件的探索方式，但其提供訊息量遠小於影像訊息，未能提供物件準確之辨識，須仰賴船身或儀器靠近物件並透過相關照明系統的探索方式，以達到物件識別之功能。但上述探索方法有極高不便性與危險性，若能提前辨識物件之色彩、形樣或材質種類，將可對於潛水人員、船艦或無人載具的安全和成本風險降至最低。 藉由 Defense News 與 Quadrennial Defense Review 報告，都同時提及迷你無人載具若可匹配水下視覺技術，將可以第一人稱視角觀察水下狀況，但進行水下的觀測與辨識，最重要的莫過於是要有足夠的光源。目前常見的解決方法是以白光燈具做為輔助光源，然而呈現出來之影像品質容易因強光造成光暈、水中散射形成霧氣與色偏差現象導致光色偏向藍、灰色調，使得圖像品質不佳。因此，要成為一張可提供研究、觀測佐證的照片或影片，必須開發水下色彩還原照明與物件材質辨識技術，以降低後續研究或即時觀測之困難度。一般而言，可見光在水中進行傳遞時約在 4 公尺深時紅色首先被吸收、10 公尺時橘色被吸收，依序為黃、綠、藍等色，最後只有 10%的藍光可達 100 公尺深。綜合上述的影響，於水深 30 公尺時只剩約 10%的陽光，而到了水深 200 公尺已無任何光線，為趕上水下軍事科技技術能量，本計畫必須

		建立水下觀測技術以改善水下光線不足、對比度降低與色彩偏移等不良影響，仍能長距離掃描偵測水下各式威脅物件，完成物件材質辨識，提供水下物件資訊讓相關人員能精準決策、消除威脅障礙，以凸顯水下軍事科技的重要性。 本研究係屬科技部國防科技發展藍圖且與國際軍事科技同步研發水下觀測系統，本水下雷射辨識材質研究之計畫將整合水下雷射照明與威脅物件材質辨識系統，亦將導入光色調控技術、雷射白光技術與多波段雷射模組等前瞻技術。此設計不但可在遠處探索目標物的材質、近處觀測目標物的形樣，亦可還原物體色彩，改善色彩偏移問題，以提高船艦載具於水下環境的探勘與觀測之能力。
二	計畫目的	水下雷射辨識材質研究之目的是期待透過水下雷射照明與物件材質辨識系統之研發實現水下物件材質辨識、增程水下探索距離，實現船艦及水下載具之智慧辨識之能力。因此，本計畫目的為整合水下雷射/LED 異質光源融合模式，以強化所需探測物件的光能量並還原物體色彩。 本計畫將於<u>開放水域</u>執行以下性能試驗： (1)在<u>距離目標物 70 公尺內</u>時，以<u>多波段雷射光源</u>掃描範圍內的威脅物件，以水下雷射辨識模組辨識鋼、鋁、塑膠、陶瓷等，完成目標物件的材質辨識。 (2)在<u>距離目標物 50 公尺內</u>，以多波段雷射光源掃描範圍內的威脅物件，完成目標物件的材質辨識，搭配<u>水下雷射白光照明模組</u>觀測威脅物件的形狀或繫鏈等特徵。 (3)在<u>距離目標物 20 公尺內</u>，能以 <u>LED 多彩光源</u>還原威脅物件之色彩，可由物件型樣、顏色或編碼辨別水雷外型及種類，可讓觀測者建構新的水雷資料庫。 水下雷射辨識材質研究，可由不同距離，採用不同光源特色，辨別水雷等具威脅物件之種類，提供水下資訊讓相關人員能精準決策、消除威脅物障礙。
三	研究議題	水下環境探勘，需要強大水下技術投入，尤其影像及高危險物件辨識等相關技術，透過本計畫強化國內水下探索之技術，以增強水下軍事科技領域的實力。物體位於水下環境，容易產生光暈、霧氣與低演色性之現象，導致水下影像模糊不清，目標物的判斷能力大幅降低，本研究藉由雷射照明技術與多波段雷射能量測量技術，建構水下雷射辨識材質研究能量，增強探索目標物的材質、形樣與色彩，以提高水下環境的識別、探勘與觀測之能力。

本研究將創新開發水下雷射照明技術，提供探測部位的足夠光照能量，建立可長距離觀測目標物，再導入 LED 太陽光譜晶片強化燈具色域。本計畫之水下雷射白光照明的創新技術，首先利用光場平均餘弦與光傳遞散射機率法，建構水下雷射/LED 異質光源融合的傳遞模式，以此模型配合光色調控演算法則，便可強化所需探測物件的光能量並還原物體色彩；接著，物件材質辨識系統的創新技術，是利用多波段雷射其窄角光源特性，降低水下環境對光的散射作用，增長觀測距離突破目前水下目標物觀測的技術極限，再導入材質辨識演算法則，即是利用光譜入射物件前及反射後光譜分佈分析，判定此物件對於特定波長之吸收程度，建立光譜分析之模型進行水下物件材質的辨識技術。因此，本水下雷射辨識材質研究，不但可在遠處向目標物件進行探測攝影，而除強化部位外，其餘部位則保有較低的光能量，如此便可減少散射對觀測近距離目標物的影響。

綜合上述，本水下雷射辨識材質研究整合多波段雷射之水下能量測量技術、雷射白光照明光源和物件材質辨視技術，研發水下雷射照明模組與物件材質辨識模組於船舶載具，完成船艦與水下載具的探勘能力及遠距目標物材質之辨識功能。本計畫藉由研發船舶載具所需之水下雷射照明與物件材質辨識系統之過程，蓄積水下軍事科技研發的能量，進而以此計畫提供船艦載具遠距物件材質辨識功能，提供水下檢測、海域測量與深海探勘等研究之使用。

關鍵研究議題歸納說明如下：

1. 本計畫執行的重要性為以窄角光學光路設計，降低水下環境對光的散射作用，不但能提高照明品質而且可增長觀測距離，突破水下物件觀測的技術極限，提高水下環境的識別、探勘與觀測之能力。
2. 建立水下雷射白光照明模組，突破 50 公尺的水下物件照明技術，建立各式水雷資料庫。
3. 建立水下雷射辨識模組，執行水下多波段雷射光源傳遞實驗，進而瞭解雷射光於水下衰弱情況，並對於各種波段之雷射分析和模擬相對應之衰弱曲線，使材質辨識距離達到 70 公尺。
4. 蒐集水下目標物之種類，並執行水下目標物能量反射及吸收特性之實驗，建立目標物材質之光譜數據庫，分析光譜之差異性，使系統可辨識鋼、鋁、塑膠、陶瓷等材質。

		5. 透過前述實驗，導入類神經演算法，分析相異目標物反射光譜之特徵，建構智慧自動辨識光譜特徵之模型，加速辨識之速度並提高系統辨識度之準確性。 6. 完成裝置於船艦、水下載具並於封閉及開放水域進行水下環境探勘性能之評估。						
四	運用構想	水下雷射辨識材質研究包括水下雷射白光照明模組與物件材質辨識模組之研發，本計畫預劃於第 113 年度將上述模組裝置於船艦或無人載具上，並於封閉水域進行長距離(50 公尺以上)之物件搜索與觀測，解決傳統照明光源能量易被海水吸收及光型散射等問題，並展現光源對遠距離物件之探照能力。同時，針對水下物件進行材質的光譜分析，建置物件辨識之演算法，使船舶載具具備物件智慧判別能力，提高水下環境的辨識、監控、探勘與觀測之能力。 在研究成果的驗證方法，水下雷射白光照明模組能提供準直性較高的照明效果，並使用光能量映射法設計光路及透鏡，以實現高亮度的遠距離照明效果，並改善其物件之演色性或色彩還原效果。水下物件辨識模組則是藉由不同波長之雷射光能量，比對不同物件的材質反射能量，建置海洋物件的光譜資料庫並透過光譜能量結合的物件辨識演算法(待測物件設定為鋼、鋁、陶瓷、塑材等材料)，實現即時遠距水下物件辨識功能並運用於軍事船艦或水下載具。 本計畫可將 AI 科學專業導入水下科技和水下軍事技術層面，讓台灣海洋的水下技術有獨立自主之技術根基，逐步建置台灣自主設計研發的代表技術—水下雷射辨識材質於船舶及水下載具之應用。						
五	技術備便水準評估	本研究規劃於 112-113 年發展長距離雷射光照辨識系統於水下威脅物之材質辨識與驗證，相關研究核心之技術備便水準評估，重點整理如表 1 所示： 表 1. 核心技術備便水準評估表 <table border="1"> <thead> <tr> <th>年度\核心\評估</th><th>研究核心</th><th>TRL</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第一年期</td><td> 1. 研析水質對雷射傳遞之影響，並建立雷射光於水下影響因素之光譜能量衰弱模型。 2. 蒐集水下目標物之種類與材質，於空氣中及水下進行目標物材質表面特性之實驗，測量多波段雷 </td><td>TRL 3→TRL 4</td></tr> </tbody> </table>	年度\核心\評估	研究核心	TRL	第一年期	1. 研析水質對雷射傳遞之影響，並建立雷射光於水下影響因素之光譜能量衰弱模型。 2. 蒐集水下目標物之種類與材質，於空氣中及水下進行目標物材質表面特性之實驗，測量多波段雷	TRL 3→TRL 4
年度\核心\評估	研究核心	TRL						
第一年期	1. 研析水質對雷射傳遞之影響，並建立雷射光於水下影響因素之光譜能量衰弱模型。 2. 蒐集水下目標物之種類與材質，於空氣中及水下進行目標物材質表面特性之實驗，測量多波段雷	TRL 3→TRL 4						

			射的反射情況。 3. 於 <u>封閉水域</u> 驗證搭載於水下載具之水下雷射白光照明模組及水下物件材質辨識模組之性能。	
		第二年期	1. 延續第一年的成果改善相關系統，進一步發展水下雷射照明系統及水下雷射辨識系統。 2. 於 <u>開放水域</u> 驗證搭載於水下載具之水下威脅物材質辨識試驗與成效。	TRL 4→TRL 5
六	期程工項	本研究預定期程(112-113 年)執行重點摘要，如表 2 所示：		
		表 2. 期程工項之執行重點摘要表		
		年度\成果及驗測	研究結果	驗測方式
		第一年期	1. 完成 <u>水下雷射白光照明模組</u> ，內容包含:雷射/LED 照明系統光機結構與光路分析模擬；共焦拋物光學透鏡製作及光型量測評估；遠近光源調控演算法。 2. 完成 <u>水下物件材質辨識模組</u> ，內容包含:多光譜雷射能量檢測及分析；建立雷射衰弱模型(水質影響能量傳遞之關係)；分析物件與角度偏差時，反射光譜差異。 3. 研究成果報告乙份	於封閉水域執行船艦載具於水下環境探勘性能評估，測試結果於研究成果報告中呈現。

		第二年期 1. 完成<u>水下雷射照明系統</u>，內容包含:遠距照明光路設計透鏡製程；雷射/LED 全色域照明之光學特性量測及系統整合。 2. 完成<u>水下雷射辨識系統</u>，內容包含:分析物件多角度反射光譜能量，並建立旋轉角度與光譜能量的相關性；建立海洋物件反射光譜之資料庫；建置物件材質辨識的演算法及判斷方式。 3. 研究成果報告乙份 先於封閉水域執行水下雷射照明性能模組及水下物件辨識模組測試及調整，後於開放水域執行實際測試並於研究成果報告中呈現測試結果。																																
七	成本分析	一、申請補助經費： 金額單位：新臺幣元 <table><tr><th> 執行年次 補助項目 </th><th>第一年 (112年)</th><th>第二年 (113年)</th><th>全程總經費</th></tr><tr><td>業務費(a+b+c)</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>a.研究人力費</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>b.材料、耗材及雜項費用</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>c.差旅費</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>研究設備費</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>管理費</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>合計</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	執行年次 補助項目	第一年 (112年)	第二年 (113年)	全程總經費	業務費(a+b+c)				a.研究人力費				b.材料、耗材及雜項費用				c.差旅費				研究設備費				管理費				合計			
		執行年次 補助項目	第一年 (112年)	第二年 (113年)	全程總經費																													
		業務費(a+b+c)																																
		a.研究人力費																																
		b.材料、耗材及雜項費用																																
		c.差旅費																																
		研究設備費																																
		管理費																																
		合計																																

二、研究人力費

第一年

類別	金額	請敘明在「國防先進科技研究計畫」內擔任之具體內容、性質、項目及範圍（如約用專任人員，請簡述其於計畫內所應具備之專業技能、獨立作業能力、預期績效表現及相關學經歷年資等條件） <u>及計算方式</u>
主持人 計畫主持費		
兼任助理		
兼任助理		

第二年

類別	金額	請敘明在「國防先進科技研究計畫」內擔任之具體內容、性質、項目及範圍（如約用專任人員，請簡述其於計畫內所應具備之專業技能、獨立作業能力、預期績效表現及相關學經歷年資等條件） <u>及計算方式</u>
主持人 計畫主持費		
兼任助理		
兼任助理		

三、材料、耗材及雜項費用

第一年

類別	設備名稱	數量	單價	金額
材料費用				
耗材費用				
雜項費用				
金額合計				

		第二年																																													
		<table><tr><td>類別</td><td>設備名稱</td><td>數量</td><td>單價</td><td>金額</td></tr><tr><td rowspan="4">材料費用</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>耗材費用</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td rowspan="2">雜項費用</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td colspan="4">金額合計</td><td></td></tr></table>					類別	設備名稱	數量	單價	金額	材料費用																	耗材費用					雜項費用									金額合計				
		類別	設備名稱	數量	單價	金額																																									
		材料費用																																													
		耗材費用																																													
		雜項費用																																													
金額合計																																															
四、差旅費																																															
第一年																																															
<table><tr><td>類別</td><td>金額</td><td>說明</td></tr><tr><td>高鐵</td><td></td><td></td></tr></table>					類別	金額	說明	高鐵																																							
類別	金額	說明																																													
高鐵																																															
第二年																																															
<table><tr><td>類別</td><td>金額</td><td>說明</td></tr><tr><td>高鐵</td><td></td><td></td></tr></table>					類別	金額	說明	高鐵																																							
類別	金額	說明																																													
高鐵																																															
五、行政管理費																																															
第一年																																															
<table><tr><td>行政管理費</td><td>說明</td></tr><tr><td></td><td></td></tr></table>					行政管理費	說明																																									
行政管理費	說明																																														
第二年:																																															
<table><tr><td>行政管理費</td><td>說明</td></tr><tr><td></td><td></td></tr></table>					行政管理費	說明																																									
行政管理費	說明																																														
八	預期成果	1. 完成水下雷射白光照明模組與水下雷射辨識模組，並掛載於水下載具，於封閉水域進行各項性能的測試評估。 2. 完成水下雷射辨識材質之功能，獲得水下不同物件之反射光譜數據，建立新的水雷資料庫。 3. 水下雷射辨識材質研究，可由不同距離，採用不同光源																																													

		特色，辨別水雷等具威脅物件之種類，提供水下資訊讓相關人員能精準決策、消除威脅物障礙。
--	--	--

國家中山科學研究院 112 年「國防先進科技研究計畫」

構想書

計畫名稱：太赫茲多頻段感測器分析與設計 (1/3)		計畫期程：112-114 年
提案單位：電子所尋標組 聯絡人：徐新峯		電話：03-4712201#355390
項次	項目	研究內容
一	計畫背景	現今飛行武器、航空載具發展迅速，在躲避搜索、追蹤、鎖定等技術，也有被動的低反射截面積匿蹤、主動的電磁波干擾等方式。為能應對未來可能目標，增加並提高探索檢測頻率是必須的。院內在微波頻段探測技術頗有發展，若在此基礎上續往更高頻段延伸，必能收獲豐碩的果實。然高頻多頻段感測器技術尚有段基礎科學研究的必經之路，為了加速研發，縮短研究時程，本申請案擬與學術界共同研究，期透過與專家的合作研究，獲得寶貴的經驗，盡速完成高頻多頻段感測器之設計，並滿足本院各武器系統的客製化需求，擺脫國際鉗制與廠商哄抬價格的手段，迎頭追上現代的軍武研發進度。
二	計畫目的	全期目標為取得晶片化且整合高頻、多頻段感測器之設計與分析技術。目前先進製程多為各國管制項目，在實際應用上仍受限，以國內可取得之製程為優先考量。
三	研究議題	子題：30T~100T 之間，單一材料系統可整合之頻率為三倍的兩個頻段之感測器 子題：單一材料系統可整合之頻率為三倍的兩個頻段之晶片化 THz 感測器 子題：單一材料系統整合高頻多頻段多像素(>2x2)感測器
四	運用構想	1.本案擬取得高頻多頻段感測器之分析、設計與研製技術。高頻多頻段感測器執行時程預計為三年，以分批驗收方式，完成各項預期成果。 2.汲取國內學研界團隊在高頻感測器的經驗，透過執行期間密集的討論，從學研團隊獲取晶片化之高頻感測器設計的關鍵技術，包括最新的設計概念和方法，使本院積體光子晶片設計水準得以跟隨得上世界的腳步。
五	技術備便	1.本案包含高頻多頻段感測器分析與設計，證明技術概念，可提升 TRL 至 3。 2.將依據第六點之期程工項作為本案之里程碑。 3.預計每年執行 1 次期中查核及 1 次期末查核作為查核點。

	水準評估	4.各工項之評量指標，為依據校方提供之分析設計資料，是否符合計畫需求。									
六	期程工項	填寫說明：請分年列述預劃工項，若涉及實體產出，應律定測試驗證方式。 112 年工項 <table border="1" data-bbox="276 533 1075 698"> <tr> <td>研究議題</td> </tr> <tr> <td>30T~100T 感測器材料分析</td> </tr> <tr> <td>高頻多頻段感測器設計</td> </tr> </table> 113 年工項 <table border="1" data-bbox="276 788 1075 954"> <tr> <td>研究議題</td> </tr> <tr> <td>THz 感測器材料分析</td> </tr> <tr> <td>晶片化 THz 感測器設計</td> </tr> </table> 114 年工項 <table border="1" data-bbox="276 1043 1075 1209"> <tr> <td>研究議題</td> </tr> <tr> <td>高頻多頻段多像素感測器材料分析</td> </tr> <tr> <td>整合高頻多頻段多像素感測器設計</td> </tr> </table>	研究議題	30T~100T 感測器材料分析	高頻多頻段感測器設計	研究議題	THz 感測器材料分析	晶片化 THz 感測器設計	研究議題	高頻多頻段多像素感測器材料分析	整合高頻多頻段多像素感測器設計
研究議題											
30T~100T 感測器材料分析											
高頻多頻段感測器設計											
研究議題											
THz 感測器材料分析											
晶片化 THz 感測器設計											
研究議題											
高頻多頻段多像素感測器材料分析											
整合高頻多頻段多像素感測器設計											
八	預期成果	績效指標(KPI)： 晶片化整合高頻、多頻段感測器之設計及特性分析，包含國內製程可取得及材料特性。 預期成果(後續運用武器系統說明)： 本計畫成果所開發之高頻多頻段感測器，可應用於空間與功耗有限之國防裝備，例如機載或彈載之雷達。									
九	研發成果歸屬	本計畫研發成果歸屬：☐國防部☐中科院☒學研機構。									

中華民國國防部陸軍司令部 112 年「國防先進科技研究計畫」構想書

計畫名稱：利用嵌入式智慧化電控感應修正系統與晶片進行模組化自動補償設計開發		計畫期限：112年
分年經費規劃：		
全期經費額度：		研究領域：化學工程、材料工程、自動控制、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	國軍多數電控模組，因出廠年份較早；其作動原理多屬物理偵測、人工手動修正、調整作業模式，除無法有效即時偵測各運行（算）裝備、電控模組之反饋訊號外，若人員在操作期間需實施手動調整修正時，易因故障排除時間過久，暴露於敵方砲火攻擊風險，故急需以嵌入式智慧化電控感應修正系統機制降低操作員風險。 以國造蜂眼、雷霆及弓三等武器裝備研析評估為例；目前出廠大多將屆10年左右，其電控模組相關電子元件如：訊號控制盒、調速電路板、電源穩壓模板及發電機總成等…因部署環境、出廠年限久遠原因，將開始面臨整體電控模組相關電子零組件（電阻、電容、調節器等）機件物理老化、效能衰減、信號傳遞延遲外，且亦無法提供智慧化電控感應修正系統來有效維持系統穩定，更面臨某些元件隨著出廠年限久遠，修護難度大增，且面臨無商源可詢，進而影響裝備妥善及部隊戰備任務遂行。 本計畫電控模組關鍵電子元件，因使用久遠、機版老化，若無即時運用現行新式電子IC控制元件（操控系統）研究開發替代，易肇生「系統頻繁啟閉、發電機系統供電不穩、電驛元件失效及調速電路板訊號傳遞延遲等…異常訊號」導致裝備無法匹配故障，為改善此問題，本研究針對『訊號控制盒、調速電路板、電源穩壓模板及發電機等元件』加以整合及反覆測試，有效掌握最佳穩定參數，確保裝備妥善、延長裝備壽命。 綜上，為求裝備妥善、系統穩定及提升人員操作安全，本計畫採用嵌入式晶片核心內建SoC硬體研究設計，在執行更換電路板卡時，並不需要重新設定原有功能即可運作，系統自動監測、串連即可立刻修正，即時發揮裝備戰力，另在系統穩定性部分，板件上會自動診斷硬體設備，並發出故障參數、記錄，方便維修與預防性更新之智慧化元件，藉此次研究經驗，後續可導入國軍相同類型之武器系統，有效擷節國防預算，發揮全案之最大效益。

二	計畫目的	1. 藉先進科技針對系統全般研析研發導入新式科技元件整合，使系統優化提昇。 2. 研發嵌入式智慧化系統自動化監控與即時故障預判系統，將電控資訊自動擷取及反饋，導正電控輸出、供給錯誤、即時修正並以資料庫妥慎儲存後勤速度及任務遂行。 3. 即時監控、反饋修正，有效降低零（附）組件損壞頻率、可有效節省採購成本及後勤投成本入，並提高裝備妥善率，延長使用年限。 4. 藉本計畫技術移轉暨教育訓練，提升後勤人力維保素質。
三	研究議題	1. 以嵌入式智慧化模組整合執行系統自動化研製，於操控（作）期間監測『電控單元』，即時故障預判系統技術研發。 2. 設計自動化、人因化，確認模組之回饋補償功能，研製操控簡單功能相同，可模組化更換之零附件並提高零組件妥善率。 3. 改善電路、IC等零組件之耐候（腐）性、耐磨耗與耐久性，為達此要求，需於製造及設計進行性能改善【如：電控（機電整合、電路板、感測設備）技術、材料（原料分析、材料耐久（氣候、腐蝕性）及機構（震動、磨耗、防鏽（腐）蝕、防漏、氣密）設計改善等】。 4. 開發適用之電控模組自我檢查（測）系統，有效提升監測、即時修護能量，維持裝備妥善。
四	運用構想	1. 分析現有零組件之各項物理量，運用即時檢測系統回饋數據，並建立補償系統避免數值過高（低）影響裝備損壞。 2. 預防保養、監控系統擬以感測器，結合現代科技處理電流、電壓、壓力等數據技術進行研發，改善電路、IC等零組件之耐候。 3. 與國內學研單位進行關鍵組件之構型強度與材料分析及功能測試合作。 4. 整合國內相關廠商製造能量，力求開發供應鏈在地化。 5. 設計優化以促進後勤工作之維護效率。 6. 以檢驗測試確認模組之功能、強度、耐用及耐候性。
五	技術備便水準評估	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）之已完工及合格真實系統能通過測試與展示。本案將針對系統原型達到上述 TRL水準所需進行之設計、製造與測試工作進行規劃與執行。完成技術標的後，期望後續導入實戰系統並證實成功地通過作戰任務之使用，完成第九級（TRL9）目標。

六	期程 工項	1. 第一年： (1) 原設計研究：2 個月。 (2) 零組件設計開發評估：1 個月。 (3) 整體改善設計開發：3 個月。 (4) 成品開發2套（測試對照）含模組功能測試。 (5) 教育訓練（包含冷凍空調、引擎修護及數值電控）。 (6) 修護能量及測修儀具（含檢測軟體、硬體及自我檢測系統）移轉。 (7) 檢測標準數據提供。 (8) 裝備各附件材料分析（含BOM表、CAD/CAM圖檔）數據提供。 (9) 供應鏈（製造商）移轉。 (10)整合測試4 個月（含實裝實用 4 個月）。 2. 完成下列新品解繳： (1) 2具可獨立於系統之環控設備 (2) 2具模組化/可監控之人員操作訊號控制盒。 (3) 2具模組化調速電路模組 (4) 2具環控設備穩壓模組 (5) 2具動力系統穩壓模組 (6) 2具動力系統發電機模組 (7) 1具測檯型與2具隨身型（PAD）智慧化供電系統自動化監控與即時故障預判系統。 3. 模組功能與測試規劃如下： (1) 靜電與防潮功能防護： A. 模組搭載防ESD材料，並通過IEC61000-4-2 ESD靜電測試。智慧靜電感測，數據擷取過值示警。靜電感測防護太慢，改為電路立即接地放靜電。 B. 外殼防水盒加強氣密性防止滲入，電路板塗上三防膠（防濕氣、防塵、防化學物質）。 (2) 數位操作介面模組： 設計人機介面（HMI），機台各項指標參數即時呈現，以數位數值呈現，輕鬆簡單調至最佳參數（例如：溫度、濕度、氧氣濃度、換氣量、壓力計、電壓、電流、功率、油量）。 (3) 主動力監控保護系統： 監控發電機組（PPU）引擎之壓力與溫度、轉速及油耗即時狀況資訊，並監控發電機之電力參數，搭配顯示器以數字或模擬指針電錶即時監控顯示，且採樣率需達以上；另此監控保護系統須具備數值過高（低）之自動補償功能。 (4) 電控系統監控模組： • 擷取（ECU/PPU）各電控、發電機等輸出電壓及壓力...各項物理值感測器，設計智慧化控制器即時監測並 • 蒐集各硬體環境條件故障臨界點，整合至人機介面（HMI）提供指示燈，自動通知設備各狀態，並告知可能問題點。 (5) 智慧化數據資料儲放模組： 透由智慧化數據監測（Smart Box）將整體設備數據資料儲放於盒
---	----------	--

		內，能提供後勤人員維修參考各元件： A. 裝備運轉紀錄。 B. 即時物理量變化（如壓力計、電壓、電流、功率、油量）查閱。 C. 異常數據及原因： - 供後勤人員off-line讀取智慧化分析數據，進行不間斷優化達到整體設備最佳操作點（如油耗、用電量、耗材壽命等）。 - 透過歷史保養紀錄與預定保養規劃，通知下一次保養預計時間。 - 耗材建檔庫存，材質成分分析紀錄，加速更換時間與汰換準備。 (6) 實裝實用測試： A. 主動力（實機測試）監控測試： 引擎與空調壓縮機運轉應無異音、震動、急加速及咬死，並觀測發電機之電壓、電流、功率、相位與散熱（溫升情況），應等同或優於原廠之表現。 B. 測試平台測試： 以『環境控制系統/發電機組（ECU/PPU）單元』標準件執行空調系統（溫度、濕度、換氣量）、引擎系統（溫度、壓力、油耗）、電控系統及監測系統測試，可數據化呈現各檢測參數，測臺需具有自動充填壓縮機冷媒功能，有效執行相關出廠前性能測試。																				
七	成本分析	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 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">執行年次</th> <th>年度經費</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">補助項目</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">業務費</td> <td>研究人力費 （主持人、共同主持人費）</td> <td></td> </tr> <tr> <td>耗材、物品及雜項費用</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">差旅費</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">管理費</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">合 計</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	執行年次		年度經費	補助項目			業務費	研究人力費 （主持人、共同主持人費）		耗材、物品及雜項費用		差旅費			管理費			合 計		
執行年次		年度經費																				
補助項目																						
業務費	研究人力費 （主持人、共同主持人費）																					
	耗材、物品及雜項費用																					
差旅費																						
管理費																						
合 計																						
八	預期成果	1. 執行人員教育訓練。 2. 研發成果、專利歸屬國家所有（國防部）。 3. 研發智慧化監控技術應用在『電控模組系統』等，及建立智慧化監控，即時回饋相關參數，並設置補償元件，提早預警損壞情形，提高後勤速度及任務執行。 4. 導入先進科技，運用研發成果，透過蒐整智慧化數據分析，綜合各武器系統零組件延長裝備壽命，優化電控模組，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。 5. 本案研究計畫裝備解繳完成後，依契約提供成品 2 年售後服務、保固。
--	--	--

「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	射控系統/電機模組單元	4	此項目包含空調與環境控制總成。原廠使用設計係以原生產國之天候環境（大陸型氣候）條件為基礎實施研發與設計，我國部屬此裝備之操作環境大不相同，駕駛艙內精密模組因常曝露在夏天炎熱、高溼，冬天乾冷等不利裝備囤儲之運作環境。因此在後勤維護中，常發現裝備模組表面生成水膜影響電器絕緣（模組均屬非氣密性），或因冬天冷乾導致靜電產生裝備啟動瞬間故障、短路及衍生模組等各種損壞，影響整體運作。本案初步擬從模組防護處理、環境控制系統總成零(組)件進行改善設計，及設置監控系統，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 2 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	主動力監控保護系統	1	原模組無具備此系統，因此本項目擬整合智慧化數據分析及感測器等技術，建立主動力監控保護系統，藉此監控引擎運轉時之各項狀況，並即時顯示監控發電機之電力參數。	4	本計畫為此技術初步應用，因此需投入長時間研究並收集引擎、發電機各類型失效故障訊號，該資料亦需完整，以利演算分析及模型之建立。
3	測試平台	1	原模組未具備此系統，因此本項目擬整合監控軟體開發、智慧化數據資料存取等技術，建立數位化監控測試維修系統。	4	需同步在研究過程中，評估系統防水耐候性。
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。					

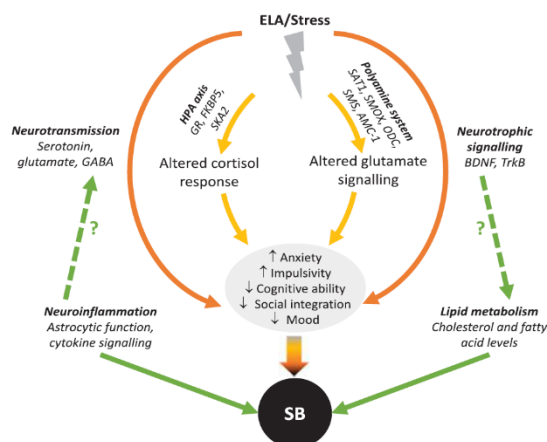
國防醫學院三軍總醫院112年「國防先進科技研究計畫」構想書

計畫名稱：探討自殺意念之早期徵兆、神經機制與防治策略	計畫期限：112年
分年經費規劃：	
全期經費額度：	研究領域：醫療科技
提案單位：國防醫學院三軍總醫院	聯絡人：張維洲
電話：02-8792-7244	

項次	項目	研究內容
一	計畫背景	<u>國軍自我傷害防治的重要性</u> 根據 World Health Organization (WHO) 統計，自殺在全世界是造成人類死亡的重要原因，每年近100萬人死於自殺，而企圖自殺的人數為自殺死亡的10-20倍之多 [Roy-Byrne, 2013]。自殺死亡占全世界青少年及年青成人（15 - 29歲）8.5%的死因，排行第二。台灣，自殺是重大公衛問題，2020年全國自殺死亡人數，共3,656人（每十萬人15.5人），死因排名第十一位（http://www.mohw.gov.tw）。自殺與精神疾病的相關性極高，尤其是憂鬱症 [Fu et al., 2013]。證據顯示，藥物治療反應不佳的重鬱症患者30%在其一生中會嘗試自殺，是對治療有反應者的2-4倍 [Bergfeld et al., 2018; Weissman et al., 2021]。 過去的資料顯示台灣的國軍精神科就診率為千分之3.67，每十萬人有7.1人自殺死亡（Ministry of National Defense, ROC, 2012）。雖然軍人自殺死亡率低於一般人的每十萬人19.5人 [Fu et al., 2013]，但在台灣及其他國家的軍隊，自殺皆為最重要致死原因之一 [Desjeux et al., 2004; Hyman et al., 2012]。軍人自殺對軍隊帶來重大影響，除了打擊士氣之外，也使得其他的軍中同袍置於危險的處境之中。以美國為例，美國國防部自2008年開始詳細記錄現役軍人自殺率迄今，從2011年到2020年，美軍所有軍種現役人員的自殺率都顯著增加，最新發布的2020年度自殺報告顯示 [美國國防部，2021]，美國現役軍人的自殺率，從2015年的每10萬現役軍人中20.2人自殺增加到2019年的每10萬人中26.3人自殺，2020年上升到28.7人，是2008年以來的最高數值，進一步分析，美軍預備役人員和國民警衛隊的自殺率在統計上保持平穩。美軍自殺率增加主要是來自於美軍現役部隊的自殺率統計上顯著增加。台灣常備部隊18萬8千人，列管後備軍人238萬人，在2017年世界50大軍事支出國家排名20名，也在2021年全球137個軍事力量中排行第21名 [中華民國國防部，2019]。國軍在2017年後，實施全體士官兵志願役與義務役併用的兵役制度，逐漸走向徵兵與募兵雙軌制。2018年起，實施募兵制，非志願役而達到役齡的常備役男性則改服4個月軍事訓練役。自2016年國防部將「零自傷」政策設為重大施政目標以後，2016年到2021年合計87件國軍自傷案件，其中80件死亡 [中華民國國防部，2022]，防治軍人自殺並探究其發生原因是台灣國軍的當務之急。 <u>自傷徵兆、歷程與機轉</u> 自殺被視是基因遺傳，精神心理及環境因子交互作用下所引發，Lutz等學者提出導致自殺行為生物學路徑（圖一），全基因組關聯分析（Genome-wide association studies, GWAS）已發現自殺的風險基因及特定基因座，例如晝夜節律時鐘調節基因，tyrosine代謝基因，憂鬱症風險基因 [Mullins et al., 2019]。壓力體質模式認為壓力與神經生物及精神心理的易感受性產生交互作用，適應不良的壓力反應將會引發自殺⁸。當代研究指出自殺的發病機轉中一個重要的角色—神經發炎 [Wisłowska-Stanek et al., 2021]，它刺激了 kynurenine pathway [Bryleva and Brundin, 2017]並造成血清素及褪黑激素的消耗 [Erhardt

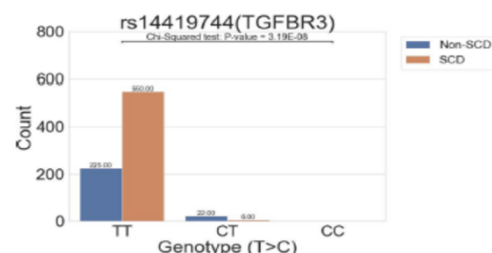
et al., 2013]。血清素的下降會增加衝動及攻擊性，促進發炎的cytokines則會激活 hypothalamic - pituitary - adrenal axis [Ganança et al., 2016]。kynurenic acid過多的代謝為具有神經毒性的quinolinic acid，其為N-甲基-D-天門冬氨酸（N-methyl-D-aspartate, NMDA）受體之拮抗物質，導致glutamatergic system 過度激活，腦源性神經滋養因子（Brain-derived neurotrophic factor, BDNF）製造下降，因此破壞神經可塑性並造成認知障礙，我們團隊也證實憂鬱症合併自殺風險病患，血中發炎指標有顯著上升並且與自殺風險呈正相關 [Chang et al., 2017]。

先前研究指出，有自殺意念的人，自我傷害前會有一系列行為轉變、不穩定的精神狀態與憂鬱症狀，在這段歷程中，常合併有耳鳴、主觀記憶抱怨（Subjective memory complaints）[Chu et al., 2016]等前驅症狀，其中，耳鳴常被視為壓力調適困難、重度憂鬱症及自殺行為的一個重要警訊，且影響專注力、情緒穩定度、警覺性等等與軍事任務高度相關的能力素質，因此耳鳴和聽力障礙不但阻礙溝通、影響個人身心，甚至可能會影響軍事任務的遂行；而認知或記憶障礙可能加重人際問題解決能力和壓力管理，產生負面的促進影響，進一步增加自殺的風險 [Williams et al., 2007]。主觀記憶抱怨，也稱為主觀記憶障礙（subjective memory impairment）或主觀認知能力抱怨（subjective cognitive complaints），是指患者主訴有認知障礙，例如難以記住名字或回憶放置物品的位置，但在客觀的神經心理測試中表現正常 [Jessen et al., 2014]。過去的研究發現，耳鳴或主觀認知抱怨與神經性發炎（neuroinflammation）高度相關 [Miller et al., 2013; Steptoe et al., 2007]，會增加患者將來發展為認知障礙，甚至轉化為失智或憂鬱的風險 [Lutz et al., 2017]（圖一）。因此，深入地了解這些自傷、憂鬱的前驅因子或徵兆對自我傷害防治是相當重要的。



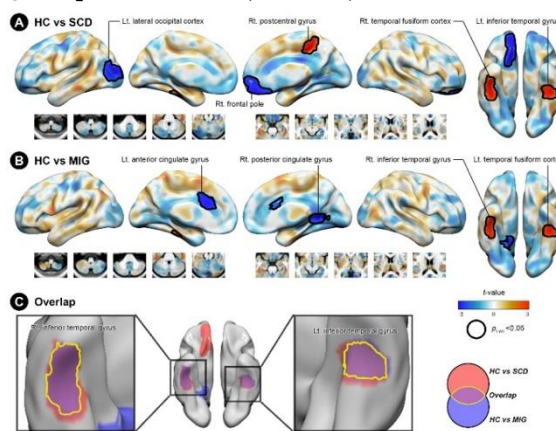
圖一. Lutz等學者提出導致自殺行為生物學路徑 [Lutz et al., 2017]。SB, suicidal behaviour; ELA, Early-life adversity; HPA, hypothalamic - pituitary - adrenal; 其中顯示神經發炎，神經可塑性，憂鬱，衝動，認知功能參與重要角色。

我們的研究團隊過去發現，許多神經系統疾病與患者認知功能障礙高度相關 [Chou et al., 2017; Tsai et al., 2016; Yang et al., 2016; Yang et al., 2017]。舉例來說，我們發現偏頭痛的發作頻率，會與患者主觀認知抱怨的嚴重度相關 [Chu et al., 2020]。近期我們也發現偏頭痛患者共病主觀記憶抱怨的關鍵基因變異（圖二） [Yeh et al., 2022]。雖然過去研究指出主觀認知抱怨的病生理機轉，可能與其他神經退化性疾病相關 [Schneider et al., 2009]，但目前對主觀認知抱怨致病之中樞關鍵機制，及其與自殺意念間的關係，仍多所未知。若能釐清主觀認知抱怨之可能中樞關鍵機轉，將有助於開發整合性之預防與追蹤對策，以減少患者日後的自殺風險。



圖二、rs14419744 (TGFB3) 變異等

近年來，高階的神經影像研究，如靜息狀態功能性磁共振影像（rs-fMRI），已被廣泛地運用於探討神經精神疾病的病生理機轉，以探究患者大腦功能性連結的改變 [Biswal et al., 1995; Le Bihan et al., 2001]。此外，基於體素的形態測量（VBM），也可應用於評估患者灰質體積（GM）的變化 [Ashburner and Friston, 2000]。我們先前研究指出憂鬱症病患內前眶額腦區底部區與海馬旁回及內顳葉有顯著的功能連結下降；然而，後眶額腦區底部區非但沒有這類功能性連結降低，反而與楔前葉、角回、側視覺皮層區有顯著的功能性連結增強，促使病患對負性感覺如自我、自尊反應的強烈感受 [Cheng et al., 2016]，而主觀認知抱怨患者的海馬、內嗅皮層和額顳葉區域的灰質體積較對照組減少 [Jessen et al., 2006; Peter et al., 2014; Saykin et al., 2006; Schultz et al., 2015; van der Flier et al., 2004]；但也有其他研究顯示，主觀認知抱怨患者腦部的灰質體積並沒有降低 [Selnes et al., 2012; Wang et al., 2012]。另外，在功能性磁共振影像研究中發現，與對照組相比，主觀認知抱怨患者在進行口頭情景記憶編碼任務時，其內側顳葉、枕頂葉和內側額葉皮層的功能活性會升高 [Rodda et al., 2009]。在另一功能性磁共振影像研究也發現，主觀認知抱怨患者在注意力分散任務期間，其內側顳葉、丘腦和後扣帶回的功能活性會升高 [Rodda et al., 2011]。其他的影像研究也發現，主觀認知抱怨患者其大腦會有區域性功能連結的變化 [Erk et al., 2011; Rodda et al., 2011; Sun et al., 2016]，白質微



結構的改 [Li et al., 2016; Selnes et al., 2012; Shu et al., 2018]，及代謝的變化 [Mosconi et al., 2008; Scheef et al., 2012]。最近我們研究團隊也發現，主觀認知抱怨及偏頭痛患者於海馬分區所共享的結構性連結改變的腦區（圖三），與其兩者間共病相關。綜合上述的研究結果，可發現迄今為止，關於主觀記憶抱怨患者腦部的功能性連結和結構變

化的研究發現，仍無定論。

圖三、主觀認知抱怨及偏頭痛患者於海馬分區所共享的結構性連結改變的腦區。

除了上述提到的核磁共振影像外，正子造影（PET）也可運用於檢測大腦代謝的早期變化，並協助認知障礙相關研究 [Kumar et al., 2015hi]。過去的研究也指出神經性發炎，與記憶和認知障礙的致病機轉高度相關；且先前的PET研究結果，也提供了神經性發炎與記憶障礙中樞病生理機轉的相關證據 [Zhou et al., 2021]。18 kDa translocase protein (TSPO, 又稱 peripheral-type benzodiazepine receptor, PBR)，是位於中樞與周邊神經系統細胞粒線體上，穿透內外膜的通道蛋白，在發炎過程中會急劇升高 [Bogdanović et al., 2014]。以TSPO為影像標之神經退化型疾病有阿茲海默症 [Kreisl et al., 2013]，巴金森氏症 [Ghadery et al., 2017]、多發性硬化症 [Venneti et al., 2009]、精神分裂症 [Kenk et al., 2015]、重度憂鬱症 [Li et al., 2017]。其中第二代TSPO正子造影劑- $[^{18}\text{F}]$ FEPPA已於三軍總醫院核子醫學部成功合成，並已應用至小動物正子影像，待TFDA申請通過後，即可應用至人體試驗。

綜上所述，過往及我們的研究指出，耳鳴、主觀認知抱怨患者及憂鬱症患者確實存在一系列的腦結構、功能性連結和代謝變異。然而，單獨使用MRI或PET之相關

研究，難以同步對患者之腦部結構、功能性連結和即時性代謝變化，進行彼此間相互關聯的了解；而目前對患者其腦部結構、功能性連結、即時性代謝改變、發炎區域或程度之縱貫性變化，及其與認知抱怨、憂鬱症狀乃至於自殺意念的相關性，仍多所未知。因此，若能同時將腦部MRI和PET影像系統整合，進行長期的縱貫性追蹤，將有助於提高對軍人自我傷害的早期防治、預後評估及病生理機轉的理解。

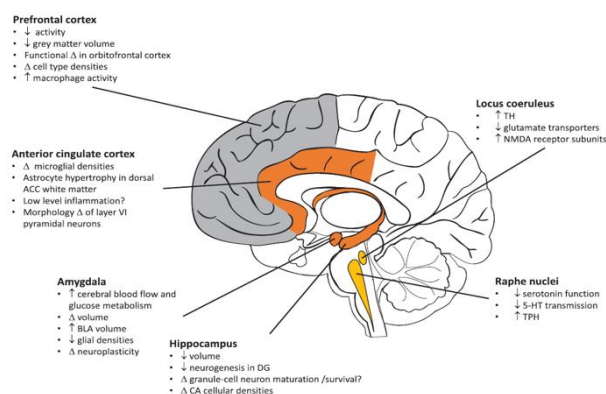
藥物、心理及新式磁刺激治療：

有自傷風險的病患，精神科住院是常規治療方式，期間給予藥物治療，心理治療，並限制病患運用可能致殘或致死方式自殺。住院及病房結構雖能短期降低自殺風險，但剛出院時的風險達到最高，並且高風險長時間維持不降 [Large et al., 2017]。證據顯示有些藥物可以降低自殺風險，例如：原核准用於治療雙極性情感疾患的lithium及核准用於治療思覺失調症的clozapine可以降低自殺風險，但有嚴重副作用及中毒的風險 [Meltzer et al., 2003; Young, 2013]。Esketamine鼻噴劑分別在2020及2022年取得美國及台灣食藥署核准用於治療重鬱症患者的急性自殺危險，但費用高，且需留意認知功能副作用及成癮的風險 [Jawad et al., 2022]。電氣痙攣治療 (Electroconvulsive therapy, ECT) 已知可有效降低自殺風險，但由於治療本身的死亡風險，污名化及可近性不足等，其使用因而限縮，不到1%重鬱症合併自殺危險患者接受此治療 [Fink et al., 2014]。

此外，腦部酬償系統 (reward system) 可能也在憂鬱症患者腦部扮演重要角色，臨床上嚴重的患者會出現對人事物失去興趣甚至自殺意念或行為，腦部酬償系統與人動機、享樂及快感有關，也因此憂鬱及自傷歷程中扮演重要角色 [Coccurello, 2019]，我們過往研究已發現憂鬱患者腦部酬償系統相關的迴路出現異常 [Cheng et al., 2016]，該系統與迴路在自傷歷程徵兆如耳鳴、主觀認知抱怨及憂鬱患者與自傷意念是否關聯，仍需進一步研究證實。更有趣的是，研究已指出低劑量K他命 (ketamine) 能達到快速治療憂鬱症的效果，特別是低劑量的K他命效果能在1-3天內出現 [Berman et al., 2000]，由於低劑量K他命是作用在 glutamate機制上的NMDA接受器，可以更接近憂鬱症的核心問題，新的研究也指出K他命施用可促進愉悅、亢進等行為特徵，亦可能跟酬償系統的改善有關 [Sterpenich et al., 2019]。

近期快速發展的重覆穿顱磁刺激術 (Repetitive transcranial magnetic stimulation, rTMS)，運用高強度、短暫的磁脈衝來引發目標皮層區域——背外側前額葉皮層 (dorsolateral prefrontal cortex, DLPFC) 的神經元去極化，從而以持久的方式改變皮層的興奮性及神經可塑性。美國食藥署在2009年，台灣在2018年核准用於治療藥物反應不佳的重鬱症患者，rTMS的療效在美國現役軍人族羣也獲得證實 [Roach et al., 2020]。

Lutz等學者提出與憂鬱及自殺相關的重要腦區 [Lutz et al., 2017]，由於

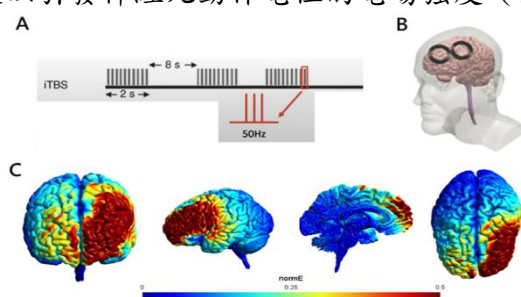


rTMS能分別直接及間接調節其中前額葉及前扣帶皮層的功能 (圖四)，近期在治療自殺風險的結果令人振奮。首先是美國國防部委託研究案，41位自殺風險的住院病患接受連續3天，每天3次的10Hz 6000 pulses加速型 (accelerated) rTMS (共9組；54,000次刺激) 能有效降低自殺風險 [George et al., 2014]。美國Eisenhower陸軍醫學中

心延續此治療方式，證實在120位有自殺風險的美國現役軍人上，能有效降低自殺風險 [Hines et al., 2022]。功能性腦影像研究顯示療效的可能機轉是透過降低額葉紋狀體的功能性連結 (frontostriatal functional connectivity)，顯示神經調節鎖定這個特定神經迴路時，將有潛力專一性減少與自殺相關的病理性訊息傳遞，並且這個功能性連結的變化會受到治療前額葉紋狀體白質完整性的侷限 [Barredo et al., 2021]。

圖四、Lutz等學者提出與憂鬱及自殺相關的腦區 [Lutz et al., 2017]。rTMS能分別直接及間接調節其中前額葉及前扣帶皮層的功能。

西塔高速叢集刺激 (intermittent theta-burst stimulation, iTBS)，是一種效能更佳的 rTMS 形式 [Huang et al., 2005]，運用高頻叢集刺激 (圖五A)，每秒5次50Hz三連發叢集 (bursts)，重覆性間隔時間 (每2秒開啟、每8秒停止) 刺激左腦背外側前額葉 (left dorsolateral prefrontal cortex, 圖五B)，產生足以引發神經元動作電位的電場強度 (圖三C)，透過增加突觸後鈣離子濃度



[Huang et al., 2009]，能有效引發神經元突觸的長期增強作用 (long-term potentiation, LTP-like effect)，iTBS 與 rTMS 療效相當但治療時間大大縮短，也獲得美國食藥署核准於治療藥物反應不佳的重鬱症患者 [Blumberger et al., 2018]。

圖五、(A)西塔高速叢集刺激 (intermittent theta-burst stimulation, iTBS) 的刺激模式；(B)運用八字型線圈以 iTBS 刺激左腦背外側前額葉；(C)運用 SimNIBS 2.1.2. 模擬 iTBS 引發的電場強度分佈。

近期研究顯示加速型 (accelerated, 每日增加為 ≥ 3 sessions)，適當間隔時間刺激 (至少 60 分鐘)，適當的強度 (90% resting motor threshold, rMT)，增加 pulses 數量 (600 pulses 增加為 1800 pulses，也稱為 prolonged iTBS, piTBS)，將帶來更快速有效的強化神經可塑性及抗憂鬱的作用 [Cole et al., 2020; Cole et al., 2022]。Desmyter 等人使用連續4天，每天5次的 iTBS 治療憂鬱症的自殺意念，結果發現無論 active 或 sham (= placebo, 偽治療) 治療都能顯著改善自殺意念 [Desmyter et al., 2016]，active 治療產生療效的可能機轉是透過 iTBS 強化了膝下前扣帶皮質-內側眼眶額葉皮質 (subgenual anterior cingulate cortex-medial orbitofrontal cortex) 的功能性連結，其增加降低了與自殺意念相關的無望感，並且在治療前這個功能性連結的強度有助於預測治療有反應者 [Baeken et al., 2017]。而 sham 治療產生的療效，可能是透過前額極皮層 (frontopolar prefrontal cortex) 血流灌注的下降，這個負責高階認知程序的腦區灌注減少，有助於改善自殺意念 [Baeken et al., 2019]。Desmyter 等人使用 iTBS 的刺激強度為 110% rMT，刺激間隔時間只有 15min，每個 session 僅 1620 pulses，總共 20 sessions 的刺激，並非最佳化的 iTBS 模式，且研究設計為 crossover，難以避免延續效應 (carry-over effect)。因此，我們團隊打算使用 piTBS 最新方法的 protocol，並採用 a two-arm parallel controlled trial，更能偵測到此療法的療效訊號。

二

計畫
目

本研究目的：

- (1) 探討自傷意念的形成、徵兆、生心理機轉及早期防治策略；
- (2) 耳鳴或主觀認知障礙患者的憂鬱及自殺風險篩選、神經機轉探討及早期介

	的	入； (3)最佳化的自殺風險治療策略及機轉研究。
三	研究議題	本計畫的目標是運用先進 PET/MRI 腦影像技術探索耳鳴、主觀認知抱怨、憂鬱症的病生理機轉，並輔以診斷、治療和長期追蹤患者的認知功能及自殺意念的縱貫性變化，達到國軍自傷防治的目標。我們假設憂鬱症促進因子如耳鳴、主觀認知抱怨等存在大腦結構、功能性連結和代謝變化，且這些變化會根據其行為、臨床症狀改變，甚至成為憂鬱症的前驅徵兆，乃至於增加自傷或自殺意念。為了驗證我們的假設，我們提出五年期研究計畫，預計運用最新穎的 PET/MRI 腦影像技術來探索患者縱貫性腦部結構、功能性連結和即時性代謝變化，並聯合探討發炎程度、憂鬱、躁鬱、臨床症狀與上述腦變化之關聯性，達到建立客觀神經影像特徵及早期診斷治療的目標。 在治療策略方面，本計畫採隨機雙盲對照研究設計，在藥物療效不佳的重鬱症患者族群，檢驗 accelerated piTBS 快速改善自殺意念的療效及安全性。我們假設，相較於 sham stimulation, accelerated piTBS 能有效改善自殺意念。次要目標是分析治療前後功能性腦影像的變化，以探討 accelerated piTBS 改善自殺意念的機轉。以往的功能性腦網路訊息與自殺意念表現型之間難以建立因果關係，其解釋性受限於過度依賴橫斷面設計的相關或對照研究，致於難以決定其關連性是源於自殺意念，功能性代償，或僅僅是表面現象。為處理上述難題，學界逐漸形成共識，運用組內研究設計（within-subjects design），實驗性操弄表現型的生理變項，來決定其對功能性腦網路訊息的影響。我們假設，膝下前扣帶皮質-內側眼眶額葉皮質的功能性連結與自殺意念強度呈現負相關 accelerated piTBS 治療後，這二個腦區的葡萄糖代謝標準攝取值皆下降，而 active accelerated piTBS 調節這個迴路的功能性連結而改善自殺意念強度，進而證實這個迴路異常與自殺意念的因果關係。各分項子題工作如下： 子題一：本子題預計於五年期間，建立耳鳴及聽力障礙患者的生理特徵、神經影像學標記及促進轉換為憂鬱症或自傷的機轉。內容包含： 1. 探討耳鳴、聽力障礙患者之腦部結構、功能連結與即時性代謝之診斷生物標記。 2. 提供耳鳴、聽力障礙患者相關治療並檢視其腦部結構、功能連結與即時性代謝的診斷生物標記變化。 3. 探討憂鬱症合併耳鳴的患者之腦部結構、功能連結與即時性代謝之診斷生物標記。 4. 追蹤耳鳴、憂鬱指標轉變與自殺意念關聯，並檢視腦結構、功能連結與代謝等生物標記變化。 5. 追蹤患者治療後各年之腦結構、功能連結與即時性代謝等生物標記變化。 6. 檢視診斷生物標記與臨床發現、主觀問卷之相關性。 子題二：本子題預計釐清主觀認知抱怨患者之縱貫性認知、記憶衰退變化及憂鬱指數、自殺意念間的腦區、網路及各項關聯，除促進對主觀認知抱怨患者縱貫性記憶障礙所涉及中樞關鍵機制的理解，協助製定整合預防和追蹤策略，達到減少未來併發自殺之風險。此子題內容步驟如下： 1. 探討主觀認知抱怨患者之腦部結構、功能性連結等影像學標記的橫斷面變化。 2. 探討主觀認知抱怨患者其腦部即時性代謝之影像學標記的橫斷面變化，並探討其與腦部結構、功能性連結影像間之相互關聯。 3. 多年追蹤主觀認知抱怨患者，探討其腦部結構、功能性連結和即時性代謝

		等影像學標記的縱貫性變化及各項臨床指標關聯。 4. 提供主觀認知抱怨患者客觀的神經影像學標記，以幫助區別、診斷和預測患者的認知衰退；並評估其縱貫性變化和臨床記憶症狀與自傷意念間之關聯性。 5. 探討主觀認知抱怨轉換至憂鬱症及自傷意念機轉。 子題三：本子題預計首先釐清難治型重鬱症合併自殺意念患者，其自殺意念強度與腦部即時性代謝及功能性連結之間的橫斷面關聯性，其次驗證非侵入腦刺激術快速改善自殺意念的療效及安全性，最後釐清治療前後自殺意念改善的縱貫性變化，與腦部即時性代謝之影像學標記及功能性腦影像分析結果變項的縱貫性變化之間的關聯，以進一步釐清大腦功能與自殺意念的因果關係。本子題不但促進對重鬱症自殺意念所涉及中樞關鍵機制的理解，協助製定軍人自殺防治的策略，並發展快速改善自殺意念之創新療法，達到個別化精準醫療目標。此子題內容步驟如下： 1. 探討難治型重鬱症合併自殺意念患者，其自殺意念的強度與功能性腦影像分析結果變項的橫斷面關聯性。 2. 探討難治型重鬱症合併自殺意念患者，其自殺意念的強度與腦部即時性代謝之影像學標記的橫斷面關聯性，並探討其與腦部功能性連結影像間之相互關聯。 3. 採用隨機雙盲對照研究設計，驗證新型的重覆穿顱磁刺激術—加速型，最佳化的西塔高速叢集刺激，目標刺激左腦背外側前額葉皮層，在難治型重鬱症合併自殺意念患者，快速改善自殺意念的療效及安全性。 4. 探討西塔高速叢集刺激前後的腦部即時性代謝之影像學標記及功能性腦影像分析結果變項，釐清此療法於大腦神經網絡的作用機轉，並藉以發展精準治療的生物指標。 5. 探討難治型重鬱症合併自殺意念患者，治療前後自殺意念改善的縱貫性變化，與腦部即時性代謝之影像學標記及功能性腦影像分析結果變項的縱貫性變化之間的關聯，以進一步釐清多模式功能性腦影像標記與自殺意念的因果關係。
四	運用構想	臨床症狀 耳鳴 主觀 認知抱怨 憂鬱 自殺 MRI 腦部結構 改變 腦部 功能連結 改變 PET 腦部代謝 改變 神經性發炎 本計劃假設憂鬱症促進因子如耳鳴、主觀認知抱怨等，存在大腦結構、功能性連結和代謝變化，可作為憂鬱症的前驅徵兆，乃至於增加自傷或自殺意念進行探索，釐清相關病症的生理機轉及早期診斷、治療，達到國軍自殺防治的目標。

		子計畫一 耳鳴患者 自殺意念 無 有 實驗組一 實驗組二 子計畫二 主觀認知抱怨患者 (Jessen et al. 2014) 自殺意念 無 有 實驗組一 實驗組二 子計畫三 健康成人 對照組 藥物治療反應不佳 重鬱症患者 piTBS 隨機分配 active (n=50) sham (n=50) 為驗證本計劃上述假設，我們預計運用最新穎的 PET/MRI 腦影像技術，來探索患者縱貫性腦部結構、功能性連結與即時性代謝變化。並聯合探討發炎程度、憂鬱、躁鬱、臨床症狀與各項腦影像指標關連性，達到建立客觀神經影像特徵與早期診斷，防治國軍自殺的目標。																																										
五	技術備便水準評估	本案關鍵技術為 PET/MRI 腦影像技術，主要之研究分析方法詳列於下： <table><tr><th>項次</th><th>關鍵技術名稱</th><th>現有TRL等級</th><th>TRL 評定理由</th><th>目標TRL等級</th><th>風險評估說明</th></tr><tr><td>1</td><td>PET/MRI 影像技術擷取</td><td>9</td><td>已應用於研究與臨床領域</td><td>9</td><td>自殺風險之受試者於 PER/MRI 影像收取之臨床議題，可能會面臨配合度、影像品質等相關困境</td></tr><tr><td>2</td><td>PET 發炎指標</td><td>4</td><td>本團隊已熟悉該技術，並於學界發表相關論文</td><td>5</td><td>驗證理論能應用於自殺風險患者，並確立其與憂鬱、躁鬱之臨床關連性</td></tr><tr><td>3</td><td>PER/MRI 功能性、結構性連結</td><td>4</td><td>本團隊分別於 PET 與 MRI 相關領域進行研究，並於學界發表論文</td><td>5</td><td>初步驗證相關影像指標與自殺風險相關</td></tr><tr><td>4</td><td>PET/MRI 縱貫性影像分析</td><td>6</td><td>本團隊已熟悉該技術，並運用於其他疾病，於學界發表相關論文</td><td>6</td><td>介入疾病治療之風險與影像指標之相關性</td></tr><tr><td>5</td><td>PER/MRI 疾病與指標關連性分析</td><td>3</td><td>本團隊已熟悉該技術，並運用於其他疾病，於學界發表相關論文</td><td>4</td><td>初步驗證並聯合探討發炎程度、憂鬱、躁鬱、臨床症狀與各項腦影像指標關連性</td></tr><tr><td>6</td><td>PET/MRI 早期診斷、防治</td><td>2</td><td>運用影像預測疾病的技術已在學界發表論文</td><td>3</td><td>初步驗證此影像技術可應用於自殺風險之評估</td></tr></table>	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	PET/MRI 影像技術擷取	9	已應用於研究與臨床領域	9	自殺風險之受試者於 PER/MRI 影像收取之臨床議題，可能會面臨配合度、影像品質等相關困境	2	PET 發炎指標	4	本團隊已熟悉該技術，並於學界發表相關論文	5	驗證理論能應用於自殺風險患者，並確立其與憂鬱、躁鬱之臨床關連性	3	PER/MRI 功能性、結構性連結	4	本團隊分別於 PET 與 MRI 相關領域進行研究，並於學界發表論文	5	初步驗證相關影像指標與自殺風險相關	4	PET/MRI 縱貫性影像分析	6	本團隊已熟悉該技術，並運用於其他疾病，於學界發表相關論文	6	介入疾病治療之風險與影像指標之相關性	5	PER/MRI 疾病與指標關連性分析	3	本團隊已熟悉該技術，並運用於其他疾病，於學界發表相關論文	4	初步驗證並聯合探討發炎程度、憂鬱、躁鬱、臨床症狀與各項腦影像指標關連性	6	PET/MRI 早期診斷、防治	2	運用影像預測疾病的技術已在學界發表論文	3	初步驗證此影像技術可應用於自殺風險之評估
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	PET/MRI 影像技術擷取	9	已應用於研究與臨床領域	9	自殺風險之受試者於 PER/MRI 影像收取之臨床議題，可能會面臨配合度、影像品質等相關困境																																							
2	PET 發炎指標	4	本團隊已熟悉該技術，並於學界發表相關論文	5	驗證理論能應用於自殺風險患者，並確立其與憂鬱、躁鬱之臨床關連性																																							
3	PER/MRI 功能性、結構性連結	4	本團隊分別於 PET 與 MRI 相關領域進行研究，並於學界發表論文	5	初步驗證相關影像指標與自殺風險相關																																							
4	PET/MRI 縱貫性影像分析	6	本團隊已熟悉該技術，並運用於其他疾病，於學界發表相關論文	6	介入疾病治療之風險與影像指標之相關性																																							
5	PER/MRI 疾病與指標關連性分析	3	本團隊已熟悉該技術，並運用於其他疾病，於學界發表相關論文	4	初步驗證並聯合探討發炎程度、憂鬱、躁鬱、臨床症狀與各項腦影像指標關連性																																							
6	PET/MRI 早期診斷、防治	2	運用影像預測疾病的技術已在學界發表論文	3	初步驗證此影像技術可應用於自殺風險之評估																																							
六	期程工項	第1年（112年）研究規劃： 1. 預計招募主觀認知抱怨、耳鳴患者、憂鬱症患者、共病混和者及健康受試者共計60人，並完成分組、臨床診斷、認知評估、憂鬱評估和自傷意念評估等。																																										

2. 收集所有受試者的PET/MRI 腦影像，包括 T1WI、T2-FLAIR、DTI、rsfMRI 和¹⁸F-FDG/¹⁸F-FEPPA。
3. 完整紀錄各組病患治療方式並定期完成心理、認知評估及臨床症狀進展。
4. 識別各組患者的橫斷面腦結構、神經及功能性連結、即時性代謝變化的表徵。
5. 檢視腦結構、神經及功能性連結和即時性代謝變化及各項認知、臨床量表的關係。
6. 發表二篇期刊論文，除向國人展示研究成果，亦促進國際社會交流合作。

第2年（113年）研究規劃：

1. 持續招募主觀認知抱怨、耳鳴患者、憂鬱症患者、共病混和者及健康受試者，完成分組、臨床診斷、認知評估、憂鬱評估和自傷意念評估等，並追蹤參與治療的個案。
2. 收集所有新招募受試者的PET/MRI 腦影像，包括 T1WI、T2-FLAIR、DTI、rsfMRI和¹⁸F-FDG/¹⁸F-FEPPA。並完成部分參與治療的個案追蹤。
3. 完整紀錄各組病患治療方式並定期完成心理、認知評估及臨床症狀進展。
4. 持續識別各組患者的橫斷面腦結構、神經及功能性連結、即時性代謝變化的表徵。
5. 交叉比較各組患者的腦結構、神經及功能性連結和即時性代謝變化及各項認知、臨床量表的關係。
6. 發表二篇期刊論文，除向國人展示研究成果，亦促進國際社會交流合作。

第3年（114年）研究規劃：

1. 持續招募主觀認知抱怨、耳鳴患者、憂鬱症患者、共病混和者及健康受試者，完成分組、臨床診斷、認知評估、憂鬱評估和自傷意念評估等，並追蹤參與治療的個案。
2. 收集所有新招募受試者的PET/MRI 腦影像，包括 T1WI、T2-FLAIR、DTI、rsfMRI和¹⁸F-FDG/¹⁸F-FEPPA。並完成部分參與治療的個案追蹤。
3. 完整紀錄各組病患治療方式並定期完成心理、認知評估及臨床症狀進展。
4. 識別各組患者的橫斷面及縱貫面腦結構、神經及功能性連結、即時性代謝變化的表徵。
5. 交叉比較各組患者的腦結構、神經及功能性連結和即時性代謝變化及各項認知、臨床量表的關係。
6. 建立耳鳴、主觀認知抱怨、憂鬱症患者與自傷意念的追蹤成果及關聯。
7. 發表三篇期刊論文，除向國人展示研究成果，亦促進國際社會交流合作。

第4年（115年）研究規劃：

1. 持續招募主觀認知抱怨、耳鳴患者、憂鬱症患者、共病混和者及健康受試者，完成分組、臨床診斷、認知評估、憂鬱評估和自傷意念評估等，並追蹤參與治療的個案。
2. 收集所有新招募受試者的PET/MRI 腦影像，包括 T1WI、T2-FLAIR、DTI、rsfMRI和FDG/¹⁸F-FDG/¹⁸F-FEPPA。並完成部分參與治療的個案追蹤。
3. 完整紀錄各組病患治療方式並定期完成心理、認知評估及臨床症狀進展。
4. 識別各組患者的橫斷面及縱貫面腦結構、神經及功能性連結、即時性代謝變化的表徵。
5. 交叉比較各組患者的腦結構、神經及功能性連結和即時性代謝變化及各項認知、臨床量表的關係。
6. 建立耳鳴、主觀認知抱怨、憂鬱症患者與自傷意念的生物標記及預測模型。

		7. 建立適切各組患者治療程序與預後模型。 8. 發表三篇期刊論文，除向國人展示研究成果，亦促進國際社會交流合作。 第5年（116年）研究規劃： 1. 持續招募主觀認知抱怨、耳鳴患者、憂鬱症患者、共病混和者及健康受試者，完成分組、臨床診斷、認知評估、憂鬱評估和自傷意念評估等，並追蹤參與治療的個案。 2. 收集所有新招募受試者的PET/MRI 腦影像，包括 T1WI、T2-FLAIR、DTI、rsfMRI和¹⁸F-FDG/¹⁸F-FEPPA。並完成部分參與治療的個案追蹤。 3. 完整紀錄各組病患治療方式並定期完成心理、認知評估及臨床症狀進展。 4. 識別各組患者的橫斷面及縱貫面腦結構、神經及功能性連結、即時性代謝變化的表徵。 5. 交叉比較各組患者的腦結構、神經及功能性連結和即時性代謝變化及各項認知、臨床量表的關係。 6. 建立耳鳴、主觀認知抱怨、憂鬱症患者與自傷意念的生物標記及預測模型。 7. 建立包含300人次的耳鳴、主觀認知抱怨、憂鬱症患者與自傷意念的完整評估、影像數據庫作為後續AI模型訓練基礎，為未來個人化評量檢視奠定基礎。 8. 完成適用於國軍的自傷預測、評估、防治及治療策略與完整計畫結案報告。 9. 發表三篇期刊論文，除向國人展示研究成果，亦促進國際社會交流合作。
七	成本分析	
八	預期成果	1. 預期成果未來應用方向建議： 預期建立國軍自傷的先期徵兆、指標、病程歷程、神經機理、早期防治及最佳治療策略。 2. 對於參與之工作人員，預期可獲之訓練： (1) 耳鳴、聽力障礙、主觀認知抱怨、憂鬱症的臨床診斷與知識 (2) 自傷或自殺意念形成歷程與神經機轉 (3) 新穎腦正子及磁共振影像知識及分析技術 (4) 自傷早期徵兆、歷程與憂鬱症患者的橫斷面及縱貫性統計分析 (5) 國軍自傷防治及最佳治療策略 3. 預期完成之研究成果： (1) 自傷意念形成歷程、徵兆、生心理機轉及最適治療方式 (2) 耳鳴、聽力障礙、主觀認知抱怨及憂鬱症與自殺意念形成的機轉關聯 (3) 自殺徵兆及憂鬱症的腦神經網絡、代謝等生理指標及機制 (4) 國軍自傷的先期指標、早期防治策略及生心理可塑性機轉 (5) 建立包含300人次的耳鳴、主觀認知抱怨、憂鬱症患者與自傷意念的完整評估、影像數據庫作為後續AI模型訓練基礎，為未來個人化評量檢視奠定基礎 (6) 總計發表十篇以上國際期刊論文，除向國人展示研究成果，亦促進國際社會交流合作，共同防治國軍及國人自殺

		4. 對於學術研究、國家發展及其他應用方面預期之貢獻： (1) 釐清並建立自殺的先期徵兆、指標、病程歷程及神經機理等重要知識訊息 (2) 釐清自殺意念與憂鬱症關聯及機轉，並提供最快速治療策略 (3) 建立早期自殺防治策略 5. 提高本團隊於國際神經科學界的研究競爭力並促進國際合作。
--	--	--