

---

# 第 32 屆國防科技學術研討會議事手冊

## 目 錄

第 32 屆國防科技學術研討會論壇領域、場地及時間對照表	2
第 32 屆國防科技學術研討會議程表	3
系統工程講座(101 教室)	4
環境資訊及工程論壇議程表(102 教室)	5
黃埔建軍百年軍備發展論壇議程表(105 教室)	7
資電優勢論壇議程表(202 教室)	7
航太產業論壇議程表(205 教室)	8
化生放核論壇議程表(211 教室)	9
雷達產業發展論壇議程表(201 教室)	10
論文發表議程表	11
收錄論文摘要	27
收錄論文編號	100
渴望會館交通路線圖	106

# 第 32 屆國防科技學術研討會論壇之領域、場地及時間對照表

議 程													
時間													
0800~0900	報到、領取資料												
0900~1000	開幕典禮、貴賓致詞及演講 主持人：國防大學校長 講演者：中興大學講座教授 林俊良博士												
1000~1020	休息（茶敘）												
教室													
1020~1200	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">105 教室</td> <td style="text-align: center;">101 教室</td> <td style="text-align: center;">102 教室</td> <td style="text-align: center;">205 教室</td> <td style="text-align: center;">211 教室</td> <td style="text-align: center;">201 教室</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">黃埔建軍百年 軍備發展論壇</td> <td style="text-align: center;">兵器系統及載具工程 論文發表</td> <td style="text-align: center;">環境資訊及工程 論文發表</td> <td style="text-align: center;">機械、機電、能源及 航太 論文發表</td> <td style="text-align: center;">應用化學及軍用材料 論文發表</td> <td style="text-align: center;">電子、通訊、光電及 半導體 論文發表</td> </tr> </table>	105 教室	101 教室	102 教室	205 教室	211 教室	201 教室	黃埔建軍百年 軍備發展論壇	兵器系統及載具工程 論文發表	環境資訊及工程 論文發表	機械、機電、能源及 航太 論文發表	應用化學及軍用材料 論文發表	電子、通訊、光電及 半導體 論文發表
105 教室	101 教室	102 教室	205 教室	211 教室	201 教室								
黃埔建軍百年 軍備發展論壇	兵器系統及載具工程 論文發表	環境資訊及工程 論文發表	機械、機電、能源及 航太 論文發表	應用化學及軍用材料 論文發表	電子、通訊、光電及 半導體 論文發表								
1200~1320	午餐												
1320~1500	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">黃埔建軍百年 軍備發展論壇</td> <td style="text-align: center;">系統工程講座</td> <td style="text-align: center;">環境資訊及工程論壇</td> <td style="text-align: center;">資電優勢論壇</td> <td style="text-align: center;">航太產業論壇</td> <td style="text-align: center;">化生放核論壇</td> <td style="text-align: center;">雷達產業發展論壇</td> </tr> </table>	黃埔建軍百年 軍備發展論壇	系統工程講座	環境資訊及工程論壇	資電優勢論壇	航太產業論壇	化生放核論壇	雷達產業發展論壇					
黃埔建軍百年 軍備發展論壇	系統工程講座	環境資訊及工程論壇	資電優勢論壇	航太產業論壇	化生放核論壇	雷達產業發展論壇							
1500~1520	休息												
1520~1550	閉幕典禮暨頒獎												

中華民國 112 年 11 月 10 日（星期五）

## 第 32 屆國防科技學術研討會議程表

中華民國 112 年 11 月 10 日 (星期五)		
時間	程序	地點
08:00~09:00	註冊、報到	渴望園區 國際會議廳
09:00~09:10	開幕式 (校長主持)	
09:10~10:00	專題演講 中興大學講座教授 林俊良 博士	
10:00~10:20	休息 (茶敘)	
10:20~12:00	專題論壇、論文發表 (海報論文張貼暨準備)	渴望園區 各論壇議場
12:00~13:20	午餐(海報論文評選)	渴望園區
13:20~15:00	專題論壇、講座 (海報論文評選)	渴望園區 各論壇議場
15:00~15:20	休息	渴望園區
15:20~15:50	閉幕典禮暨頒獎	渴望園區 國際會議廳

## 系統工程講座(101 教室)

時間	程序
10：20～12：00	<p>主持人：國防大學理工學院 曾有志 副教授</p>
	<p>論文發表</p>
12：00～13：20	午餐
13：20～15：00	<p>主持人：國防大學理工學院 李永隆 副教授            與談人：國防大學理工學院 葛明德 教授</p>
	<p>演講者：            逢甲大學航太工程學系            張淵仁 教授</p>
	<p>演講題目：            AI 無所不在-從理論基礎、實際應用到未來發展</p>

## 環境資訊及工程論壇議程表(102 教室)

時間	程序
10：20～12：00	<p>主持人：國防大學理工學院 簡志峻 助理教授</p>
	<p>論文發表</p>
12：00～13：20	午餐
13：20～15：00	<p>主持人：國防大學理工學院 蔡營寬 副教授(一)            國防大學理工學院 蔡世樵 副教授(二)            與談人：國防部整評司 張應中 處長</p>
	<p>演講者：            三聯科技公司 鄭丁興 博士(一)            海軍官校 鍾育仁 副教授(二)</p>
	<p>演講題目：            國家關鍵基礎設施於近代敵情威脅下之戰力保存策略(一)            三維海洋監控的未來、無人海洋滑翔載具之發展與應用(二)</p>

## 黃埔建軍百年軍備發展論壇議程表(105 教室)

時間	程序
10：20～12：00	主持人：國防科技學術研究學會 何台華 博士
	演講者： 國防大學理工學院 孫懷谷 榮譽教授 軍備局第 205 廠 王光宇 技術員
	演講題目： 我國輕兵器的發展
12：00～13：20	午餐
13：20～15：00	主持人：國防大學理工學院 崔怡楓 院長
	演講者： 中科院 葉嘉範 營運長
	演講題目： 軍備自主-中科院之任務與成果

## 資電優勢論壇議程表(202 教室)

時間	程序
10：20～12：00	主持人：國防大學理工學院 賴泰宏 助理教授
	論文發表
12：00～13：20	午餐
13：20～15：00	主持人：國防大學理工學院 余琬瑜 助理教授 與談人：國防大學理工學院 周兆龍 副教授
	演講者： AWS 朱自慶 經理
	演講題目： 利用雲端資源建構安全、強固、靈活資電環境-以 AWS 與美軍合作為例

## 航太產業論壇議程表(205 教室)

時間	程序
10：20～12：00	<p>主持人：國防大學理工學院 尤懷德 副教授</p>
	<p>論文發表</p>
12：00～13：20	<p>午餐</p>
13：20～15：00	<p>主持人：國防大學理工學院 孔健君 教授(一) 國防大學理工學院 尤懷德 副教授(二) 與談人：國防大學理工學院 賴渝翔 助理教授</p>
	<p>演講者： 中央大學 趙吉光教授(一) 無人機協會 吳修廉理事長(二)</p>
	<p>演講題目： 太空科技與國防應用(一) 無人機管理及發展策略(二)</p>



## 化生放核論壇議程表(211 教室)

時間	程序
10：20～12：00	主持人：國防大學理工學院 葉早發 榮譽教授 龍華科技大學 沈新明 教授
	論文發表
12：00～13：20	午餐
13：20～15：00	主持人：國防部陸軍司令部 龐廣江 少將 與談人：國防大學理工學院 吳國輝 教授
	演講者： 國防部陸軍司令部 戴志謙 上校(一) 國防大學管理學院 石裕川 教授(二)
	演講題目： AI 人工智慧化學兵運用探討(一) 化學兵作業強度智慧化評估與前瞻(二)

## 雷達產業發展論壇議程表(201 教室)

時間	程序
10：20～12：00	主持人：國防大學理工學院 聶若鹽 副教授 國防大學理工學院 藍建武 副教授
	論文發表
12：00～13：20	午餐
13：20～15：00	主持人：中科院電子所 李華錦 博士 與談人：中科院電子所 林銘勇 主持人
	演講者： 中科院電子所 吳剛宏 博士
	演講題目： 高頻地波雷達探測原理與發展

## 第 32 屆國防科技學術研討會發表議程及論文摘要

時間	10：20~12：00	場地	101 教室
類別	兵器系統及載具工程	主持人	曾有志副教授

**四輪獨立驅動電動車主動容錯扭力向量控制**

林暉鈞 陳柏全 吳祈陞 任國光 游國輝 施伯霖

10：20~10：35

本文之目標主要在於發展一套四輪獨立驅動電動車故障偵測及容錯控制架構，近年來由於四輪電驅動車輛相比於傳統四輪驅動車輛的優點受到廣泛地研究及應用，然而整個系統包含較多的制動器大幅提升整體系統的複雜性，當馬達發生故障時需要進行偵測及隔離。本文使用積分線性平方調整器設計直接偏航力矩控制，以追隨方向盤轉角產生的偏航角速度參考命令，接著透過二次規劃法分配滿足偏航力矩命令及縱向力命令之四輪馬達扭力，並使用適應性殘差門檻值及扭矩有效因子估測偵測馬達故障，當輕微故障發生時，透過動態調整重配置因子及權重進行控制重配置，故障嚴重時則透過控制重組隔離故障馬達，並透過剩餘馬達維持車輛性能及穩定性。最後透過 CarSim 進行模擬驗證，當馬達發生故障時能偵測到並進行主動容錯控制維持一定程度的性能及減少駕駛修正方向盤轉角的負擔。

**具非線性液氣式懸吊系統八輪甲車之半主動懸吊控制**

張家榕 尤正吉 朱子文

10：35~10：50

本研究針對搭載液氣式懸吊之八輪甲車建立一具有六自由度的半車數學模型，並使用線性二次調節控制策略結合增益調度來開發半主動懸吊之最佳化控制策略。由於八輪甲車配備之液氣式懸吊系統具有非線性彈簧剛性和非對稱阻尼係數之特性，因此本研究通過提取非線性剛性和非對稱阻尼係數的方法獲得最佳化控制增益集，並利用各軸懸吊之運動狀態以查表方式獲取相應的增益矩陣，實現線性二次調節控制器結合增益調度之最佳化控制策略。最後使用 Matlab/Simulink 結合 TruckSim 軟體進行驗證，探討八輪甲車以高低兩種速度下行經減速墊、壕溝、隨機路面時，車身加權加速度、俯仰角加速度、彈簧升程量和輪胎變形量受路面激勵的反應；結果呈現，線性二次調節搭配增益調度之控制方式相較傳統使用單一增益矩陣之控制方式能更有效抑制車身加權加速度和俯仰角加速度，提高甲車的舒適性能。

**水下音傳之通道脈衝響應模式建立與驗證**

邱永盛 張銘祥 謝明謀 蔡允辰

10：50~11：05

水下防衛科技的發展，需仰賴大量的高擬真聲學數據資料及精準聲學模型作為水下偵蒐、通訊等武器系統之設計依據。海洋環境之水下聲學通道為高時變之多路徑通道，而借助精準模型對系統性能進行評估成為一重要步驟。鑑此，擁有精準的時變聲學多路徑模擬模型，可用以模擬水下通道於各種不同系統的應用成為非常關鍵的需求。水下聲通訊系統的發展，其應用面

包括魚雷、無人載具、水雷、潛艦與水面艦的水下通訊系統，影響系統應用成效的關鍵在於掌握真實水下環境，而隨著通道系統設計的深入，特別是當涉及水下通訊抗通道衰減及抗信號失真技術的設計時，需要用到真實的(台灣周邊海域的真實環境參數)高時變多路徑之模擬模型，用以評估通道技術的有效性和性能。該模型之精準度關鍵主要有兩點：(1)模式是否使用海洋聲學傳播模式、與(2)對於台灣周邊海域海洋參數的掌握，且需能進一步將海域海洋參數與聲學傳播模式結合。由於市面上缺乏仿真水下信號及通道分析之商用軟體，因此在系統設計上面，僅能對訊號損失簡單情況近似求解，因而在設計上必須借助大量實測數據，而實測數據需仰賴天氣與船隻人員配合，所需之成本及時間皆不斐，因此皆為本項目工程發展之重要內容及課題。本計畫開發目的明確，將以 3 年期發展模式與獨立量測系統進行策畫，主要工作有三：(1)將建置一套適合台灣周邊海洋環境(左高海域或台灣西南海域等，符合水深 250 至 350 公尺之相關通訊環境)的時變聲學多路徑模型，以提供精準的水下通道脈衝響應為主要開發標的，作為主動聲納系統以及水下長距(大於 5km)聲波通訊數據機未來開發之依據。(2)除開發模型之外，為能有效驗證其模式，本計畫將運用主動與被動聲納建立一套能獨立在實海域上能量測水下通道脈衝響應之系統，並結合實海域的海上量測進行模式驗證。(3)並透過此模型與海洋參數的結合、海上量測技術建置與脈衝響應模式的驗證，可以分析通道變動的因子並量化其差異，回饋給模式做自我修正。本計畫自民國 111 年開始執行，目前正執行第二年度之研發工作，本論文彙整本計畫至目前為止之研發內容與成果，包含水下音傳之通道脈衝響應模式之建立過程與水下音傳通道量測系統之建置工作。

### 應用頭部鈍傷標準評估軍用頭盔防護性能

謝易全 陳幼良 曾有志

11 : 05 ~ 11 : 20

頭盔是作戰中最重要的單兵防護裝具，主要是用來保護頭部免於戰場上的砲彈破片、鈍器撞擊等威脅。抗穿透性和背面變形量為現今頭盔防護性能的兩項重要測試指標，但對於頭部損傷程度的關聯並無量化的判別依據，而未貫穿的彈道撞擊並不代表配戴的作戰人員頭部不受到損傷。藉此，本研究採用符合 NIJ 規格的油泥頭模，經彈道測試後，以 3D 掃描量測技術獲取受槍擊的背面變形量。將頭部鈍傷標準(BC)作為抗彈防護效能的評估指標。研究發現符合背面變形量標準邊緣的防護頭盔，仍潛存著頭部損傷的發生風險，未來可應用本研究測試評估方法，以頭部損傷程度評估頭盔的防護效能，作為頭盔研改設計及測試標準訂定參考。

### 應用有限元素模擬不同複合式疊層結構對於抗爆性能影響

葉家維 陳幼良 沈柏成 林佳詩

11 : 20 ~ 11 : 35

本研究主要目標在於建立爆炸數值模擬分析能量，以高強度鋼板/多孔金屬/聚脲高分子材料等組成複合式結構單元件，並應用 LS-DYNA 軟體，分析不同厚度組合對於抗爆性能之影響。在等厚度條件下，對 6 種疊層結構進行數值模擬，獲取結構體受到爆震波衝擊產生的位移、凹陷範圍、加速度、吸收能等數據進行分析，結果顯示，若以背板中心位移量為設計考量時，以 Laminate\_02 具有最佳抗爆性能，若以疊層重量為設計考量時，Laminate\_05 則具有最大單位重量吸能效益。

## 基於系統工程方法之水下滑翔機構型設計與開發

李永隆 李彥廣 劉宗龍

11 : 35 ~ 11 : 50

我國潛艦國造正如火如荼的進行，蒐集作戰海域周邊水文資料為不可或缺之先期工作。經研究顯示，水下滑翔機因其獨特的推進方式，可執行長時間與大範圍的水下偵測工作，另系統工程程序之執行為確保所發展之產品可滿足性能需求之可靠方法。據此，本研究運用系統工程方法與程序，並以國造潛艦作戰環境為基礎，推導出水下滑翔機之系統需求、功能架構與構型設計。為設計符合系統功能之外腔體構型，以原實驗室先期發展之滑翔機為基礎，提出具減阻效果之設計方案。本研究基於上述之目的參考麥林及 58 系列之水下載具構型，運用計算流體力學之數值模擬方法進行構型優化設計。研究結果顯示所設計之外型水動力性能優於現有之滑翔機，繼而滿足藉系統工程程序推導之性能需求，同時亦驗證系統工程方法之有效性。

## 第 32 屆國防科技學術研討會發表議程及論文摘要

時間	10：20～12：00	場地	202 教室
類別	資訊科技及應用	主持人	余琬瑜助理教授

**武器系統關鍵裝備之狀態分析與後勤支援整合設計**

吳建興 林淇淮 吳士樑 張耕齊 方際勛 李勁緯 侯建良

10：20～10：35

現行後勤支援方式為利用裝備之平均失效間隔時間 (Mean time between failure, MTBF) 制定維修策略。然而，對於高價值、關鍵性裝備而言，此傳統方法缺點在於高維修成本與低妥善率等疑慮。為配合裝備之自主後勤能力，本計畫將配合委託單位之需求，先行透過文獻分析、文字探勘等方法釐清一武器系統 (雷達裝備) 之關鍵裝備及其關鍵特性，以利委託單位後續針對所釐清之關鍵特性建構關鍵裝備之失效模式及發展其後端之後勤支援系統架構；依所建構之武器系統關鍵裝備之失效模式與後勤支援系統，委託單位可有效進行武器系統關鍵裝備之剩餘壽命預測，進而採取防範性之維修管理措施，以確保武器系統性能之長期穩定性。

**自動化物聯網裝置搜尋及漏洞檢測平台**

黃仁竑 林佳幼

10：35～10：50

隨著物聯網技術的快速普及，各種聯網裝置數量也迅速增加，進而暴露出許多潛在的風險和漏洞。儘管過去的研究已針對 IoT 安全進行了探討，但多數僅聚焦於裝置搜尋，未能提供一個同時具備漏洞關聯的整體性解決方案。而且隨著防火牆的阻擋愈來愈嚴格，物聯網設備特徵愈來愈不明顯，這些商用物聯網裝置搜尋網站所顯示的物聯網裝置類別的錯誤率也快速上升。為解決日益複雜的物聯網安全挑戰，本研究關注於建立適用於內網的高效能物聯網裝置搜尋平台以及如何以更直觀的方式關聯並呈現漏洞資訊，從而輔助用戶更好的識別與管理網路中的 IoT 裝置。本研究應用的機器學習方法在裝置分類方面表現出良好的效果，證明了本研究在解決 IoT 安全管理問題上的實際價值，為未來相關研究方向奠定了堅實的基礎。

**在 Wi-Fi 無線網路中，以被動方式辨識資源侷限之物聯網裝置**

余梓萁 林津緯 李奇育

10：50～11：05

在這幾年間，物聯網架構的應用在全世界已經越來越盛行。在所有物聯網裝置所採用的連線技術當中，室內物聯網場域特別偏好使用 Wi-Fi 來將物聯網裝置連上網路。儘管這些物聯網裝置替我們的生活帶來了許多便利與效率，它們卻時常容易成為惡意人士攻擊的目標，因為大部分的物聯網裝置並不具備充足的軟、硬體資源來防範這些攻擊。因此，如何確保這些資源侷限的物聯網裝置的安全是一門相當重要的課題，並仰賴學術研究社群能夠花費更多精力以提出適當的解決方法。同時，物聯網裝置之辨識也能夠間接地幫助提升物聯網環境的安全性。考量到物聯網裝置本身受限的軟、硬體資源，在這篇論文當中，我們提議運用能夠反應出一台裝

置運算資源的通訊協定標頭欄位作為特徵，來辨識出不同物聯網裝置的裝置類別、裝置類型、製造業者以及裝置型號。為了要正確且有效率地從這些資源相關的特徵當中擷取出分類的依據，我們設計了一套機器學習架構，該架構將數個多元分類器(Multi-class classifier) 階層式地組織起來，以在空間和時間成本之間取得較好的平衡。此外，為了要成功辨識不斷被研發出來的新物聯網裝置，我們提出了一個基於雲端運算的物聯網裝置辨識架構，該架構利用雲端伺服器集中式地學習新的物聯網裝置的辨別特徵，並將這些學習的結果分享於所有與之相連的 Wi-Fi 網路當中，使得這些網路中的裝置皆能有效地被辨認出來，並避免了多個網路間原本可能發生的重複計算。我們手動地收集了來自 35 台市面上的物聯網裝置以及 5 台通用型裝置的網路流量，並以此資料集來評估所提出之辨識架構的功效。

### 非侵入性生理參數預測軍事人員最大能量代謝

陳靖軒 傅思凱 曾國維 石裕川

11 : 05 ~ 11 : 20

軍事人員的最大體能戰力與最大能量代謝測試 (maximal metabolism test, MMT) 密切相關，而標準測試方法較耗時，限制了實際應用的效率。因此，本研究目的為分析出最適合的非侵入性生理參數組合，以預測軍事人員的 MMT。方法：招募 12 名軍事人員（男性 6 名；女性 6 名）進行身體組成分析及 MMT。統計方法使用簡單線性迴歸分析 (simple regression analysis) 及多元線性迴歸分析 (multiple regression analysis)，建構與 MMT 相關性最高之生理參數組合。結果：以體脂率 (body fat percentage, BFP) 對 MMT 的決定係數最高 ( $R^2 = 0.777$ ,  $p < 0.001$ )。預測模型為  $[MMT = 51.99 - 0.55 \times BFP]$ 。淨體重 (lean body mass, LBM) 與 BFP 的組合預測 MMT 結果顯示，LBM 的迴歸統計不達顯著 ( $p > 0.05$ )。在 BMI 與 BFP 的組合顯示，BMI 的迴歸統計不達顯著 ( $p > 0.05$ )，僅需 BFP 即預測 MMT ( $p < 0.05$ )。其他組合中，皆無所有生理參數同時達顯著。結論：多項生理參數組合對於 MMT 預測無較高的決定係數，故建議以單一非侵入性生理參數 BFP 預測軍事人員的最大體能戰力，以縮短評估時間，進而有效調配適當的兵力配置。

### 艦艇海域測試場之海洋及音響參數調查與資料庫建立

邱永盛 陳琪芳 張元櫻 魏瑞昌 羅建育

11 : 20 ~ 11 : 35

近年來，我國海軍戰術正面臨現代海戰與國土防衛需求，因此境外決戰成為重要議題。為強化海軍防衛，政府積極推動國艦國造，計劃未來十年在國內建造多艘艦艇。這些艦艇在正式投入服役前，需要經過嚴謹的海域測試，包含音響條件測試與航行動態條件測試。海上測試場必須為外在干擾因素低的安靜安全水域，深度介於 50 至 500 公尺，地形平坦。為確保艦艇安全測試與準確量測，對海域的海洋環境與音響參數要有高度了解。本整合型計畫之整體目標為依需求進行小琉球海域測試場之調查，探究地形、海床底質、水文等海洋環境條件，以及中低頻音傳特性、混響強度、背景噪音等音響環境條件。運用資料分析上述各參數於不同時間尺度下之變動性以及空間相關性，最後將提供艦艇海域測試場的資料庫、迴歸公式、數值模式、海域特性分析報告。本計畫為三年期計畫，目前已完成三年度測試場海域調查工作，完成海域環境參數與聲學參數之分析，同時完成測試場範圍之水文、地形、底質、環境噪音、水下通道多路徑資料及音傳損耗等資料庫，並建立檢索模組整合資料以作後續使用和研究。

### 量子密鑰分發系統之技術分析與建立

黃聖耀 陳彥儒 蔡宗穎 施彥安 王立邦 褚志崧

11:35~11:50

近年隨著物聯網迅速發展，網路安全更顯得重要，然而今天我們的網路通訊安全多仰賴數學的複雜性，因此只有短期、有條件性的安全性。相較之下，在量子密鑰分發裡，光子擁有無法被複製的量子性質，其量子狀態(即密鑰位元)在傳遞的過程中無法被窺探，故能防範密鑰被第三方竊取或保存，因而能利用「一次性密碼本」加密達成絕對安全的通訊。不過，量子位元編碼方式在不同的場域下會受到不同程度的干擾，也會有不同的實驗限制，這些干擾或限制若造成量子位元的錯誤率過高，不但會降低密鑰率，甚至會因為錯誤率超過安全閾值而讓第三者有很高的機率取得密鑰，因此仔細評估各種場域的干擾和實驗的限制對量子密鑰分發安全性的影響是相當重要的。我們利用理論分析量子密鑰分發協議的安全性，選擇適合光纖場域的最佳協議，並實現台灣第一套以半導體雷射為光源的量子密鑰分發系統。



## 第 32 屆國防科技學術研討會發表議程及論文摘要

時間	10：20~12：00	場地	102 教室
類別	環境資訊及工程	主持人	簡志峻助理教授

**碳纖維混凝土於高應變率荷載之力學行為研究**

李有豐 蔡營寬 徐培耀

10：20~10：35

混凝土結構經常受到動態荷載的破壞，如車輛在剛性路面或橋梁伸縮縫的反復衝擊加載、地震力、化工廠的爆炸、軍事要塞的火砲和導彈襲擊。因此，於混凝土中加入不同長度與添加量之碳纖維鋼筋混凝土抵抗衝擊波載荷。本研究利用分離式霍普金森壓桿(SHPB)針對碳纖維混凝土進行試驗以了解該材料在高應變率(102~104 s<sup>-1</sup>)下之力學行為與其材料組成律。在進行試驗時規劃以高速攝影機記錄試體的破壞行為，並記錄各組試體撞擊過程的試體破壞狀況。研究成果作為後續碳纖維混凝土應用於軍事工程的依據。

**海洋邊界層物理機制與大氣導管高度分布之研究(3/3)**

蔡世樵 侯昭平 喬孟聆 李誌彬 廖文頌

10：35~10：50

大氣導管效應是超視距雷達可進行遠距離探測的主因，不論是發生在海洋上之蒸發導管或發生在高空之空中導管，均可能使電磁波以較小的路徑損耗傳播到更遠之距離，進而達到超視距作戰之目的。大氣導管效應受大氣海洋邊界層參數影響甚鉅，因此，如何有效掌握及預測大氣海洋環境將是超視距雷達能否順利運作之關鍵；然而，現今中尺度數值天氣預報模式雖對一般大氣折射條件能做出不錯的預報，但用於大氣導管之預報卻不太理想，主要原因為模式之物理機制和參數設定有待改進，以及海洋上觀測資料的缺乏，造成分析及驗證上的困難，且如何評估此現象對電磁波傳播之影響更是一大難題。有鑒於此，本研究將延續 110~111 年國防科技學術合作計畫「海洋邊界層物理機制與大氣導管高度分布之研究(1/3~2/3)」研究成果，持續運用無人機之高解析度大氣折射率剖面觀測資料，並與模式模擬結果進行相互比對，以調校出各特定天氣條件下模式之最佳參數設定組合；同時，亦利用無人機實測之大氣折射率剖面，進行電磁波射線軌跡、傳輸路徑損耗及涵蓋範圍模擬；此外，透過岸基雷達及 AIS 船位訊號，實地驗證各特定天氣條件下之超視距雷達參數(電波穿透角及最小陷捕頻率)，以評估大氣導管現象發生時對電磁波傳播路徑及能量衰減之影響。

### 自動化海氣象浮標加裝水聲量測與海面影像系統建立暨即時回傳研發

黃清哲 吳立中 劉冠汶 溫閔植

10:50~11:05

反潛作戰中，為能夠發現航行船隻、潛艦等移動目標物，水中聲音的監測相當重要，對目標聲源進行定位亦是反潛作戰中相當重要之環節。本研究應用被動時間反轉法與聲線法，建立水中聲源三維定位的方法，並以十字形水聽器陣列，在將軍漁港進行實海域的水中聲源三維定位測試。為能同步偵蒐水面目標，本研究亦透過海上資料浮標為平臺，發展一套長期與即時回傳海面影像之監測技術，進行海面全方位視訊監控。由於視訊監控獲取的影像資料數據龐大，透過人工辨識海上目標所耗費的人物力與時間成本甚鉅。為強化海面大量影像數據的資訊彙整，本文導入人工智慧(AI)技術為核心的自動辨識船艦目標影像之技術，藉此強化水面視訊監控船艦目標之能量。本研究整合水中聲源定位與水面目標偵測技術，並透過海洋資料浮標作為建置平臺，預期可為反潛作戰兵力有效部署與戰術應用提供必要資訊，成為未來反潛作戰中的利器。

### 臺灣周邊海域內波模擬預報

吳祚任 毛正氣 李皓元

11:05~11:20

台灣周邊海域為我國海軍演訓任務之主要地區，因此為了準確掌握台灣周邊海域海流、波浪與溫鹽之變化，亟待建立一套自動化、作業化海洋數值預報模式。本研究以 sbPOM 數值模式為基礎，從頭建立完整執行流程，其內容包含系統套件安裝與模式編譯、資料前後處理，並完成美國東部海岸範例測試。為完成台灣與南中國海海域的模擬，本研究先由海床地形、水溫、鹽度和水流速度等關鍵邊界條件進行了多重測試和調整，以美國東岸範例為基礎，修改不同輸入參數，以確保模擬的精確性和可信。完成美國東部海岸之範例測試後，我們針對計算區域進行多項邊界條件調整，包括改變模擬範圍、修改海底地形、修改流速邊界數值模式。透過建構並驗證適合臺灣海域之內波數值模式，用以了解臺灣周邊海域內波之發生機制與行為。

### 研發單兵可攜式戰場三維空間資訊量測系統

高書屏 王豐良 伍志宗

11:20~11:35

本研究開發低成本、易操作且精巧之微型 UAV，於連級單位遂行作戰任務時，可同時派出多台微型 UAV 進行偵查作業，若遭敵軍擊毀部分微型 UAV，仍可繼續執行戰場環境偵蒐任務，不僅提供目標影像回傳功能，可透卷積神經網路方法，自動標定目標物，並利用攝影測量技術計算目標物之坐標，達迅速支援戰場環境資訊蒐整之目標，俾利戰場指揮官有效掌握戰場情勢。研究成果於戰時應用於目標測量、標定及追蹤，平時可應用於邊坡災害影響範圍之測量、土石流監控及人員搜救等災害防救任務。

## 利用衛星資料及深度神經網路反演海面風場及浪高

陳致穎 陳登舜 葉南慶 徐子圭

11:35~11:50

海面上的風場以及浪高對於海軍各單位的任務執行順利與否，絕對是不可或缺的氣象參數之一。要獲取廣大洋面上的風場及海浪高度資料，主要是海上浮標及沿岸和島嶼氣象站，但浮標數量相對於廣大洋面而言，數量明顯不足，所以利用衛星資料觀測海上風場以及浪高補足海面上浮標觀測量的不足，進而增加海軍船艦航行海域之氣象參數(風場、浪高)情資。本研究利用衛星反演近海面風場，並求出各項氣象參數與海浪高度的相關性，選擇相關性高的氣象/海象參數輸入深度神經網路，進而反演並預測海浪高度，並與浮標觀測之實際進行分析比對，以實際個案驗證該方法預測海浪高度的準確性及實用性。最後本研究使用 DNN 之計算，藉以增加波浪場之解析度，使得模擬數值之結果與浮標觀測值更接近。

## 第 32 屆國防科技學術研討會發表議程及論文摘要

時間	10：20~12：00	場地	101 教室
類別	機械、機電、能源及航太	主持人	尤懷德副教授
<b>錨碇式水下監偵與即時定位通訊整合技術開發(2/3)</b>			
陳信宏 周佑誠 蕭毓宏 王兆璋 邱永盛 郭芳旭 李昶緯 陳柏棋 張家溥 許家維 張旭光 宋雨霖			
10：20~10：35			
<p>本研究目標為開發錨碇式水下監偵與即時定位通訊整合技術，系統架構包含水下監偵定位錨碇系統(SurLo)、聽音錨碇系統(LiMo)、與海陸無線資料中繼浮標(RADaR)三串錨碇，探討議題包括：錨碇系統設計與定位、目標物聲紋水下監偵與定位、陸海即時通訊與資料傳輸之中繼浮標設計。本研究依據過去一年技術開發與實海域測試的成果進行系統改善設計，本文呈現目前進展成果，包括：SurLo 錨碇串列改良設計、免量測水層聲速剖面之 GPS/Acoustic 測地定位演算法開發、水下聲學訊號處理模組之開發、目標聲源加入噪音之模擬與分析、水下無線通訊協定之改良、SurLo 運作時長之水池測試、SurLo 資料擷取與通訊之實海域測試、海面/水下無線通訊系統改善與修正、RADaR 中繼節點浮標系統設計。</p>			
<b>運用人工智慧技術導入馬達預測維護診斷之研究</b>			
方彥博 張簡嘉壬 劉育成 鍾秉勳 陳品均 林碧龍			
10：35~10：50			
<p>近年來國防裝備不斷注入高科技能量，傳統的故障診斷、維修保障技術逐漸難以適應新的要求，維修費用在全壽命週期費用中所佔的比重越來越大。為了節約維護成本，避免資源浪費，國防裝備推廣使用預測性維護技術來提高武器裝備安全性，降低武器裝備故障率。隨著人工智慧技術(Artificial Intelligence Technology, AI)被廣泛應用，不僅解決問題並且獲得良好效果。高科大鐵道技術中心自主開發一馬達特性量測平臺，本文透過該測臺檢測服役中的馬達狀態，基於時域及頻域信號結合機器學習演算法，以倒傳遞神經網路(Back-Propagation Network)與艾爾曼神經網路(Elman Neural Networks)探討馬達在單一故障及雙重故障狀態，實例比較兩種演算法應用於故障診斷上的優越性，以便提前發現可能出現的故障，並制訂預測性維護計畫。</p>			
<b>F16 智能空戰近戰纏鬥之研究</b>			
彭兆仲 陳怡和 陳冠廷 蔣孟桓 賴旻琦 蔡岩霖 何容 李和洋 池昭賢			
10：50~11：05			
<p>本文之目標在於建立智能空戰平台，以驗證開發之演算法可控制 F16 戰機進行有效之空戰任務。平台開發以 6DoF 飛行動力學、非線性控制設計及人工智慧(Artificial Intelligence, AI)演算法開發為主要理論基礎，進行智能空戰纏鬥設計。在控制方面，本研究推導出 F16 飛行</p>			

動態方程，並設計可實現之控制架構；演算法開發上則透過強化學習，以課程式訓練作為學習空戰之策略，並已初步完成水平飛行之任務，未來將整合兩者之技術，以實現於智能空戰平台中。此平台不僅提供擬真之空戰平台進行演算法驗證，亦可進行人機交互之虛擬空戰，以訓練飛官進行空中纏鬥之訓練作為階段性的研發任務。

### 新一代戰機環境控制系統動態程式開發

顏毓泰 胡耕銜 游翔駿 江承宥 李明蒼 陳玉彬

11 : 05 ~ 11 : 20

本研究主旨為建立戰機環控系統熱力循環的動態數值模型，使其符合新一代戰機的性能設計需求。參考研究文獻中的飛機環控系統架構，本研究以 MATLAB Simulink 建構環境控制系統的熱力系統模擬模型。根據參考資料以及熱力學原理，建立環控系統的穩態數值模型，代入戰機飛行模式與環境參數，計算工作流體在環控系統中各節點的熱力學狀態。模型考慮環控系統與關鍵元件的動態響應，可用於動態模擬計算戰機飛行時的環控系統熱力學狀態。

### 熱塑性推進劑技術開發

賴玟妤 林旻杰 伍怡蓁 陳偉徵 黃智峯 郭紹偉 洪詩雅 林懿潔 江淑嬪 盧世福

11 : 20 ~ 11 : 35

本計畫目的為開發新一代熱塑性推進劑材料，其與無鹵氧化劑進行相容性技術探討。熱塑性推進劑具有易加工、無釜壽期、固化快、低毒性及可重複加工等優點，可取代傳統熱固型推進劑材料的缺點。因此，本研究設計單體合成出聚酯型及聚醚型之聚二醇高分子，簡稱熱塑性彈性體(TPE)；另設計含能單體合成出具有疊氮官能基團，簡稱含能熱塑性彈性體材料(ETPE)；及無鹵氧化劑合成途徑。「熱塑性推進劑」未來可藉由調控其化學結構，開發同時具備低加工溫度、低玻璃轉移溫度、低黏度，並與無機填充固體相容性佳之材料。

### 極超音速環境高溫熱防護材料熱衝循環數值模擬分析與驗

#### 證技術開發：極超音速火焰熱防護材料測試模擬技術

張存均 林正軒 何亞奇 黃聖鑫 傅本然 陳慶耀

11 : 35 ~ 11 : 50

本文之目標在開發高溫熱衝循環數值模擬分析技術，建立可評估熱防護材料在實際應用場域所遭受的高超音速流與高低溫劇烈變化之模擬測試平台，以驗證現有及新開發之熱防護材料性能。模擬架構將完整匹配中科院高速氧燃料火炬材料燒蝕實驗系統，採用計算流體動力學模型來分析火焰流場的溫度、速度、壓力特性，並透過熱通量及材料表面溫度分布數據，模擬燒蝕/非燒蝕等複合材料在高超音速流動火焰下的耐燒蝕性能，分析前溫背溫及燒蝕過程中結構的演變。

## 第 32 屆國防科技學術研討會發表議程及論文摘要

時間	10:20~12:00	場地	211 教室
類別	應用化學及軍用材料	主持人	葉早發榮譽教授 沈新明教授
<b>新世代熱防護材料開發_適形熱防護材料開發</b> 林芯慧 林瑾銳 鄭傑文 阮至正 10:20~10:35 本研究計劃主要開發應用於極音速航空器於 1200-1500°C 超高溫極端環境下的熱防護材料。利用轉注成型技術(Transfer Molding, TM), 將低密度與熱穩定性高的氣凝膠與碳或高純度二氧化矽 3D 梯度纖維結合, 形成輕質, 低燒蝕, 且具高隔熱性之的氣凝膠/3D 梯度纖維複合型適形熱防護材料(conformal heat shield)。期開發之材料性能比擬美國 NASA Ames 研究中心所開發, 酚醛樹脂浸漬碳燒蝕體(Phenolic-Impregnated Carbon Ablator, PICA)的輕質熱防護材料。			
<b>高安全性、高導離度膠態高分子電解質開發</b> 林宇杏 吳聖擇 鄧熙聖 10:35~10:50 鋰金屬電池有望成為未來的高能量密度可充電鋰電池。然而, 鋰金屬陽極較不穩定容易產生鋰枝晶生長。膠態電解質具有卓越的安全性和與鋰金屬的相容性。本研究將呈現以現址凝膠技術設計之雙鹽膠態電解質, 其中高分子 PVDF-co-HFP 可以解離離子對以促進電解質的導離度並調節鋰離子傳輸以實現可逆且緻密的鋰沉積, 而兩種鋰鹽能形成強健且高導離子的介面層。該膠態電解質能使鋰金屬均勻沉積、有效地傳輸鋰離子並創造穩定的介面層。			
<b>抑制鋁腐蝕之高電壓碳酸酯局部高濃度電解液應用於無陽極鋰金屬電池</b> 賴玫如 蘇威年 黃炳照 10:50~11:05 無陽極鋰金屬電池由於其超高容量以及省去了鋰金屬作為負極提升了能量密度, 而被視為最具有潛力的電池系統, 以應用在電動車與無人機等大型裝置。然而商用碳酸酯電解液雖然在鋰離子電池系統中展現了極佳的性能, 其在鋰金屬電池中的實際運用還是遇到許多阻礙。由於游離溶劑易與沉積的鋰發生反應, 且其易形成不穩定之 SEI 組成, 導致後續鋰枝晶與死鋰的生成, 進而使電池效能衰退。因此為了解決這個問題, 研究了以碳酸酯溶劑與氟化稀釋劑作為基底之局部高濃度電解液, 其可以改變溶劑化結構, 減少游離溶劑與副反應的發生, 並提升整體電化學窗口, 並使用了雙鹽(LiPF <sub>6</sub> 與 LiTFSI)與氟化溶劑之氟代碳酸乙烯酯(FEC) 作為共溶劑來形成富含 LiF 之 SEI 組成以提升性能, 後續探討了使用添加劑 LiDFOB 來抑制 LiTFSI 會導致鋁腐蝕的問題, 以及使用 LiNO <sub>3</sub> 以形成具親鋰性且高導離 Li <sub>3</sub> N 之 SEI 組成, 提升了電解液之性能。最後, 優化了一款 2.4M LiPF <sub>6</sub> + 0.6M LiTFSI + ELC/EMC(v:v=3:7) + 10 v% FEC + 40 v% TTE + 0.5 wt% LiDFOB + 0.5 wt% LiNO <sub>3</sub> , 組裝了 Cu  NMC811 系統, 其首圈充放電之			

庫倫效率提升至 93.0%，且經過 100 圈充放電循環之平均庫倫效率為 99.3%，放電電容量維持率為 18.5%，與商用碳酸酯電解質相比，經過優化後的局部高濃度電解液其性能大幅提升，因此這項研究提供了一種方法來進行局部高濃度電解液之雙鹽與添加劑篩選與優化以應用於無陽極鋰金屬電池中。

### 複材 3D 編織防護頭盔製程及材料技術開發(2/3)

劉峻佑 詹德群 陳亭翰 張瑞發 梁鈺鈺 謝伯璜 吳智偉

11:05~11:20

本技術研製目標在於發展新式複材立體編織技術，整合紡織技術、自動化機械、防彈纖維紗線與複材成型工藝等，建置一體化防護頭盔製程技術，有助於提升材料利用率、降低成本及掌握關鍵材料核心，布局下一世代的防護材料基礎。為使編織工藝的製造周期縮短，導入預浸紗束之材料概念，事先處理樹脂含浸與乾操作業來達到簡化編織過程，解決編織的瓶頸工序、優化生產流程；鑒於立體編織關鍵在於內模設計，翻修多款內模尺寸版本，方能達到批次多件防護布料的編織目標，另已確立編程工序之各項環節，得出基礎的雛型品編織時程，推估在高速編織模式之下，有望達成量產目標值。

### 運用實驗設計法探討多孔隙泡沫金屬之抗衝擊及降噪性能研究

葉宥盛 陳冠宇 曾有志

11:20~11:35

本研究目標在開發一種具備抗彈及降噪功能之新型多孔隙泡沫金屬材料，以 316L 不銹鋼粉為基體，採用「無壓漿料多孔隙材料燒結成型技術」製備出孔隙率範圍在 45%-60%之間、孔徑範圍在 1mm-5mm 之間的泡沫鋼。利用聲學阻抗管及準靜態壓縮試驗機量測其吸音係數及壓縮力學性能，已應用實驗設計法分析 2 水準下孔隙率、孔徑大小及厚度對吸音係數及壓縮性能的影響程度，孔隙率影響的程度最高。目前之結果可以初步判斷未來高孔隙泡沫鋼兼具降噪及抗動態衝擊效益之最佳參數設計，以期建構出最適化多孔隙金屬船艦結構之穩健設計，並使船艦達到輕量化、抗彈及降噪的效果。所發展的新型多孔隙泡沫金屬材料將可提供海軍運用於國艦國造實務工作上以大幅提升新造艦戰場生存力。

### 應用於極端環境之鋰電池電解液熱力學性質：

#### DFT/COSMO-RS 輔助資料庫之建立

詹羽婷 吳亮廷 江志強

11:35~11:50

本文旨在於使用理論計算輔助篩選並開發適合在極端環境下使用之高性能鋰電池電解液。隨著鋰電池需應用無人航空載具、無人水下載具等需在極端環境下運作的裝置，對於鋰電池之安全性與性能的要求則日益漸增。為了確保使用者的安全及裝置的正常運作，尋找具寬液態溫度區間的電解液則勢在必行。在本研究使用密度泛函理論計算各常用之有機溶劑分子於導體中所誘導出的分子表面電荷分佈，並使用 COSMO-RS 理論計算該分子於一混合物中之化學勢，結合熱力學之相平衡方程式以達到預測該混合物之熔點、沸點和溶質於該混合物中之飽和溶解度。使用此 DFT/COSMO-RS 方法可將對於實驗數據的要求最小化，對於指定分子，僅需

其在純物質狀態下之熔點、沸點和熔化焓，即可繪製該分子於一混合物中之相圖，進而評估一電解液之液態溫度區間，以篩選具有潛力之混合溶劑組合。LiTFSI 鋰鹽於一混合溶液中之飽和溶解度也為電解液篩選之重要參數，隨著鋰鹽大量溶解於溶液中，可達到提升電解液高電壓穩定性的效果，同時也有助於提升鋰離子導電度。透過此研究，我們發現於 EC 作主溶劑的雙成分混合溶液中，EC-TMS 具有寬達 325 °C 之液態溫度區間、且在 50 °C 時 LiTFSI 之飽和溶解度也可達到~2.7 M，具有在極端環境下有效運作之潛力。但實際之電化學性能仍需進一步考量。未來使用此 DFT/COSMO-RS 方法進行高性能、適用極端環境使用之電解液開發仍極具潛力。



## 第 32 屆國防科技學術研討會發表議程及論文摘要

時間	10：20~12：00	場地	201 教室
類別	電子、通訊、光電及半導體	主持人	藍建武副教授、聶若鹽副教授

**應用於數位波束合成雷達系統之低仰角雜波與多路徑干擾抑制演算法則研析**

吳雨潔 鄧俊宏 許尹維

10：20~10：35

針對低仰角雜波與多路徑干擾問題，本論文採用數位波束合成(DBF)與提出可行的抑制雜波與消除多路徑干擾之技術。本論文亦參考知名的 Smart Radar 系統，設計完整的雷達收發機與驗證抗雜波與抑制多路徑干擾之效能。在本研究中背景雜波與多路徑將建置模型，該反射信號將伴隨主回波信號進入 DBF，本研究採用適應性疊代單脈波方位角估測法則及波束合成權重演算法，進而可求得波束零點(Nulling)權重抑制低角度反射波干擾，穩定接收直射波目標物信號。上述技術也將搭配不同架構接收機設計聯合消除未知雜波干擾，提升雷達系統之訊號對雜波與干擾比值。本論文之主動濾波器設計將有時域、空域、頻域聯合運算，可於多種低仰角雜波環境(近距離或遠距離)，發揮最佳的多路徑雜波抑制效益。本論文所提出之演算法經由電腦模擬證實性能優異，並且經由實際多路徑干擾平台測試，證實本論文所提出之波束 Nulling 權重技術可明顯抑制反射波干擾，達成僅接收直射波目標物信號之性能。最後，本論文技術將可技轉給中科院提升雷達系統偵測低仰角目標物性能。

**應用於高取樣率主動式雷達收發機之無預置鑑別資料****目標辨識演算法則研析與實現**

聶若鹽 林依萱

10：35~10：50

近年來，在雷達領域中目標辨識技術正逐漸發展，使用頻段也提升至更高頻段，對於長度數十米之目標，傳統之點目標設定應提升至延展型目標，可得到更大之辨識距離及效能；目前世界各國均極力開發導彈防禦系統，真假彈頭的釋放，使防禦系統難以應對，本研究針對延展型目標特徵波型擷取之計算原理及模擬驗證進行分析研究，考慮有/無長度變化、目標有/無旋轉型特徵等因素，並加入脈波壓縮技術，搭配 RFSoc，實現適應性波型演算法則收發端之運算/調變之硬體雛型系統架構實現。

**應用於高解析度距離輪廓雷達自動目標分類之後設學****習演算法電路與硬體開發設計**

蔡睿煌 林育任 李華錦 黃奎彰 李鎮宜

10：50~11：05

本研究利用高解析度距離輪廓雷達資訊，提出神經網路建模技術，針對雷達數位信號之自動化偵測方法，進行雜訊與資料自動目標分類，並探討演算法電路與硬體開發設計。資料源自無機敏性海上民用客貨輪軌跡資訊(AIS)，自主完成離型船艦資料庫建置。同時建立深度學習模型與演算法，後續依據此神經網路模型及演算法與 Edge AI 人工智慧軟體協同設計以 FPGA 驗證實現，在符合設定判讀準確率下，探討適合的硬體架構以及對應的電路模組的需求。實驗結果顯示，使用所建置之自動目標分類人工智慧演算法 - YoByte，可在現有模擬系統中達到高於 99% 之辨識精確率。

### 結合慢波傳輸線和複合式左右手傳輸線的縮小型威爾金森巴倫

羅子瑜 張哲耀 黃釋平 陳志偉 蔡維庭 劉重儀 毛紹綱

11 : 05 ~ 11 : 20

本論文提出使用複合式左右手(Composite Right/Left Handed ; CRLH)傳輸線及慢波(Slowwave)傳輸線來達成威爾金森巴倫(Wilkinson Balun)的物理尺寸微縮設計。利用提出的慢波傳輸線來替換傳統威爾金森功率分配器(Wilkinson power divider)的  $\lambda/4$  傳輸線來達到物理長度的微縮。最後再進一步針對微縮後的威爾金森功率分配器加入慢波傳輸線和複合式左右手傳輸線來達到操作在 9.2 ~ 10.5 GHz 的微縮化威爾金森巴倫。與傳統環形耦合器的尺寸相比，所提出之威爾金森巴倫的面積可減少 39.6 %。

### 低軌道高通量(High-Throughput Satellite)衛星通訊系統基頻研究

陳逸民 陳亭維 徐巧庭 劉亦軒 張喜豪 張育群 鍾傳廣 邱冠博

11 : 20 ~ 11 : 35

近期以低軌道通訊衛星群提供全球隨時隨地高資料率行動上網技術成為熱門的研究課題與技術發展方向，其中多重地面行動通訊終端與低軌道通訊衛星群間之通訊技術，除了交遞、多重接取及地面閘路 (Gateway) 通訊站等關鍵技術外，基礎關鍵技術為低軌道通訊時變通道環境下之傳收器技術。本研究目的即在於設計與實現此時變通道環境下之基頻實體層通訊傳收技術，考慮之通道效應包含時變杜普勒頻率偏移及傳輸距離與大氣環境之訊號衰減。研究執行之策略為基於我們實驗室歷年來建立與累積關於 DVB-S2 於非時變通道下以 FPGA 實現之即時基頻實體層通訊傳收技術，調整相關系統技術以實現包含 DVB-S2X 及 CCSDS 高通量衛星通訊規格之基頻通訊發射器，再配合時變通道效應以發展相應之關鍵基頻通訊接收器，包含時變通道衰減之增益控制、時變通道延遲與杜普勒頻率偏移效應下符碼時序與載波頻率同步之技術。

### 開發可適用於具髌膝主動式輔助下肢型外骨骼之仿生腿測試平台

藍建武 吳金典 唐瑀 羅民芳 任國光

11 : 35 ~ 11 : 50

本研究提出了一套可適用於具髌膝主動式輔助下肢型外骨骼之仿生腿測試平台，該測試平台可提供評估背部荷重後外骨骼於髌部輔助負載變化之能力。平台開發主要透過設計具可變角度之腰足聯動髌部機構、以及開發測試平台於腰傾角度變化下之深蹲運動控制等兩階段

來實現。此外，並進而利用具備所完成性能評估機構之測試平台進行實驗，使待測外骨骼裝置可於穿戴至測試平台後，進行於不同腰傾角度變化實驗條件下之荷重深蹲測試動作，並紀錄過程中之運動軌跡、速度與負載電流，以作為後續性能分析與評估之依據。最後，本研究對實際操作平台所紀錄之角度、轉速與電流變化數據進行分析，以驗證所開發平台對外骨骼穿戴後分析裝置輔助性能之可行性

## 第 32 屆國防科技學術研討會收錄論文摘要

ND32-11210001

**單攝影機三維街景影像重建之研究**

瞿忠正 徐勝均 楊家宏 林書佑 郭人漆

近年來，街景資訊在人們的生活中一直扮演著重要的角色。伴隨著 Google 街景服務的普及與應用與自駕車對街景環境的偵測與辨識的相關技術發展，三維街景資訊已成現代生活中不可或缺的一環。目前，單一攝影機的立體視覺技術普遍以視覺同步定位與地圖構建(Visual Simultaneous Localization and Mapping, VSLAM)的相關研究方法來實現街景環境的定位與三維地圖重建。本研究利用單一攝影機來實現立體視覺偵測技術。將單支攝影機裝載於移動載具上，並採用與行進方向平行的方式來拍攝街景影像。從直線移動所拍攝的連續影像中，依序挑選兩張影像進行三維街景偵測。由於目前沒有相對準確的方法能估測出影像之間的移動長度，因此，本論文提出相對基線分析演算法，其能相對準確估測出兩張影像之間的移動長度，藉此掌握連續影像之間的座標轉換關係，以達到三維街景正確拼貼的目的。將所拍攝的連續影像以及擷取經由 Google 街景車拍攝的街景影像數據代入本文方法來驗證分析。實驗結果顯示本文所提出的方法能實現三維街景重建與拼貼，並可從不同視角清楚觀看與分辨每個物體彼此之間的位置和相對距離。

ND32-11210002

**適應性變形區塊深度估測技術研究**

瞿忠正 徐勝均 楊家宏 潘炯融 郭人漆

立體視覺偵測技術一直是影像處理熱門發展的技術之一，其中影像比對的技術仍然存在許多的問題，如比對點數過於稀疏無法呈現完整的視差圖與比對的準確率。相關研究提出各種複雜的區塊比對方法來解決此問題，但是會需要花費更多比對的時間。本論文提出適應性變形區塊深度估測演算法，降低影像比對時間，用不同區塊大小來比對，做影像區域特性的分類，對分類結果做適應性變形區塊的比對，偵測出豐富的深度資訊，完成三維重建。實驗結果與近年演算法比較，本論文方法能成功的提高影像比對的準確率、取得更豐富的比對結果與大幅減少比對時間，利用偵測結果投影出豐富完整的三維街景影像。

ND32-11210003

**輪型甲車動力系統即時性能診斷技術開發與品管模型建立**

李亞偉 黃瑞棟 郭茂林

本研究以國造新式輪型甲車為研究標的，試圖在各動/靜態測試條件下記錄引擎控制模組 (Engine Control Module, ECM) 各參數即時訊息，期能運用學理建構引擎參數與輸出性能、排廢濃度等關聯模型，發展一兼具診斷引擎與自動回饋修正 ECM 之工具，進而擴增裝備後勤能量、滿足品管檢驗需求。因此，本研究基於實驗數據網路訓練分析各參數間依存度，合理評估動力系統輸入/出參數間時序因果關係，最後利用輻射基底函數理論為基礎所發展之非線性自迴歸 ECM 診斷模型，經回饋機制發展後可有效連結動力系統設計參數間關係，提出合理修正參考與動力系統驗證架構，俾利擴充現有測試規範、優化裝備性能。

ND32-11210004

### 渦輪風扇發動機裝機推力計算程式之開發

吳宏佑 文宏達

發動機為戰機是動力的來源，必須審慎評估性能。然而發動機在未裝機之前所代表的是發動機理想性能，不代表裝機後能夠發揮的效能，因為裝機後外部流場與發動機艙的摩擦效應會產生阻力，導致發動機性能下降。要掌握發動機裝機性能最直接的方法就是進行實測，但這會耗費大量人力、物力，因此許多學者便致力於發展裝機推力計算之經驗公式，以經濟節約的方式進行估算，作為戰機/發動機離型設計的參考。本研究以基本的氣渦輪機理論以及裝機推力阻力損失經驗公式作為理論基礎，再以電腦程式語言編寫裝機推力計算程式 GTJP-1，並以某型發動機為例進行計算。期待本研究成果能作為新型戰機研發設計之參考，為國防自主盡一份心力。

ND32-11210005

### 離岸風機陣列對特定空域之飛航安全探討與分析

廖家德 陳建宏 陳彥銘 李定芳

本研究已針對不同風機陣列與雷達干擾議題進行模擬運算分析，當中由需求單位指定特定飛航區域，進行圖資整合雷達干擾模擬分析，搭配多重數值模擬演算法，針對不同飛行高度之干擾情境分項分析，採用我國的實際情境，預判出雷達的干擾情境，研擬出與飛航安全之間管制程序和策略，目標為我國能源政策與國防軍事需求達到共存且互利的情境。

ND32-11210006

### 運用數值模擬技術解析 3900 噸級船艦之雷達反射截面積

林憶芳 陳華明 廖家德 葉樹安

本研究已針對 3900 噸級船艦完成模擬運算分析，並針對船兩側面整體結構傾斜角進行探討，研究中考慮多重參數議題(不同頻率、單/雙站、不同入射角...等)，並針對不同威脅情境，綜合分析出船艦的外型設計之調整方向，所得結果可作為未來國艦國造任務中之重要參據。

ND32-11210007

### 輕型甲車車體之正交模態分析

胡惠文 黃宏益 楊士賢

本研究主要探討輕型甲車車體主結構之正交模態。首先建立車體有限元素模型，包含車體鈹件及補強樑。本研究使用 LS-Dyna 有限元素軟體，進行車體正交模態分析，利用分析比較車體主結構有無安裝補強樑之模態分析結果，確認車體結構正交模態是否有效提升，並觀察其車體自然頻率與引擎工作轉速是否相近，進而產生共振。結果表明車體安裝補強樑後，前十個模態皆提升 34% 以上，說明安裝補強樑能夠有效提升車體結構動態剛性。而車體前兩個模態分別為 44.47Hz、56.84Hz，位於輕型車輛使用之引擎工作頻率間，可能導致共振現象發生。

ND32-11210008

### 應用田口法於次音速飛機機翼的渦流產生器

許恩瑞 陳文立 胡明熙

為整合自主定位系統與慣性導航元件，吾人透過適應性卡爾曼濾波器，適時調整程序雜訊共變異數矩陣，改善傳統卡爾曼濾波器容易受環境變化影響定位精確度的問題，由於程序雜訊共變異數矩陣與環境動態之間的關聯難以被明確模型化，吾人採用機器學習方法，以深度強化學習模型建構適應性估計器，並採用模擬的定位與慣性量測單元資料，驗證卡爾曼濾波器融合資料的效能與深度機器學習估計程序雜訊共變異數矩陣的準確度，現有成果有利本計畫後續整合卡爾曼濾波器與深度強化學習模型之目標，進而達成增進自主定位與慣行導航整合系統的強健性。

ND32-11210009

### 頻率不穩定性對高能微波系統作戰效果之影響

鍾慎修

高能微波系統普通指輸出功率在 1 GW 上下的微波源，裝在巡弋飛彈或無人機上，可對敵方野戰指揮所或民間通訊中心發起攻擊。高能微波源的缺點之一，就是由於其內部有許多模，輸出頻率不是很穩定，本文以電磁模擬軟體，模擬此種輸出頻率的突然變換，對照射在一城市建物目標的範圍與強度的影響。模擬顯示，在頻率突然升高時，位於高能微波源下游的天線系統所需承受的電場強度會驟然升高，波束特性會有少許的變化，但此少許的變化會使得分布在地面的電場功率發生顯著的變化。

ND32-11210010

### AI 人臉辨識配合無人機心戰喊話之初探

葉仲修 陳奕安 黃珮瑄

本文目標主要在於發展戰場無人機應用能量，探討利用無人機實施心戰喊話的可行性。研究者首先探討無人機在俄烏戰爭中的使用狀況並了解當前無人機可應用範圍後，嘗試利用網路上通用的 OpenCV 及 Deepface 結合 python 訓練 AI 人臉辨識模型，使攝影機能夠辨識身分及情緒；完成辨識後，再利用 python 程式語言播放對相應性質(威嚇性、招降性、安撫性)心戰喊話。本次模型經訓練後，當攝影機偵測到人臉時，能將偵測到情緒顯示於視窗左側；人臉範圍會以綠色方框標註並在方框上顯示文字，分為身分(軍人會顯示"soldier"；其餘則顯示"people")及是否情緒(angry:生氣、disgust:噁心、fear:害怕、happy:開心、sad:難過、surprise:驚訝、neutral:正常)並連結相對應喊話內容。研究者期許透過本次 AI 模型建立，提升無人機應用於未來戰場經營的多元性。

ND32-11210011

### 表面工程技術鈣鈦礦量子點材料開發

陳思安 阮國倫 陳羿綸 楊書孟 謝程和 吳宗霖 張育誠 劉力維 曾宗亮 林俊成

本研究主要開發出以表面工程技術對 FAPbI<sub>3</sub> 鈣鈦礦量子點材料鈍化技術開發，近紅外(波長為 700–1850 nm) 光源因為波段特殊，於眾多領域發展，例如夜視鏡，光學通信，生物研究和臨床實床等，故具有極大的商業價值潛力。除此之外，光電半導體領域中鈣鈦礦材料也引起廣泛關注，這歸功於其獨特的光學特性透過化學物的組成可輕易調整光學能隙，因此鈣鈦礦量子點之發光二極體具有飛躍性的成長，綠光與紅光的鈣鈦礦量子點發光二極體的電致發光已達到 22% 以上；但近紅外光波段的鈣鈦礦量子點發光二極體則裹足不前，目前最高效率仍低於 7%。然而造成效率不高是由於在大氣環境下中的水氧所導致的，鈣鈦礦材料容易因為在潮濕環境中降解進而影響材料壽命，限制了鈣鈦礦材料在商業上的應用。因此本研究，使用了 PEAI 對 FAPbI<sub>3</sub> 鈣鈦礦量子點材料進行表面鈍化，PEAI 鈍化的鈣鈦礦量子點因量子點中離子鍵的性質導致配體和量子點之間的高度動態結合，取代原有傳統常見的 OA 與 OAM 配體，並在合成過程後減少配體從表面的損失，以防止表面空位和缺陷的形成，大幅降低鈣鈦礦量子點表面缺陷，進而得到鈣鈦礦量子點發光波段中心於 772 nm 達到近紅外範圍，及高達 61.6% 的光致發光量子產率，在光致發光光譜中擁有窄的半高寬，並且表現出良好的激子壽命。

ND32-11210012

### 微型無人飛機複合材料機翼製作之研究

王玉城

本研究探討基於微型無人飛機複合材料機翼製作流程。透過的材料選擇、結構設計和製作技術的持續優化，本研究成功創建一種兼具輕量、高強度與高穩定性的微型無人飛機機翼。此型飛機不僅展現出卓越的飛行性能和精確控制能力，更具有軍事的多方面應用潛力。本文同時深入探討了該飛機的技術亮點及應用範疇，並為未來研究方向與軍方發展趨勢提供策略性建議。

ND32-11210013

### 定翼無人機對地面目標物之影像追蹤演算法及模擬技術開發

程登湖 楊伯弘 王博慧 鄭家豪 陳紀翰

本文推導定翼無人機(Fixed-wing UAV)追蹤地面目標物演算法並使用軟體模擬迴路(SIL)建立測試平台進行模擬定翼無人機對地面目標影像追蹤技術。定翼無人機搭配光學酬載(EO/IR)與環架(Gimbal)機構，在目標物影像辨識方面，利用深度學習類神經網路物件辨識演算法 YOLO，對目標進行辨識並可透過連續變焦技術將影像放大，增加目標搜尋距離；在目標物狀態估測方面，利用無跡卡爾曼濾波(UKF)對地面目標物之速度與位置進行最佳估測；在影像追蹤控制方面，透過影像伺服控制技術(IBVS)演算法設計環架控制器，確保無人機飛行時可以保持目標物追蹤鎖定。

ND32-11210014

### 可用於雷達系統之反竄改技術研析與電路設計

黃世旭 游雅程

在雷達系統的數位電路中，控制邏輯電路扮演著大腦的角色。因此，為了避免攻擊者入侵雷達系統的數位電路，控制邏輯電路極需要具有反竄改保護機制。一般而言，控制邏輯電路是以有限狀態機形式實現。在本文中，針對有限狀態機的反竄改設計，我們提出同時結合混淆模式、循序邏輯加密、以及黑洞群組的電路設計方法。相較於過去文獻，我們的反竄改設計方法可強化功能模式之重要狀態的保護，提供更完整的有限狀態機保護機制。本文以一個有限狀態機電路做為設計實例，說明我們所提出的反竄改設計方法。在實驗中，我們已使用 Altera FPGA 實現此有限狀態機電路實例，確認我們提出的保護機制具體可行。同時，我們也進一步實驗分析不同設計參數對電路設計負擔及安全性的影響，可做為採用此反竄改設計方法時權衡設計參數選擇的參考。

ND32-11210015

### Y2O3-MgO 奈米複合光學陶瓷材料研製

楊昇倫 李國揚 黃郁喬 向性一 陳麗娟

紅外透明的 Y2O3-MgO 奈米複合材料的透光性受到多種因素的影響，包括晶粒尺寸、晶粒尺寸分佈和緻密性。先前的研究表明，這些材料需要具備較小的晶粒尺寸，以減少多相陶瓷中由不同折射率引起的光散射。緻密的微觀結構和少量的孔隙也是必不可少的。本研究使用 Pechini 製程製備了 Y2O3-MgO 奈米粉末，通過膠鑄成型製造出具有較高相對密度的生胚，然後在氧氣氛中燒結，以製備具有 99.8% 密度和 200 nm 晶粒尺寸的 Y2O3-MgO 燒結體。Y2O3-MgO 陶瓷漿料的黏度和分散性必須符合嚴格的膠鑄成型規範。為了在增加固體含量的同時保持漿料的低黏度，陶瓷漿料必須得到完全的分散。由於 Y2O3 和 MgO 都容易水解，本研究選擇正丁醇作為溶劑，並且採用梳狀分散劑 SC0505K 通過立體阻礙來防止粉末凝聚。在甲醇中的球磨過程中，通過吸附塗覆避免 Y2O3-MgO 的水解作用，然後將梳狀分散劑 SC0505K 添加到混合物中，以幫助分散改性粉末，並且還添加了單體丙烯醯胺來調節梳狀分散劑的溶劑結構。該方法產生了固體含量大於 40% 體積的良好分散的陶瓷漿。在氧氣氛中後燒結後的相對密度大於 99.8%，晶粒尺寸在 200 至 300 nm 之間。

ND32-11210016

### 載具傳動介面安裝輔助監管暨系統安全檢測開發研究

徐中華 歐招輝 葉松瑋 宮佳翔 郭譯鴻

本研究主要利用減速機、高扭力馬達、扭力感測元件、信號傳輸元件、氣動或液壓系統、人機控制、可程式邏輯控制與相關封裝技術與設計，研發移動型之多軸鎖固之載具傳動介面安裝輔助與檢測監管系統，以輔助維修工作人員在相關武器系統與載具傳動介面組裝時，能快速且依照正確的順序進行鎖固，以提高各機械元件結合面的剛性，增加接合面的面積，並透過訊號的反饋機制，將相關數據有效紀錄與儲存，並在武器系統操作使用過程，有效管控相關接合面鎖固狀況，可提升 20% 以上之作業效率。系統設計以輸出扭矩能夠達到 900 N·m 以上之大扭矩輸出之多軸式鎖固機械單元，結合扭力傳感器、伸縮套筒、驅動馬達和減速機構的設計，



並透過可程式化的邏輯設計和控制策略，結合了人機控制和可程式邏輯控制 PLC 的技術，整合傳統機械與 AI 人工智慧技術，將以一種用於封裝和保護電子元器件和電路板的技術。透過電子元器件和電路板穩固地安裝在封裝材料上的設計，控制多軸鎖固機構，避免鎖固時因振動影響其系統之可靠度。以實現更精準、更智能的操作和監測，確保武器系統組裝及維修拆卸的作業人員，在不需要現場主管的監督下，操作系統依照程序進行作業，達到經營無人科技戰場，有效確保品質的穩定性與可靠性的目標。

ND32-11210017

### 應用於數位波束合成雷達系統之低仰角雜波與多路徑干擾抑制演算法則研析

吳雨潔 鄧俊宏 許尹維

針對低仰角雜波與多路徑干擾問題，本論文採用數位波束合成(DBF)與提出可行的抑制雜波與消除多路徑干擾之技術。本論文亦參考知名的 Smart Radar 系統，設計完整的雷達收發機與驗證抗雜波與抑制多路徑干擾之效能。在本研究中背景雜波與多路徑將建置模型，該反射信號將伴隨主回波信號進入 DBF，本研究採用適應性疊代單脈波方位角估測法則及波束合成權重演算法，進而可求得波束零點(Nulling)權重抑制低角度反射波干擾，穩定接收直射波目標物信號。上述技術也將搭配不同架構接收機設計聯合消除未知雜波干擾，提升雷達系統之訊號對雜波與干擾比值。本論文之主動濾波器設計將有時域、空域、頻域聯合運算，可於多種低仰角雜波環境(近距離或遠距離)，發揮最佳的多路徑雜波抑制效益。本論文所提出之演算法經由電腦模擬證實性能優異，並且經由實際多路徑干擾平台測試，證實本論文所提出之波束 Nulling 權重技術可明顯抑制反射波干擾，達成僅接收直射波目標物信號之性能。最後，本論文技術將可技轉給中科院提升雷達系統偵測低仰角目標物性能。

ND32-11210018

### 智慧墊圈組與螺栓之緊固狀態監測系統之設計與實現

汪輝明 藍文鈞 余翰霖 蕭育仁

現代國軍武器系統及相關設施，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。本文之目標主要在於發展一智慧墊圈組與螺栓之緊固狀態監測系統，所完成 M50、M20 螺栓之夾緊力感應墊圈開發及智慧型鎖固控制閘道器之軟體/硬體/機構之設計，能在螺栓鎖固後防止螺栓緊固件因振動導致鬆脫，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。

ND32-11210019

### 利用水熱法技術開發端羥基聚異戊二烯技術研究

鄭廷柔 林芷萱 藍祺偉 謝建德 楊博智 李岱洲 陳銘洲 劉建宏 江淑嬪 黃國華

本研究之目標主要在於利用新穎性水熱法技術開發端羥基聚異戊二烯(hydroxyl-terminated polyisoprene, HTPI)高分子，實際設計以田口實驗為主，測試其自由基聚合之最佳化條件，反應

溫度和反應時間分別為 118°C 和 6 小時。此 HTPI 含有 1,4、1,2 與 3,4-加成型式的異構物。上述 HTPI 利用 FTIR、<sup>1</sup>H NMR 和 GPC 鑑定分子結構和分子量。結果顯示，HTPI 的 1,4、1,2 與 3,4-加成型式比例利用 <sup>1</sup>H NMR 分析證實大約為 83-85、10、5-7%。

ND32-11210020

### 卡爾曼法估測國造八級黑藥燃速

洪兆宇 方友霖 趙嘉琦

在燃速估測時，最受矚目者首推模式誤差。本文以國造八級黑藥於爆彈儀測試之燃速模型為對象，運用卡爾曼濾波理論，配合精準實驗數據，建立一套檢查燃速模式誤差的方法。本方法為新式量測估計器具有適應性觀測效能，俾利從壓力量測數據，檢驗燃速公式的係數與指數之精確性。其中運用卡爾曼估測理論插入精準之實測值，藉擷取狀態更新與量測更新數值來逼近真實狀態。文中以數值模擬與實驗數據來展示本方法之優越性與可用性，更者，在實際運用與發展爆彈儀理論及操作時，此觀測與估算法則將提供發射藥研發時良好之支援。

ND32-11210021

### 國造二 0 電底火之電阻調配

方淳民 陳一葳 趙嘉琦

電底火之工作原理是從外部提供電能而誘發其能量起動，此電能肇生熱源刺激發火，致底火藥爆燃。在 M52A3 系列底火中，導電底火藥在兩絕緣電極中構建一導電路徑，當電位差加諸兩電極間時，電流流經底火藥。在底火藥中沿導電路徑，因電阻而生熱，當溫度超過起爆劑點火溫度時，即由熱點發火傳播反應而使整個底火藥爆發。底火藥配方含有乙炔黑用作導電劑，且單一使用其為之，並經裝藥、壓藥等道次置入底火盂待用。基於路徑矩陣理論，其粒徑分布、壓藥條件與點火條件密不可分，且須由實驗驗證。本研究有相關實測證實，並指出相關生產要因與製程控制要點，壓藥與電阻之效能也予以指明。

ND32-11210022

### 含活性金屬燃料之壓裝彈頭鈍感及燒夷特性之研究

李金樹 王姿尹 姜智霖 楊琮賢 陸開泰

本研究藉由彈頭使用不同鈍感炸藥，配製不同活性金屬粉、鈍感劑、膠合劑等配方，調製可獲得最佳理論爆熱，相對安定及鈍感之配方。進行各式不同活性金屬粉燒夷配方/膠合劑配製及壓製參數研究，於彈頭不同配置位置效果之評估。再由第一年所獲得之理想配方，執行鈍感藥混合金屬粉末，執行壓製條件參數選取，藉由藥柱平面應變斷裂韌度測試，選取較佳之壓製條件，執行彈頭威力及燒夷能力比對評估測試。最後執行分置式燒夷劑壓製條件參數選取，選取較佳之配置條件，執行彈頭威力及燒夷能力比對評估測試。建立含活性金屬粉之壓裝彈頭配方及製程開發。

ND32-11210023

### AP 超臨界細粒化及鈉鉀離子分離技術開發- 連續式模擬移動床純化過氯酸銨之研究

李金樹 郭哲成 劉永賢 楊琮賢

本研究主要針對不合格品過氯酸銨(AP)，建立一套連續式分離純化的方法，使過氯酸銨可

以達規格品的標準( $\text{Na}+\text{K}<0.05\%$ )。研究結果發現，以 6 柱 (250mm\*10mm)實驗級模擬移動床配合弱酸型離子交換樹脂，可使 AP 中的  $\text{Na}+\text{K}<0.050\%$ 。經相關係數分析，Na 在本系統中不被離子交換，只有 K 會在系統中分離。假若設定 AP 中的  $\text{Na}+\text{K}<0.045\%$ ，以線性回歸計算，可以推算出最佳的操作條件，並預測出每日每公斤樹脂 AP 的產量為 0.24 公斤，而 AP 回收率可以達 0.82。

ND32-11210024

### AP 超臨界細粒化及鈉鉀離子分離技術開發- 過氯酸銨超臨界細粒化技術開發

賴冠辰 李金樹 楊琮賢 蘇至善 郭哲成 劉永賢

一般而言，積體電路的控制邏輯是以有限狀態機方式實現。為了避免攻擊者入侵控制邏輯或進行逆向工程，有限狀態機的反竄改設計是重要議題。傳統上，有限狀態機電路的保護，是加入混淆模式以阻止攻擊者進入原始模式(亦即原始的有限狀態機)。然而，一旦攻擊者進入正常模式，傳統方法便缺乏保護機制。本文提出同時結合混淆模式及邏輯加密之保護機制，使用者必須在混淆模式進行正確的狀態轉移，才能取得正確的密碼。在原始模式時，使用者惟有取得正確的密碼，電路才能正常運作。在本文中，我們以一個有限狀態機電路設計為例，說明我們同時結合混淆模式及邏輯加密之保護機制，並以 Altera FPGA 實現此有限狀態機電路，確認我們提出的方法具可行性。

ND32-11210025

### 各口徑底火暨發射藥傳火鏈模擬系統開發

李金樹 陳璿宇 劉久弘

本研究規劃藉由發射藥傳火鏈燃燒特性參數資料量測蒐整，以 NASA CEA gui 或其他軟體進行發射藥配方的燃燒性能模擬，計算其爆熱值，評估爆熱值近似之配方製備實體發射藥。同時建立底火、傳火藥及發射藥全火藥鏈燃燒產物成分、壓力、燃燒熱和溫度等參數模擬計算技術。

ND32-11210026

### 高頻微波光子晶片分析、設計與研製(3/3) 高速半導體調變器與光偵測器整合光放大器的設計與檢測

邱逸仁 顏伯名 陳日友 蕭仲緯 葉宸瑜 張雅涵

本計畫透過晶圓貼合的技術，將 III-V 多重量子井(Multiple Quantum Well, MQW)結構的元件與 SOI 基板貼合，利用此異質材料整合的技術可以將電致光吸收調變器(Electroabsorption Modulator, EAM)、半導體光放大器(Semiconductor Optical Amplifier, SOA)與光偵測器(Photodetector, PD)三種不同功能的元件整合在矽光子系統上，藉由光模轉換器(Spot-Size Converter, SSC)使光模態在 III-V 波導與 Si 波導間達到高效率的模態轉換，此整合平台可以同時發揮 III-V 與矽光子兩種材料的優勢，進而解決矽光子主動元件低消光比與傳輸損耗無法補償的問題。利用量子井的量子侷限(quantum confined Stark effect, QCSE)，在高電場驅動下，因量子井紅移所造成大量的光吸收，在長光波導下可達成高效率光電流產生，又因在電場驅動光載子的快速掃出，其光電轉換可達高速偵測，將以此元件參數設計行波式電極，之

後製作行波式光偵測器(traveling wave photodetector, TWPD)與行波式電致光吸收光調變器(traveling wave electroabsorption modulator TWEAM)；因為元件在矽光子平台上，亦會將 III-V MQW 半導體光放大器 (Semiconductor optical amplifier, SOA) 所整合於晶片上，形成 EAM/SOA 與 SOA/PD，檢測其大倍率。

ND32-11210027

### 核心與應用安全技術研究 (2/3)

賴俊宇 林柏均 張均聖 吳育松

目前資訊系統多基於閉源作業系統，並於其上安裝各式閉源套裝軟體、瀏覽器軟體。另配合各單位的業務需求，系統上亦會搭載由外包廠商或單位自行開發的應用程式。隨著國軍業務資訊化程度提升，對於資訊系統內部構成組件之資安風險須能充分掌握，包括原始碼的可得性以及對於元件資安風險具備多面向、高強度、務實的管控措施。在本研究中我們將基於目前主流的開源系統平台來規劃機敏環境所需之資訊系統架構，並進一步探討在架構底下如何實現高強度的資安管控機制，包括導入強制型存取控制、發展作業系統核心完整性驗證技術、引入機敏資訊流追蹤機制、發展瀏覽器操作以及網頁應用程式監控技術。

ND32-11210028

### F16 智能空戰近戰纏鬥之研究

彭兆仲 陳怡和 陳冠廷 蔣孟桓 賴旻琦 蔡岩霖 何容 李和洋 池昭賢

本文之目標在於建立智能空戰平台，以驗證開發之演算法可控制 F16 戰機進行有效之空戰任務。平台開發以 6DoF 飛行動力學、非線性控制設計及人工智慧(Artificial Intelligence, AI) 演算法開發為主要理論基礎，進行智能空戰纏鬥設計。在控制方面，本研究推導出 F16 飛行動態方程，並設計可實現之控制架構；演算法開發上則透過強化學習，以課程式訓練作為學習空戰之策略，並已初步完成水平飛行之任務，未來將整合兩者之技術，以實現於智能空戰平台中。此平台不僅提供擬真之空戰平台進行演算法驗證，亦可進行人機交互之虛擬空戰，以訓練飛官進行空中纏鬥之訓練作為階段性的研發任務。

ND32-11210029

### 硼富燃料推進劑之二次燃燒流場特性研究

黃仕豪 宋浩維 潘國隆

本計畫目標旨在探索潛力極大的開源軟體 OpenFOAM 進行數值計算模擬，分析高速燃燒室內的複雜氣動流場，並導入固態硼顆粒燃料進行燃燒模擬。目前已初步掌握使用歐拉拉格朗日方法的多相冷流場求解器，並且使用大渦模擬紊流模型對顆粒運動進行驗證模擬，其結果與前人之實驗數據接近。在硼基燃料反應機構方面，針對前人所建立之模型進行探討與比較後，已初步篩選出預計使用之反應機構模型，並即將進行化學動力學模擬軟體測試。同時以煤炭顆粒表面化學反應為基礎，發展包含硼基反應的多相流模擬，以對指定之燃料成分與燃燒室構型，進行高溫氣動流場模擬。

ND32-11210030

### 複雜外型高空域稀薄流計算模擬技術(1/3)

黃俊誠 黃翊綸

稀薄氣體流動技術廣泛應用於航空航太領域與高科技工業，如再入載具返回大氣層、臨近空間飛行器高空域飛行與微機電系統中的氣體流動等。相關科學技術研發對國防與經濟產業的提升意義重大。臨近空間飛行器既可以避免絕大部分地面攻擊，同時也能夠有效實施對地攻擊和對航空器或航天器的防衛攻擊，發展潛力極大。在 70 公里以上的飛行空域，極超音速飛行器具有極為複雜的稀薄流動結構，因而需要建立新的流動模型和計算方法來預測稀薄氣體效應與高溫真實氣體效應等問題，是優化飛行器設計的關鍵所在。本計畫將發展複雜外型高空域稀薄流計算模擬技術，即三維分子力學算則，全計畫分三年，逐年完成各算則發展目標：(1) 建立非結構自適應網格與動態平衡平行運算 DSMC 稀薄流計算模擬技術，應用於高速高空域飛行器氣動力分析。(2) 發展三維 UGKS 方法解 Boltzmann 模型方程式，應用於高空域飛行器稀薄流至連續體流全流場模擬與氣動力分析驗證。(3) 結合前述兩種方法發展複合式(hybrid)全流場模擬法，應用於高空尾流場模擬分析。目前第一年的工作成果如下：完成平行運算 DSMC 程式建立，具備有兩個特點，一是採用參數化 Gmsh 程序建立非結構化自適應細網格再生技術，二是採用 Metis 軟件建立了動態計算域分解方法。通過平板、圓柱體、球體和鈍錐體稀薄流案例進行驗證。模擬結果與已發表的實驗值以及其他 DSMC 代碼已發表的結果進行比較，驗證了當前 DSMC 代碼的準確性。鈍錐案例顯示依據流場特性重新劃分網格可以滿足稀薄流分析的要求。平行運算動態平衡測試結果顯示，2 核、4 核計算效率超過 90%（內存緩存效果可達 100% 以上），12 核、20 核計算效率接近 80%。後續將進行改進以提高並行效率。各項工作均按計劃推進，預期 112 年度工作目標如期完成。

ND32-11210031

### 星群軌道導控設計

張貴雲 趙吉光

隨著俄烏戰爭爆發，低軌衛星星群扭轉戰爭局勢，全時不間斷的衛星通訊已被各國視為必要。然而低軌衛星軌道高度隨時間下降而脫離原本的軌道。本計畫以國際間主流的低推力推進器進行變軌演算法設計，以延長衛星星群全時覆蓋的任務壽命。衛星不管是造價、發射、維護管理都是昂貴的。如何用最少的衛星，最少的發射費用來進行，也是長期進行衛星國防應用的必要研究議題。為建立台灣衛星全時通訊，本計畫發展全時通訊之星群軌道設計、研究以一火箭載多顆衛星佈置衛星於軌道的方式下，完成星群佈置最經濟省時的方式、以及衛星變軌/軌道導控演算法，以及以上議題的全數模擬環境。此外，本計畫將使用珍珠一號（PEARL-1）立方衛星進行實測與驗證，預計在 2023 年第四季彈射兩顆 6U XL 立方衛星，佈署在約 550 公里高的太陽同步軌道。除了可藉由該任務瞭解商業發射一箭多星的施放方式，衛星在運行過程中，將記錄高精度且高取樣率的 GNSS 與 ADCS 的軌道與姿態資訊傳回地面站，供本計畫開發的軟體模型相比較。預計將可推估星箭初始分離結果、軌道推算器誤差、長時間星群分離等現象，對未來進行星群佈置與導控，提供先期的飛試驗測。

ND32-11210032

### 煤油基燃料精進及新型推進器技術研究(2/3)

吳志勇 袁曉峰 陳昱達 廖俊翔

本計畫選擇以過氧化氫(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)/煤油基之自燃性推進劑組合為主軸，以三年為期，發展液旋式噴注器以作為未來研發自燃性之雙基液態火箭推進引擎之基礎，探討液旋式噴注器之霧化混合控制、自燃及燃燒特性，建立設計所需之資料及關鍵技術。在本計畫中應用自行發展之 PLIF 技術並搭配粒徑量測儀及高速攝影機等設備以研究推進劑的點火及噴霧特性以發展液旋式噴注器。實驗研究主要分為四部分：1.自燃性推進劑配方開發；2.液旋式噴注單元設計及最佳化；3.液旋式噴注盤設計與燃燒流場分析研究；4.推進器性能測試。在計畫第一年度已完成新型燃料的調配及點火研究，在相同的熱值條件下，其密度較 W2 燃料提升約 5%，可有效提升推進劑組合之密度比衝；在本年度研究中，延續第一年度液旋式噴注單元研究，完成液態火箭噴注盤設計及噴注單元交互作用研究，並完成與組合式燃燒室搭配之點火實驗，量測得其平均特徵速度可達 1500 m/s 以上。

ND32-11210033

### 氮化矽凝膠注模成型技術開發

曾崇倫 蔡淑儀 陳泰辰 方冠榮

氮化矽卓越的耐熱性及抗衝擊性佳之高強度，使得氮化矽成為高溫、高負載應用之優先選擇。然而，傳統的陶瓷成型方法，不易達到高度緻密化，造成柔韌性差、孔徑分佈不均勻、機械性能差等諸多缺點，因此限制了應用和進一步發展。此外，氮化矽為強共價鍵材料，自體擴散係數很低，因此在燒結過程中僅靠自身擴散很難形成緻密化的晶體結構。因此，本研究將利用添加合適的助燒結劑並優化助燒結劑配比的方法，結合凝膠注模成型技術，以期獲得具有高緻密度與高機械強度之氮化矽陶瓷構件。

ND32-11210034

### Web 3.0 中的零信任架構

何柏翰 陳宏彥 林宗男

因為 Web 3.0 與元宇宙為人們帶來的新興網路體驗，將會顛覆現今的網路生活。由於元宇宙將會運行於 Web 3.0，因此在 Web 3.0 沒有共通標準的前提下，設計元宇宙的系統成為相當困難的事情，為此本研究將針對 Web 3.0 設計其運行的網路模型代幣網路，並且由於近年資訊安全的犯罪逐年升高，我們認為在系統設計之初即考慮資安設計才能有效防堵資安犯罪，因此在本研究提出的代幣網路中導入零信任架構。

ND32-11210035

### 飛行載具內置彈艙之流場分析、降噪機構設計與幾何最佳化之研究

李興中 賴錦文

在新型戰機的概念設計階段，低雷達截面積 (RCS) 外形設計被視為提高未來戰場生存率的關鍵因素。傳統戰機通常使用外掛方式裝載武器或油箱，但對於注重隱身性的新一代戰機來說，這會明顯增加其 RCS，不利於任務執行和生存。因此，像 F22、F35 或 Su-57 等新型隱身戰機目前採用內置武器艙的設計。然而，內置彈艙因包含艙門啟閉、武器拋射等因素，其流

場特性變得更加複雜，包括氣流產生的氣動噪聲、與艙壁之間的流固耦合作用、艙壁共振現象以及拋投武器時氣流對彈體產生的抬頭力矩等等。這些都是極為複雜的空氣動力學和聲學特性課題。本研究以 M219 空腔模型進行數值模擬，旨在探討氣動噪聲抑制和流場控制。研究中包括兩種被動式流場控制裝置，即空腔前緣斜坡 (LE inclined) 和空腔後緣斜壁 (TE slanted wall)，以及一種主動式流場控制裝置，即空腔前緣質量噴流 (LE jet flow)。研究結果顯示，被動式流場控制裝置能夠有效抑制 Rossiter 模態  $n=1$ 、 $n=2$  和  $n=4$ ，而主動式噴流在  $n=1$  模態下效果最佳。在模態  $n=3$  和  $n=4$  方面，後緣斜壁控制裝置表現最佳。這些研究結果有助於深入理解不同流場控制方式對空腔流場的影響以及噪聲控制方法的效益。本研究是一項為期三年計畫的中期部分，第一年致力於建立內置彈艙流場模型，並研究穿音速和超音速下的流場現象，第二年則基於所建立的理論模型，分析干擾彈艙投放的因素，提出控制方法並驗證其有效性，最終在第三年將根據提出的流場控制和噪聲抑制方法，進行相關設計參數的最佳化分析。本論文匯總了第二年計畫的研究成果。

ND32-11210036

### 含三氟乙酸保護層之鋁奈米顆粒研製及鋁/氧化銅奈米鋁熱劑應用

簡宥騏 鄭英碩 許萬濂 黃朝偉 吳明勳

本研究使用三氟乙酸作為保護層製備具殼層之奈米鋁顆粒，並使用上述自製之鋁粉以直接混合法合成奈米鋁熱劑。本團隊使用 X 射線繞射儀 (XRD)、分析型場發掃描式電子顯微鏡 (AFE-SEM) 與穿透式電子顯微鏡 (TEM) 確定其成分、形狀、粒徑及保護層厚度，以直接混合法自製之奈米鋁熱劑使用掃描式電子顯微鏡 (SEM) 及能量散射光譜儀 (EDS) 確認合成成分無其他元素，透過同步熱分析 (TGA-DSC) 獲得其釋熱性能，並於開放空間中測試其引燃特性。

ND32-11210037

### 高逼真度工程創新設計技術開發(I)：吸氣式推進系統自主 模擬技術開發與實驗測試平台先導研究(2/2)

黃志誠 袁曉峰 吳志勇 葉思沂 陳昱達 吳毓庭 游濟華 吳明勳 曾建洲 陳瑞彬

本文為「高逼真度數據驅動工程設計平台」之前導計畫，包含 (1) 自主模擬技術開發 (2) 核心組件實驗平台與技術開發與 (3) 仿真 (emulation) 技術研究；其中項 (1) 擬針對流場、應力場模擬收整可自主開發的程式碼，串接其它區塊的開放源軟體，完成相容性開發，建立壓縮機與渦輪機模擬程式的基本架構。項 (2) 擬配合需求，規劃引擎核心組件實驗測試與分析能量，進行先導型基礎研究，開發實驗測試分析技術。項 (3) 擬針對仿真技術基本架構進行研究，並應用項 (1) 初步建立之數據庫，進行開發，並規劃未來核心引擎設計平台之雛形。

ND32-11210038

### 武器系統關鍵裝備之狀態分析與後勤支援整合設計

吳建興 林淇淮 吳士樑 張耕齊 方際勳 李勁緯 侯建良

現行後勤支援方式為利用裝備之平均失效間隔時間 (Mean time between failure, MTBF) 制定維修策略。然而，對於高價值、關鍵性裝備而言，此傳統方法缺點在於高維修成本與低妥善率等疑慮。為配合裝備之自主後勤能力，本計畫將配合委託單位之需求，先行透過文獻分析、文字探勘等方法釐清一武器系統 (雷達裝備) 之關鍵裝備及其關鍵特性，以利委託單位後續針

對所釐清之關鍵特性建構關鍵裝備之失效模式及發展其後端之後勤支援系統架構；依所建構之武器系統關鍵裝備之失效模式與後勤支援系統，委託單位可有效進行武器系統關鍵裝備之剩餘壽命預測，進而採取防範性之維修管理措施，以確保武器系統性能之長期穩定性。

ND32-11210039

### 高增益陣列天線系統設計與三維物體電波反射值研究

陳建宏 莊皓筑 郭旭程

本研究主要利用主動高增益陣列天線系統，以提升偵測小型載具的能力，並對其進行威脅分析和評估；透過研究三維空中物體移動情境，有效提升偵測反制能力，本研究涵蓋了以下幾個方面：天線合成波束掃描的開發，偵測載具技術資料的收集，反制資料技術的整理與分析，物體截面積的分析，系統電磁場特性的研究，實驗數據的分析以及相關論文的發表。在第 2 年主要聚焦特定無人載具結構模型檔案的數據擷取與探討；同時，規劃執行偵測陣列擺放的最佳化配置，以及校正低空雜訊技術的方法，這將有助於提升我軍對特定載具的偵測能力，並為後續研究奠定基礎。

ND32-11210040

### 四輪獨立驅動電動車主動容錯扭力向量控制

林暉鈞 陳柏全 吳祈陞 任國光 游國輝 施伯霖

本文之目標主要在於發展一套四輪獨立驅動電動車故障偵測及容錯控制架構，近年來由於四輪電驅動車輛相比於傳統四輪驅動車輛的優點受到廣泛地研究及應用，然而整個系統包含較多的制動器大幅提升整體系統的複雜性，當馬達發生故障時需要進行偵測及隔離。本文使用積分線性平方調整器設計直接偏航力矩控制，以追隨方向盤轉角產生的偏航角速度參考命令，接著透過二次規劃法分配滿足偏航力矩命令及縱向力命令之四輪馬達扭力，並使用適應性殘差門檻值及扭矩有效因子估測偵測馬達故障，當輕微故障發生時，透過動態調整重配置因子及權重進行控制重配置，故障嚴重時則透過控制重組隔離故障馬達，並透過剩餘馬達維持車輛性能及穩定性。最後透過 CarSim 進行模擬驗證，當馬達發生故障時能偵測到並進行主動容錯控制維持一定程度的性能及減少駕駛修正方向盤轉角的負擔。

ND32-11210041

### 光學干涉型之光纖式水聽器的模擬與驗證

林庭寬 蔡佳明 彭子軒 洪裕涵

光纖水聽器因其靈敏度高、抗電磁干擾能力佳、易於組成陣列型態等優點而被廣泛應用於海洋科學研究、水下軍事探測以及能源勘探等領域。近年來，低頻探測已成為現代光纖水聽器的重要研究課題。本研究提出一種基於 Air-backed 結構的芯軸式光纖水聽器結合相位敏感光時域反射器(Phase-sensitive Optical Time-domain Reflectometry,  $\Phi$ -OTDR)分佈式感測系統，相比其他類型的光纖水聽器，本研究設計的芯軸式光纖水聽器具有高靈敏度、可實現低頻響應以及系統結構簡單等優點。利用芯軸材料提升響應結合  $\Phi$ -OTDR 系統高靈敏度及高訊雜比的特性，取代過去光纖水聽器中額外的光學元件，減少因光學元件造成的不穩定性。本研究使用 COMSOL Multiphysics 有限元模擬軟體分析水聽器在水下環境中的聲壓頻率響應，其結果顯示



1~1kHz 頻率範圍內水聽器的平均聲壓靈敏度為-136 dB(re rad/ $\mu$ Pa)，平坦頻率響應小於 3 dB，平均加速度靈敏度為-146.03 dB。

ND32-11210042

### 錨碇式水下監偵與即時定位通訊整合技術開發(2/3)

陳信宏 周佑誠 蕭毓宏 王兆璋 邱永盛 郭芳旭

李昶緯 陳柏棋 張家溥 許家維 張旭光 宋雨霖

本研究目標為開發錨碇式水下監偵與即時定位通訊整合技術，系統架構包含水下監偵定位錨碇系統(SurLo)、聽音錨碇系統(LiMo)、與海陸無線資料中繼浮標(RADaR)三串錨碇，探討議題包括：錨碇系統設計與定位、目標物聲紋水下監偵與定位、陸海即時通訊與資料傳輸之中繼浮標設計。本研究依據過去一年技術開發與實海域測試的成果進行系統改善設計，本文呈現目前進展成果，包括：SurLo 錨碇串列改良設計、免量測水層聲速剖面之 GPS/Acoustic 測地定位演算法開發、水下聲學訊號處理模組之開發、目標聲源加入噪音之模擬與分析、水下無線通訊協定之改良、SurLo 運作時長之水池測試、SurLo 資料擷取與通訊之實海域測試、海面/水下無線通訊系統改善與修正、RADaR 中繼節點浮標系統設計。

ND32-11210043

### 應用壓力螢光感測塗料於低速風洞量測 NACA 0012 機翼表面壓力與氣動力係數分析

傅聖傑 黃楷庭 王嘉慶 黃智永 鍾光民

本研究於國立成功大學航空太空研究中心低速風洞內，對 NACA 0012 機翼模型進行表面壓力及溫度量測，利用壓力螢光感測塗料 (PSP) 技術，於低雷諾數流場下進行準確度測試。並於 NACA 0012 機翼上翼面翼弦比  $x/c = 20\%$  的位置沿翼展方向安裝一排 1.5 倍邊界層厚度高之共旋式 (co-rotating vane type) 渦流產生器 (vortex generator, VG)，於自由流風速 60 m/s ( $Re = 7.7 \times 10^5$ )、攻角分別在  $5^\circ$ 、 $10^\circ$  與  $15^\circ$  下，計算其壓力係數及升阻力係數並與光滑之翼型進行比較。結果顯示，在較低的攻角下，加裝渦流產生器的影響較小；在較高的攻角情況下，升力係數有顯著地提升，最大可提高 32.3%。然而，較高的渦流產生器配置也導致壓力阻力係數急遽增加，尤其在較低的攻角情況下，壓力阻力係數提高約 37.5%。

ND32-11210044

### 應用於高取樣率主動式雷達收發機之無預置鑑別資料 庫目標辨識演算法則研析與實現

聶若鹽 林依萱

近年來，在雷達領域中目標辨識技術正逐漸發展，使用頻段也提升至更高頻段，對於長度數十米之目標，傳統之點目標設定應提升至延展型目標，可得到更大之辨識距離及效能；目前世界各國均極力開發導彈防禦系統，真假彈頭的釋放，使防禦系統難以應對，本研究針對延展型目標特徵波型擷取之計算原理及模擬驗證進行分析研究，考慮有/無長度變化、目標有/無旋轉型特徵等因素，並加入脈波壓縮技術，搭配 RFSoc，實現適應性波型演算法則收發端之運算/調變之硬體雛型系統架構實現。

ND32-11210045

### 渦輪盤 Udimet 720Li 超合金的鍛造製程及高溫機械性能研究

楊俊彬 李乘清 林明煌 李俊霖 陳涵鏞 吳柏顯

由於發動機運轉時承受高溫與高應力，其葉片材料須使用到耐熱且高強度材料，諸如 Ti-6Al-4V，Ti-6Sn-24Zr-6Mo，INCONEL718 及 UDIMET720Li。其中以 Udimet720Li 高溫強度最高，最難於鍛造成形。然而，對於上述材料而言，傳統之鍛造製程因為模具之激冷效應，無法鍛製具有薄腹板、高肋骨和薄壁的近淨形精密鍛件，致使材料利用率低，機加工量大，甚至因將材料內部之鍛流線切斷，導致成本高與耐疲勞性變差。必需使用所謂之恆溫鍛造製程，才能鍛製近淨形精密鍛件。本計畫之目的為開發 Udimet720Li 之恆溫鍛造製程，期建立製程參數，並對於鍛件之耐高溫性質做評估。本計畫分兩年執行。第一年，首先購買 Udimet720Li 粉末，以 HIP 製程進行胚料之製造，接著以端鍛模具探討其鍛造成形性。並進行拉伸試性質測試，建立 Udimet720Li 之 HIP 材料資料庫。第二年，準備 Udimet720Li 之 HIP 材料，設計製作拉伸試棒鍛造模具，以恆溫鍛造製程，鍛製拉伸試棒鍛件。接著依照 CMS-9041 規範進行工件之熱處理並機加工成拉伸試棒，亦依照 CMS-9041 規範進行高溫拉伸試驗與應力破斷試驗，建立 Udimet720Li 粉末材鍛件之高溫機械性質資料，做為後續實際鍛件開發之可行性評估。期能建立 Udimet720Li 材料之恆溫鍛造製程參數。第一年成果為 (1) HIP 材料粉末粒徑 50 $\mu$ m~150 $\mu$ m，以壓力 1200bar 及溫度 1200 $^{\circ}$ C 之條件下，經約 7 小時，製作成一實體胚料，其中孔隙為小於 5 $\mu$ m。(2) Gleeble 成形實驗顯示在 1200 $^{\circ}$ C，應變速率為 0.01s<sup>-1</sup> 下有最低流動應力 50Mpa。(3) Gleeble 成形實驗中，胚料都有側邊之裂痕，顯示 HIP 材料之成形性不佳，須藉由後續之鍛鍊製程，才能獲得改善。(4) HIP 材料經 1050 $^{\circ}$ C 之恆溫鍛造實驗，壓縮率 50%可行的，顯示恆溫鍛造模式可提升 Udimet720Li 之 HIP 胚料之鍛造性。

ND32-11210046

### 電離層越地平雷達先導試驗系統的建立(1/3)

朱延祥 陳昭宇 蘇清論 吳剛宏

雖然調頻截斷連續波(FMICW)雷達已廣泛的應用於環境監測與特定目標物的偵搜與定位上，但電離層干擾雜波對於高頻越地平 FMICW 雷達海面目標物回波影響的定量分析與探討，則在一般的文獻中較少見。在本研究中，將從理論上分析 FMICW 雷達回波訊號特性，探討調頻截斷的週期與雷達參數之間的理論關係，以了解距離混疊效應對於 FMICW 雷達回波強度與距離分布的影響。為了確認理論分析結果的正確性，本研究使用彭佳嶼高頻地波 FMICW 雷達所觀測的電離層回波，與中壢電離層觀測儀所監測的電離層參數進行比對。結果確認所推導出的理論結果與雷達實驗結果一致。

ND32-11210047

### 一體成型葉輪失諧葉片特性量測技術開發及阻尼器設計優化研究(1/2)

林全興 林俊丞 陳任之

雖然一體成型葉盤比葉盤總成的重量減低至多 30%，但是其低阻尼特性，令運轉時產生大幅振動及高周數金屬疲勞破壞。而葉片之間有些微差異(亦稱葉盤失諧)有機會帶來振動集中，更容易導致高周疲勞破壞。計畫之期中目標有(一)建立搭配激振系統之葉盤失諧分布辨識及

異常響應估算方法及(二)模擬葉盤上加裝環型阻尼器之阻尼特性。本團際已發展比敲擊激振更適合用於葉盤實驗上之指向性聲學激振模態實驗技術，並已建立計算環型阻尼器之振幅相依阻尼值之方法。本團隊發現，當摩擦係數  $\mu_s=0.6$  時，有阻尼葉盤之阻尼比可達 1%，為無阻尼葉盤之 10 倍左右，符合計畫指標。

ND32-11210048

### 熱塑性推進劑技術開發

賴玟妤 林旻杰 伍怡蓁 陳偉徵 黃智峯 郭紹偉 洪詩雅 林懿潔 江淑嬪 盧世福

本計畫目的為開發新一代熱塑性推進劑材料，其與無鹵氧化劑進行相容性技術探討。熱塑性推進劑具有易加工、無釜壽期、固化快、低毒性及可重複加工等優點，可取代傳統熱固型推進劑材料的缺點。因此，本研究設計單體合成出聚酯型及聚醚型之聚二醇高分子，簡稱熱塑性彈性體(TPE)；另設計含能單體合成出具有疊氮官能基團，簡稱含能熱塑性彈性體材料(ETPE)；及無鹵氧化劑合成途徑。「熱塑性推進劑」未來可藉由調控其化學結構，開發同時具備低加工溫度、低玻璃轉移溫度、低黏度，並與無機填充固體相容性佳之材料。

ND32-11210049

### 船艦舷窗 ITO 玻璃結構層之電磁脈衝防護量測

陳華明 蔡承洋 黃俊杰 黃天正 葉樹安

本文主要研究應用於玻璃舷窗電磁屏蔽之 ITO 導電玻璃的結構，工作頻段為 30 MHz ~ 1000 MHz，此為電磁脈衝電磁干擾頻段，文中將提出四種實驗量測方法及幾款不同電阻、不同厚度的單面及雙面濺鍍透明 ITO 玻璃的組合。量測方法分別為(1)遠場量測用於量測不同 ITO 玻璃組合在自由空間中傳輸係數，工作頻段大於 1 GHz；(2)同軸治具量測不同 ITO 玻璃組合的傳輸係數其工作頻段為 30-1000 MHz；(3)仿雷擊電場量測測量不同 ITO 玻璃組合在強電場中屏蔽效果；(4)使用照度計量測各種 ITO 玻璃組合的透光度，分析玻璃舷窗之電磁屏蔽效率及透光度的數據，再考慮何種結構較符合實際船艦之需求。本實驗之單面材料有強化玻璃 10 mm 及 3 mm 厚度、雙面 ITO 25  $\Omega$  0.4 mm 玻璃、雙面 ITO 25  $\Omega$  0.7 mm 玻璃及單面 ITO 7  $\Omega$  1.1 mm 玻璃；再以不同種玻璃與導電玻璃排列之實際量測，進行比較與探討，排列的方式由上到下分成二類：(1) 玻璃-導電玻璃-玻璃；(2) 導電玻璃-玻璃-導電玻璃。依目前所知新船艦的電磁脈衝防護皆採用 ITO 單層強化玻璃貼合於兩片強化玻璃中的設計，因此本文先以不同電阻、厚度、單面及雙面濺鍍的 ITO 強化玻璃組合來量測分析其於工作頻段的實測數據，所得結果為雙層 7  $\Omega$  的 ITO 玻璃有最佳的屏蔽效率，由於電阻愈低其濺鍍的 ITO 層愈厚，造成透光度較低的結果。

ND32-11210050

### 應用於高解析度距離輪廓雷達自動目標分類之後設學習演算法電路與硬體開發設計

蔡睿煌 林育任 李華錦 黃奎彰 李鎮宜

本研究利用高解析度距離輪廓雷達資訊，提出神經網路建模技術，針對雷達數位信號之自動化偵測方法，進行雜訊與資料自動目標分類，並探討演算法電路與硬體開發設計。資料源自無機敏性海上民用客貨輪軌跡資訊(AIS)，自主完成離型船艦資料庫建置。同時建立深度學習

模型與演算法，後續依據此神經網路模型及演算法與 Edge AI 人工智慧軟硬體協同設計以 FPGA 驗證實現，在符合設定判讀準確率下，探討適合的硬體架構以及對應的電路模組的需求。實驗結果顯示，使用所建置之自動目標分類人工智慧演算法 - YoByte，可在現有模擬系統中達到高於 99% 之辨識精確率。

ND32-11210051

### 運用人工智慧技術導入馬達預測維護診斷之研究

方彥博 張簡嘉壬 劉育成 鍾秉勳 陳品均 林碧龍

近年來國防裝備不斷注入高科技能量，傳統的故障診斷、維修保障技術逐漸難以適應新的要求，維修費用在全壽命週期費用中所佔的比重越來越大。為了節約維護成本，避免資源浪費，國防裝備推廣使用預測性維護技術來提高武器裝備安全性，降低武器裝備故障率。隨著人工智慧技術(Artificial Intelligence Technology, AI)被廣泛應用，不僅解決問題並且獲得良好效果。高科大鐵道技術中心自主開發一馬達特性量測平臺，本文透過該測臺檢測服役中的馬達狀態，基於時域及頻域信號結合機器學習演算法，以倒傳遞神經網路(Back-Propagation Network)與艾爾曼神經網路(Elman Neural Networks)探討馬達在單一故障及雙重故障狀態，實例比較兩種演算法應用於故障診斷上的優越性，以便提前發現可能出現的故障，並制訂預測性維護計畫。

ND32-11210052

### 三級同步啟動發電機系統建模

黃永瀚 謝旻甫 金書安 林易賢 陳光品

以往飛機渦輪引擎在輸出機械功至發電機前，需有一額外的啟動馬達將引擎啟動，而此啟動馬達於引擎運轉後並不再使用，因此無疑成為機載負擔。啟動/發電一體的整合式啟動發電機(Integrated Starter Generator, ISG)可有效降低零組件體積與重量，簡化整體電力系統架構，適合應用於航空載具。本文目標之整合式啟動發電機為一具三級同步啟動發電機，預計提出一啟動/發電一體控制方法，使三級同啟動發電機同時具備啟動/發電功能，以減少機載負擔。透過模擬軟體輔助，加速分析速度、協助參數驗證、確保電路的可靠性，並將三級同步啟動發電機控制電路與電機模型進行系統整合模擬分析，以建立國內自主技術，提升啟動發電機控制器設計之能量。

ND32-11210053

### 基於立方衛星載台之星際通訊在軌測試

劉正彥 趙吉光 張起維 林唐煌 林映岑 陳逸民 張貴雲

人造衛星已經是現代的國防需求偵察、通訊及導航不可或缺的平台。電離層太空天氣所產生的訊號閃爍已確定會干擾甚至阻絕衛星導航與通訊功能，必需予以監控，也成為多個國防衛星的任務目標，如美國的國防大氣衛星星系(Defense Meteorological Satellite Program)與通訊/導航失效預測衛星(Communications/Navigation Outage Forecasting System)。為了加速衛星的研發與替換率，近年他國國安單位的衛星任務也趨向以小型人造衛星建立星系，如美國國防高等研究計畫署正在著手開發的 Blackjack 計畫。本計畫將研發兩顆立方衛星來當作我國自行研發的國防衛星星系前瞻任務。此衛星具有 UHF 及 K/Ka 頻段通訊能力，可與地面站和彼此

間建立通訊鏈路。本計畫會應用及精進中大所開發的飛鼠號立方衛星技術及整測能力、飛行經驗，以大幅降低衛星實驗的成本。飛鼠號已實現 UHF 及 S 頻段通訊功能以及電離層監測能力，於 2021 年 1 月順利發射，並在軌道順利完成衛星通訊、三軸姿態控制、驗證本校自製航電及衛星系統的實飛表現。本計畫也會使用中大有現有的 UHF 地面站、即將於 2023 年建立的 K/Ka 頻段地面站、飛控設施進行任務開發、測試與作業，預期五年內可以兩顆 6U 立方衛星實現供寬頻星際通訊。

ND32-11210054

### 縮尺寸短纖碳/碳複材製作技術研究

謝汎鈞 陳俊霖 陳柏文 沈銘原

由碳纖維強化碳基材所組成的碳/碳複合材料其優點有許多，其中包括高溫高彈性係數、低密度、低熱膨脹係數、高機械疲勞抵抗力等。而且在極高溫的無氧環境時（高達約 2200°C）仍可以維持相當優良的抗拉強度，目前還沒有其他材料能與之比擬，因此碳/碳複合材料多年來作為國防和航太工業尖端材料之一，可用於固體火箭發動機的噴喉、極音速載具的前體/翼翅前緣等耐高溫零組件。傳統碳/碳複合材料主要使用編織碳纖維預形體來含浸樹脂，但緻密的編織物樹脂難以完全含浸，因此不僅製程繁複且只能製作較單純的工件。本計畫主要研究短纖碳/碳複材為發展目標，使短碳纖維用於補強瀝青基複合材料，之後經高溫處理可得一種短纖碳/碳複材。研究過程中將探討短碳纖維於瀝青之均質化分散技術、碳纖維/瀝青配方技術以及碳纖維/瀝青熱壓成型技術等，最後再探討複合材料之相關機械、物理及熱性質。希望藉由本計畫的研究可成功協助國內建立短碳纖維補強瀝青基複合材料及其碳/碳複合材料之相關技術。

ND32-11210055

### 全球導航衛星系統可控場形抗干擾天線技術研究

莊智清 陳昭羽 詹劭勳 鄭向林 孫志成

本研究發展可控場形抗干擾天線技術以應用於全球導航衛星系統接收裝備。由於載具與人員之定位相當仰賴全球導航衛星系統所提供之訊號與資訊，但衛星導航訊號由於強度微弱容易受到干擾，因此有必要發展抗干擾之技術。針對「陣列天線波束指向」、「空時適應干擾消除」、「同調與愚弄訊號消除」技術進行發展，主要建立陣列天線波束指向技術以增強衛星訊號，發展空時適應干擾消除方法，並研擬同調與愚弄訊號消除。

ND32-11210056

### 復進機運動分析與驗證

蔡承育 吳炎全 陳韻園 歐秉瑞

本研究將戰車砲座中彈簧構型之復進機，更改設計為液氣式復進機進行評估。藉由理論公式求出初始氮氣壓力數據，並依據美軍砲座規範 MIL-M-45212 要求，以砲身運動測試臺進行最大仰角、水平仰角及最大設計俯角各 20 次運動分析，反覆測試復進機在氮氣壓力數據影響下，於不同俯仰角所造成之復進循環時間差異，得出液氣式復進機之復進時間與復進速度結果，作為後續驗證標準。

ND32-11210057

### 微型化且具寬帶吸收的水下迷宮型吸音超穎材料

黃宗鈺 陳信佑

在這項研究中，我們將援用聲學超穎材料的概念，來建構一個水下吸音超穎材料。迷宮型吸音超穎材料援用準亥姆赫茲共振器的概念達到吸音效果。迷宮型吸音超穎材料由體積為  $73.6 \times 73.6 \times 25 \text{mm}^3$  且厚度為  $1 \text{mm}$  的不鏽鋼板、內部十字形鋼製隔板和開了一個圓孔的上蓋鋼板組合而成，並在其內部灌入聚氨基甲酸酯來增加吸收寬頻。除此之外，為了搭配實驗量測用的圓形阻抗管，我們將方形的迷宮型吸音超穎材料加入圓柱外框。在模擬中，我們所設計的迷宮型吸音超穎材料在  $3\sim 8 \text{kHz}$  頻段內具有  $0.7$  以上的寬帶吸收，平均吸收值達到  $0.88$  以上。我們相信我們所提出微型化且具寬帶吸收的水下迷宮型吸音超穎材料未來可以應用於水下匿蹤科技上。

ND32-11210058

### 渦輪機械之穿音速穿流程式開發

林宏韋 劉耀先

本文的目標是建立一個用於穿音速渦輪機械的二維分析設計程式，並以穿流程式作為主要研究方法。我們使用基於徑向平衡方程式的流線曲率法來計算二維速度分佈。這種方法可以快速開發初期設計工具，並提供大量參數作為三維計算流體力學時的參考。在此處，我們使用損失模型來處理渦輪機內氣動力過程中的能量損失。與參考資料相比，在靜子和轉子葉片出口處，最大軸向速度誤差均不超過  $20\%$ 。

ND32-11210059

### 表面改質複合型隔離膜兼具高安全性和高電化學性能應用在鋰離子電池

張柏榮 吳宜萱 楊純誠

本研究引入氧化鋁( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )或海泡石(sepiolite)陶瓷填料、含鋰寡合物 (Li-BTJ oligomer) 以及耐高溫聚醯亞胺(polyimide)材料，利用刮刀塗佈及浸鍍法於三層 PP/PE/PP 聚烯烴薄膜 (市售熱閉孔型 Celgard 2325 隔離膜)進行表面改質，以得到均勻塗佈的鋰離子電池用複合型隔離膜。實驗結果顯示改質後的 Celgard 2325@1 wt.%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ /1 wt.% Li-BTJ (簡稱 C2325-A11)，不論在對電解液的潤濕性(接觸角： $26.8^\circ$  vs.  $76.2^\circ$ )、熱穩定性(收縮率： $8.2\%$  vs.  $21.0\%$ )與鋰離子導電率( $\sigma_i$ :  $0.541$  vs.  $0.355 \text{ mS cm}^{-1}$ )皆優於未改質的市售隔離膜。此外，該改質隔離膜組成 NCM811/C2325-A11/Li 半電池，經過  $1\text{C}/1\text{C}$ 、 $100$  圈循環後的電性表現也皆優於未改質的 C2325-bare 隔離膜，其平均庫倫效率約  $99.4\%$  (vs.  $98.4\%$ )，且平均放電克電容量約  $161.6 \text{ mAh g}^{-1}$  (vs.  $159.8 \text{ mAh g}^{-1}$ )，由分析結果顯示出該複合型隔離膜能夠兼具鋰離子電池高安全性和高電化學性能的功能。

ND32-11210060

### 新世代熱防護材料開發\_利用大氣電漿熱噴塗技術製備碳化矽塗層

陶方廷 童國倫

本次研究的目標是透過大氣電漿噴塗技術製備出具備耐高溫、耐燒蝕的碳化矽熱防護層。

除了噴塗功率、噴塗距離等噴塗條件的討論之外，也對噴塗的碳化矽粉體進行研究。礙於碳化矽本身的物理性質，其分解點與熔點接近，所以在大氣電漿噴塗下很難獲得碳化矽的塗層，所以需要對碳化矽粉體進行進一步的造粒以及包覆，才可以突破此限制。在研究中也對於碳化矽粉體的造粒進行討論以及探討。對於噴霧造粒前後粉體的粒徑大小變化、粉體形狀變化等等進行相關鑑定。最後對噴塗出來的塗層進行一系列的鑑定以及觀測，用以確認噴塗塗層的形貌、結構以及塗成的比例成分。

ND32-11210061

### 數位陣列天線系統之匹配地形效應的場型補償技術(1/2)

黃正光 鍾日龍 劉泓奇 蔡宗翰 陳建旻 陳奕翔 陳宗佑

操作在 30-300 MHz VHF 頻段的米波雷達能有效偵測匿蹤目標，然而此頻段電波易受到地面或海面反射，進而在發射及接收訊號時，可能產生多路徑傳播的破壞性相位合成，以致其發射天線受地形效應影響的 Blake Chart 或垂直覆蓋圖(Vertical Coverage Pattern, VCP)產生二種不理想效應：(1)波束上翹即產生低仰角偵測盲區；(2)波束斷裂也造成在不同的仰角的偵測盲區。在本研究中，吾人將會先建立米波雷達受到地形影響的 Ray Tracing 多路徑傳播通道模型，然後設計一由 120 度倒 V 型偶極 (Inverted V Dipole)天線元件所構成的 VHF 均勻陣列天線系統，以控制垂直仰角的發射輻射場型，然後利用 MATLAB 天線工具庫，設計及模擬此陣列天線的數位波束場型，以改善 Blake Chart 低仰角覆蓋。

ND32-11210062

### 毫米波頻段之晶圓上 TRL 校準與碳化矽基板被動元件之量測

林宥均 潘昱辰 葉家瑋 傅資皓 林坤佑

為了進行氮化鎵/碳化矽(GaN/SiC)高電子遷移率電晶體(HEMT)積體電路在毫米波頻段的設計，我們建立了電磁模擬環境，並且設計共面波導(co-planar waveguide, CPW)傳輸線的 TRL 校準器與被動元件之測試電路。量測藉由穿透-反射-線(TRL)校準法，將量測參考平面(reference plane)設定於待測物邊緣，以便量測出實際元件的特性，並將量測與模擬結果做比較。

ND32-11210063

### 智慧型主動式孤島偵測法分析與模擬

談光雄 陳俊豪 林振輝

由於人員和設備安全考量，孤島偵測是分散式發電系統所需必備之要求。本文提出一種新式主動式孤島偵測法運用電流注入擾動訊號並以智慧型控制追蹤系統實、虛功命令。本文所提之主動式孤島偵測法基於將擾動訊號透過與直軸電流的結合轉換至換流器系統，此直軸電流的擾動在市電脫離時將導致RLC負載端的頻率偏移，而達到孤島偵測之目的。此外，所發展之孤島偵測法將利用UL1741安全規範的反孤島測試系統來評估可行性，此擾動訊號注入法旨在達成類似零的盲點偵測區和最小化功率品質的影響並且在不需其它感測元件或裝置的情況下能簡易執行。再者，為進一步的增進孤島偵測能力，本文孤島偵測法將採用機率模糊類神經網路控制器來取代傳統的比例積分控制器，最後，本文將利用模擬結果來驗證所提之擾動訊號結合機率模糊類神經網路之主動式孤島偵測法之可行性與有效性。

ND32-11210064

### 自動化物聯網裝置搜尋及漏洞檢測平台

黃仁竑 林佳幼

隨著物聯網技術的快速普及，各種聯網裝置數量也迅速增加，進而暴露出許多潛在的風險和漏洞。儘管過去的研究已針對 IoT 安全進行了探討，但多數僅聚焦於裝置搜尋，未能提供一個同時具備漏洞關聯的整體性解決方案。而且隨著防火牆的阻擋愈來愈嚴格，物聯網設備特徵愈來愈不明顯，這些商用物聯網裝置搜尋網站所顯示的物聯網裝置類別的錯誤率也快速上升。為解決日益複雜的物聯網安全挑戰，本研究關注於建立適用於內網的高效能物聯網裝置搜尋平台以及如何以更直觀的方式關聯並呈現漏洞資訊，從而輔助用戶更好的識別與管理網路中的 IoT 裝置。本研究應用的機器學習方法在裝置分類方面表現出良好的效果，證明了本研究在解決 IoT 安全管理問題上的實際價值，為未來相關研究方向奠定了堅實的基礎。

ND32-11210065

### 超高分子量聚乙烯材料合成之研究

徐健維 詹淑華 劉久弘 曾士豪

超高分子量聚乙烯(UHMWPE)為一種分子量大於 150 萬以上的線性高分子材料，具有高耐磨性、高耐酸鹼性、化學性質穩定、抗老化、重量輕等優異性能，而超高分子量 聚乙烯纖維(UHMWPE fiber)是以超高分子量聚乙烯(UHMWPE)為原料，進行紡絲所製成的高性能纖維，可應用於防彈頭盔、防彈板、降落傘等軍規產品。超高分子量聚乙烯 觸媒與聚合技術目前掌握於荷蘭、美國、日本以及中國大陸廠商手中，且中國大陸因國家計畫大力發展，其產能占比達全球 66%，而國內聚乙烯材料仍以一次性產品或是民生用商品為主，為落實國防關鍵原料自主性，防止因地緣政治因素導致關鍵原料禁運造成供應斷鏈危機，因此亟需建立超高分子量聚乙烯自主技術。本論文研究主要針對現有日本三井化學(FI)觸媒系統，引入不同配位基結構設計，設計雙牙配位基如噁唑啉(oxazolin) 等雜原子基團(氮原子)以調控金屬中心電荷，提升觸媒與乙烯之親和力，增加觸媒活性，且藉由配位基的立體障礙(如烷烴基或芳香基)來調控觸媒  $\beta$ -H 消去反應，降低乙烯進行聚合反應可能發生聚合鏈轉移競爭反應途徑，本論文設計並合成 4 個乙烯聚合觸媒(UPE Cat-1 ~ UPE Cat-4)，並在乙烯壓力 150psi、反應溫度 60°C 條件下，其產物的黏度分子量(Mv)達到 308~320 萬，達到超高分子量聚乙烯凝膠紡絲(Gel spinning)製程所需分子量 300 萬以上之要求。

ND32-11210066

### 新世代熱防護材料開發-金屬陶瓷玻璃塗層應用於航太載具外層之熱保護系統

邱俊諺 陳炳宜 杜繼舜 馮奎智

航太產業隨著資訊發展也越加重要，而將具有高發射率的輻射劑MoSi<sub>2</sub>、SiB<sub>6</sub>材料，添加至吾人團隊開發的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> (Alumina-borosilicate glass, BSA glass)之中，透過薄帶製程搭配高壓均質機分散模式製作複合材料，開發出具有抗氧化的耐熱玻璃塗層 (類似國外團隊開發之TUFI塗層)，並進行材料之微觀結構、熱性質與機械性質之研究。目的為自行開發具相容性良好之高發射率抗氧化金屬陶瓷玻璃塗層使用至太空梭最外層之熱保護系統材料。



ND32-11210067

### 微波頻段矽光子晶片通用元件設計套件開發

徐韶徽 林銘偉 賴宇紳

本研究計畫係基於 TSRI 的矽光子設計、主流半導體製造能力、元件測試與數據分析能力，期望憑藉此「國防先進科技研發計畫」的執行成果，滿足中科院於未來矽光子應用技術開發需求，相關研發成果於計畫執行期滿後將涵蓋被動元件的設計和光罩佈局、製程成果、被動元件測試成果及調制器元件設計說明。目前已完成被動元件優化評估、光罩準備及製程均勻性開發驗證及製程開發工項數據紀錄、如測試元件遞件流程、被動元件之製程優化評估及光罩整備、被動元件製程穩定控制、製程流程參數建立以及線上即時觀測關鍵元件尺寸方法，期能藉由上述成果逐步於國內建立矽光子技術自主製程平台之目標。

ND32-11210068

### 高發熱主被動相列雷達之高效散熱研究案 (2/2)

黃振傑 鄭皓韓 盧彥文 范育睿

本研究的目的，是針對高發熱的主被動相列雷達之模組電路板，進行高效能的散熱研究，以解決其產生高熱量的問題。以數值計算與實驗方法，開發高效率的散熱模組，藉由有限體積分析，研究數種散熱模組的散熱效率，包含：水冷板、水冷板結合均熱板、均熱板結合散熱鰭片等等。吾人擬先利用商用的散熱元件組成散熱模組，進行實際實驗量測，並與有限體積計算模擬比較，進行誤差校正。接下來以有限體積分析，對散熱模組和實際散熱情形進行元件最佳化。並提出三種模組的散熱效率報告。依據數值模擬結果，和最佳化設計，挑出最佳的散熱模組，並做出實際的最佳化散熱模組。

ND32-11210069

### DOA Estimation via the Ratio of Sum and Difference Patterns for Linear Equally Spaced Antenna Arrays

Chi-Min Li, Yen-Hsi Wu, Ting-Wei Chou, Hao-Ting Chuang, Pang-Hsing Chen, Kuei-Jang Huang

Currently, many wireless applications have to acquire the Direction of Arrival (DOA) of the received signal or the Angle of Departure (AOD) of the transmitted signal to enhance system performances, such as the signal quality improvement, precise targets locations identification, and high data rate transmission. For example, 4G Long Term Evolution (LTE) or 5G New Radio (NR) wireless system adopt the antenna beamforming or precoding technique at both the transmitter (Tx) and receiver (Rx) to increase the signal to noise ratio (SNR) and reduce the bit error rate (BER). Furthermore, modern multiple input multiple output (MIMO) radars can use the angle information to correctly identify the targets' number, locations and their speeds. In this paper, a high resolution of the DOA estimation method using the defined ratio of the sum and difference patterns of two overlapped subarrays for a linear equally spaced (LES) array is proposed. The proposed concept can be applied not only to the LES array, but also to other antenna arrays with proper relation modifications. Results show that with the help of the ratio criteria and the overlapped subarrays, the proposed DOA estimation method has the noise immunity advantage than the conventional methods using the sum and difference patterns only.

ND32-11210070

## Geolocation of Targets via Time Difference and DOA for MIMO Radars

Chi-Min Li, Yen-Hsi Wu, Shu-He Yang, Yi-Pei Pan, Hua-Chin Lee

Comparing with the conventional radar system, current multiple input multiple output (MIMO) radars adopting multiple transmitters (Tx) and multiple receivers (Rx) contain many advantages, such as the abilities of identifying multiple targets simultaneously, increase the spatial resolution under the clutter interferences, increase the probability of detection with the help of the channel feature extraction. However, the critical synchronization problem and the clutter inferences should be handle properly between Tx and Rx to accurately complete the target detections. Different from the conventional elliptical method using the time difference between two receiving sits, a target geolocation method for MIMO radar using the time difference between the line-of-sight (LOS) path and the reflected path from the targets of the acquired channel responses is proposed in this paper. Combined with the direction of arrival (DOA) estimation, the proposed method can identify the targets precisely and contains the advantage of avoiding the synchronization problem between Tx and Rx under the clutter interferences for a MIMO radar system. Simulations demonstrate the performances and abilities of the proposed target geolocation method with satisfactory results.

ND32-11210071

## 結合慢波傳輸線和複合式左右手傳輸線的縮小型威爾金森巴倫

羅子瑜 張哲耀 黃釋平 陳志偉 蔡維庭 劉重儀 毛紹綱

本論文提出使用複合式左右手(Composite Right/Left Handed ; CRLH)傳輸線及慢波(Slowwave)傳輸線來達成威爾金森巴倫(Wilkinson Balun)的物理尺寸微縮設計。利用提出的慢波傳輸線來替換傳統威爾金森功率分配器(Wilkinson power divider)的 $\lambda/4$ 傳輸線來達到物理長度的微縮。最後再進一步針對微縮後的威爾金森功率分配器加入慢波傳輸線和複合式左右手傳輸線來達到操作在 9.2 ~ 10.5 GHz 的微縮化威爾金森巴倫。與傳統環形耦合器的尺寸相比，所提出之威爾金森巴倫的面積可減少 39.6 %。

ND32-11210072

## 具有低逆向導通損耗之常關式氮化鋁鎵/氮化鎵高電子遷移率電晶體

張致綱 林岱頡 鮑康卓 朱昱全 黃建璋

元件的第三象限操作在諸如同步直流-直流轉換器和逆變器等電力應用中，扮演著關鍵角色。這些應用要求極小的汲極-源及電壓降，以減少傳導損耗。然而，標準氮化鎵(GaN)電晶體在開極關閉的狀態下，仍呈現較高的電壓降。為應對上述情況，我們提出了一種雙開極高電子遷移率電晶體(HEMT)，旨在增強反向導通能力。該元件以接近源極的主開極為主，同時在靠近汲集的輔助開極上施加固定偏壓。透過此種配置，我們實現了極低的逆向導通電壓，為 -0.16 伏特，並且成功將逆向導通功率損耗減少 89.03%。這一改進可歸因於漏電極與輔助開極之間所形成的自由通道，該通道能夠有效地散去儲存的電荷。

ND32-11210073

### 船艦紅外線訊跡模擬分析與量測研究

褚庭桓 林聖義 葉樹安 王翰韜 何沛芸 鄭哲民 蔡順峯

本研究重點於紅外線訊跡模擬預測模型，針對水面船艦全尺寸紅外抑制之流體流動和輻射熱傳特性進行數值研究。模擬過程中考慮了船艦的日照和熱源產生的訊跡，以及背景訊跡和大氣對流傳導條件。利用 COMSOL Multiphysics®軟體解決物體內部溫度分布隨時間變化的偏微分方程，並進行實船量測以驗證模擬結果。研究發現模擬結果與實船資訊的趨勢相近，驗證了所建立的數值模擬方法的可行性。透過實驗取得艦船不同部位的輻射率，進一步提高模擬準確性，並應用於艦船設計實務中，以改進紅外線抑制技術。

ND32-11210074

### 水面艦船磁訊跡數值模擬分析比較

池柏均 林聖義 胡卓翰 盧建仲 黃宇川 鄭哲民 蔡順峯

現代戰爭科技發達，探測設備日益精進，在複雜電磁環境下，艦船的磁場表現上也必須追求最小化，在執行作戰任務時，使能達到匿蹤效果。艦船結構大多為鐵磁材料製成，其材料特性會受地球磁場影響產生磁訊跡，可利用探測系統，搜尋磁訊跡異常的位置，進而發現水面艦船所在地點。在探討艦船的磁場特徵時，必須考慮到地球的永久磁場，以及材料所產生的感應磁場。本研究運用 COMSOL Multiphysics®軟體求解 Maxwell's 方程式以獲得磁場的數值解，將背景場設定為地球磁場，分別計算分析 NATO-GD 船型在無配備螺槳及俥舵、配備單螺槳單舵、配備雙螺槳雙舵不同構型的磁訊跡特徵，同時針對此 3 種艦船構型下，分析三種船體材料，包括全鋼、全鋁、甲板(含)以上為鋁，甲板以下為鋼，共九種情況，運用簡化磁場理論，將地磁場設定在台灣地磁的平均數值。研究結果顯示，NATO-GD 船型在配備螺槳和改變船體材料時，會影響其磁特徵的變化，改變船體材料及針對螺槳部分進行消磁設計，可以降低艦艇的磁特徵，減少艦船的可探測性，本研究對 NATO-GD 船型幾何結構和船體材料所產生地磁場數值解，與艦船消磁方面有深入探討，未來可增強水面艦匿蹤的效果。

ND32-11210075

### 戰機多控制面之分配律設計 (2/2)

郭家維 賴旻琦 楊憲東 林建宏 曾俊翰

本文探討分配律的管理方案，以使戰鬥機的飛控電腦能夠因應不同的飛行任務需求，例如控制面偏轉最小、飛行阻力最小、雷達反射最小、少用向量推力...等，自動切換不同的分配律。最後透過六自由度飛行模擬，比較三種管理方案的優缺點

ND32-11210076

### 新一代戰機環境控制系統動態程式開發

顏毓泰 胡耕銜 游翔駿 江承宥 李明蒼 陳玉彬

本研究主旨為建立戰機環控系統熱力循環的動態數值模型，使其符合新一代戰機的性能設計需求。參考研究文獻中的飛機環控系統架構，本研究以 MATLAB Simulink 建構環境控制系統的熱力系統模擬模型。根據參考資料以及熱力學原理，建立環控系統的穩態數值模型，代

入戰機飛行模式與環境參數，計算工作流體在環控系統中各節點的熱力學狀態。模型考慮環控系統與關鍵元件的動態響應，可用於動態模擬計算戰機飛行時的環控系統熱力學狀態。

ND32-11210077

### 水際裝置於潮間帶與波浪互制之數值模擬

曾以帆 薛憲文 李芳承 黃瑞琦 林世哲

過去針對在潮間帶上物體的移動與動床變化的計算一直是海洋工程領域中艱困的議題，本研究為了探討水際裝置在實際地形的潮間帶上受波浪影響後的位移狀況，將採用 DualSPHysics 開源工具來進行研究，以 A 區指定海灘及 B 區指定沙灘作為研究背景資料進行數值模擬。模擬結果中發現，大多數的位移方向皆為向岸方向，並且水際裝置在受波浪衝擊時會產生往復運動的狀態。

ND32-11210078

### 應用於極端環境之鋰電池電解液熱力學性質： DFT/COSMO-RS 輔助資料庫之建立

詹羽婷 吳亮廷 江志強

本文旨在於使用理論計算輔助篩選並開發適合在極端環境下使用之高性能鋰電池電解液。隨著鋰電池需應用無人航空載具、無人水下載具等需在極端環境下運作的裝置，對於鋰電池之安全性與性能的要求則日益漸增。為了確保使用者的安全及裝置的正常運作，尋找具寬液態溫度區間的電解液則勢在必行。在本研究使用密度泛函理論計算各常用之有機溶劑分子於導體中所誘導出的分子表面電荷分佈，並使用 COSMO-RS 理論計算該分子於一混合物中之化學勢，結合熱力學之相平衡方程式以達到預測該混合物之熔點、沸點和溶質於該混合物中之飽和溶解度。使用此 DFT/COSMO-RS 方法可將對於實驗數據的要求最小化，對於指定分子，僅需其在純物質狀態下之熔點、沸點和熔化焓，即可繪製該分子於一混合物中之相圖，進而評估一電解液之液態溫度區間，以篩選具有潛力之混合溶劑組合。LiTFSI 鋰鹽於一混合溶液中之飽和溶解度也為電解液篩選之重要參數，隨著鋰鹽大量溶解於溶液中，可達到提升電解液高電壓穩定性的效果，同時也有助於提升鋰離子導電度。透過此研究，我們發現於 EC 作主溶劑的雙成分混合溶液中，EC-TMS 具有寬達 325 °C 之液態溫度區間、且在 50 °C 時 LiTFSI 之飽和溶解度也可達到~2.7 M，具有在極端環境下有效運作之潛力。但實際之電化學性能仍需進一步考量。未來使用此 DFT/COSMO-RS 方法進行高性能、適用極端環境使用之電解液開發仍極具潛力。

ND32-11210079

### 強化資通電軍通資站臺電磁脈衝及結構安全防護之研究

田儀萱 聶若鹽

本文之目標係依據電磁波屏蔽理論，探討在不同電磁波頻段下不同材料運用於建物的電磁屏蔽效果。為確保各種不同材料其電磁屏蔽效果，首先製作成 1 米平方大小之實驗試片，

安裝於金屬量測艙窗口，依據 MIL-STD-188-125-1 量測要求進行電磁波量測，並計算其電磁屏蔽值。在電磁脈衝攻擊的威脅下，運用混凝土中於哪一種配方及比例對於威脅所導致的傷害可以降至最低，同時又可以維持原有建物的結構強度甚至對於結構強度有幫助。

ND32-11210080

### 一種新型四驅動馬達電動車輛之最佳控制策略

吳建勳 楊捷名 高偉哲

本研究以 4 輪輪邊馬達作為動力源，包含：行車型態模組、駕駛人模組、鋰電池模組、車輛動態模組以及能量管理系統模組所組成一電動動力車輛模擬平台，同時利用兩組 Microbox 快速離型控制器建構硬體嵌入式系統技術，透過訊號處理達到類比、數位之輸入/輸出訊號轉換，使用 NEDC(New European Driving Cycle)行車型型態，分析各系統彼此之性能特性與響應關係，完成 4 輪平均驅動模式與等效油耗最小策略(Equivalent Consumption Minimization Strategy, ECMS)之修正與整車調校。結果顯示 ECMS 控制與 4 輪平均驅動模式相較之下，在純模擬環境下，純電能源效率與等效燃油消耗率增進率分別為 8.33 % / 9.51 %、10.70 % / 11.73 %；若在 HIL 模擬相較下，純電能源效率與等效燃油消耗率增進率分別為 6.69 % / 4.85 %、8.51 % / 7.96 %。

ND32-11210081

### 空對地低速目標檢測陣列訊號處理開發平台

許鏡瑋 陳維瀚 林冠騰 吳仁銘

本文之目標主要在於發展建立低複雜度時空雙域自適應濾波演算法，全複雜度時空雙域自適應濾波演算法的高複雜度並不適合即時運算，故發展低複雜度時空雙域自適應濾波演算法並藉由第三方公認資料集KASSPER資料集對演算法進行驗證。在演算法符合下世代數位陣列架構下，證實演算法能成功濾除雜波與干擾並放大目標訊號。

ND32-11210082

### 使用 Aspen Plus 模擬連續式反應器之 HTPB 自由基聚合製程

李丞軒 江奕昀 林筱慈 黃國華 簡思佳 謝介銘 李岱洲

端羥基聚丁二烯(hydroxyl-terminated polybutadiene, HTPB)為一種丁二烯聚合物，其分子結構為長鏈高分子末端帶有羥基基團，而中間為不同型態(順式、反式與乙烯基)的丁二烯單元。HTPB常用於固體推進劑火箭當中，為一非常重要的國防材料。國內目前HTPB皆仰賴國外進口，然而購入的HTPB品質不一，考量國際情勢變化，並期望能於未來達到穩定自主生產HTPB的能力，因此，本研究之目標為使用Aspen plus模擬HTPB連續式反應製程，以製備出良好品質的HTPB。本研究利用塞流式反應器(plug flow reactor, PFR)之實驗數據作為對照，計算出HTPB的動力學和熱力學參數，並採用較容易控制的自由基聚合(free radical polymerization, FRP)方法，已達到與真實實驗極為相似的結果，表示在反應設置和參數設定上已相當準確。使用Aspen plus 中的內建分析工具，觀察出不同變因下，HTPB的結果差異，如反應器溫度、進料流量等，幫助在設置微流道反應器時能更加便利且安全。

ND32-11210083

### 超燃衝壓引擎駐焰機構設計尋優與燃燒流場特性研究(3/3)

袁曉峰 葉思沂

燃燒室內結構的尋優設計，牽涉到震波的產生位置以及超音速與次音速流場的交互作用，這些氣體動力學與流體力學的問題是目前世界先進國家持續探討的研究課題，而粒子影像測速儀(Particle Image Velocimetry, PIV)即為探討此一研究主題的主要工具。本團隊先期與中科院合作建置之反射式震波風洞，在增置 PIV 量測系統後，可將前期定性的分析結果更進一步以定量的方式進行尋優設計，並可探討燃料與超音速流場間的交互作用，進一步提升燃料混合性能；再搭配前期建置之連管風洞進行燃油的點火試驗，亦可探討不同支架設計下的燃燒性能，可作為超燃衝壓引擎研改之重要參考。本研究分為兩個部分，首先是探討不同的燃油噴注配置對凹槽駐焰所造成的影響；接著是透過前一年度所建立的 PIV 系統，進行不同長深比及斜壁面角度之凹槽的定量流場量測。

ND32-11210084

### 一個高速單通道十位元每秒取樣三億次取樣的次區間架構之連續漸進式類比至數位轉換器

蔡旻修 劉正群 唐梓翔 胡耀升 歐陽晁祐 陳信樹 鍾勇輝

本作品提出了一個高速單通道十位元每秒取樣三億次取樣的次區間架構之連續漸進式類比至數位轉換器，實現於 TSMC 28nm CMOS，由一個五位元的粗調類比至數位轉換器以及十位元的細調類比至數位轉換器組成，實現高速及低功耗。並且利用次區間架構以及 Settling Time Relief 的技術，來降低 Settling Time 的限制，因而得到更高的取樣頻率。於  $F_s$  為 185MS/s 時量測之 SNDR 為 51.7dB，並在  $F_s$  為 300MS/s 時量測之 SNDR 為 41.22dB。

ND32-11210085

### 基於熵值權重法的多層扇形叢集架構之無線感測網路節能機制設計

劉芳萍 陳衍翰

隨著半導體製程更臻成熟及無線網路技術的進步，人與物、物與物間的溝通成為可能，迎來了物聯網(Internet of Things, IoT)的時代，為了支持多樣性的物聯網服務，需要穩定且持續地運用大量微型感測器，對外界產生的變化做出即時且正確的回應，以感知、收集感興趣物件的環境參數，常見應用於軍事監視、空污管制、河流水位監測、智慧城市、智慧工廠控制等領域，因此無線感測網路(Wireless Sensor Networks, WSNs)成為具有開發價值技術之一。無線感測網路係由大量的感測節點(Sensor Nodes)及匯集節點(Sink Node, SN)或基地台(Base Station, BS)部署在特定區域內，通常應用於人跡罕至或維護困難的環境中；感測節點通常具有體積小、電力有限及容易部署等特性，透過無線傳輸多跳(Multi-hops)方式，最終將感測資料匯聚(Data Aggregation)至匯集節點或基地台，以執行後續資料處理、分析、示警及決策。此外，由於感測節點常部署於人員難以維護、數量眾多及更換電池不易之環境，節省能源消耗是設計感測網路重要考量因素。根據 Akyildiz, I. F.等學者研究指出，感測節點的能源消耗主要耗損是在資料傳輸上，會因傳輸距離不同，造成區域內部分感測節點提早失效、死亡等情況，使無線感測網路出現通訊中斷或能量洞(Energy Hole Problem)問題，導致資料收集中斷或無法正常感

知事件，影響感測網路的監測能力。因此如何有效運用、管理感測節點電力，以維持網路壽命 (Network Lifetime)，又能確保感測網路內資料可靠性，是無線感測網路領域中具有研究價值的課題。為減少感測節點傳輸距離能源耗損與延長感測網路壽命之目的，執行叢集劃分 (Clustering)，藉由叢集成員 (Cluster Member) 向叢集頭 (Cluster Head) 匯聚資料，可以縮短叢集成員至基地台之傳輸距離，減少節點能源消耗；其二是叢集頭選擇 (Cluster Head Selection)，叢集頭作為資料匯聚及資料處理的重要角色，消耗電量較一般節點高，因此需要在叢集內設計最適叢集頭選擇方案，可以最大化網路壽命；透過節點休眠及叢集頭選擇機制，達到平均能源消耗並延長網路壽命之效益。本研究提出將目標區域以扇形方式劃分叢集 (Fan-shaped Clustering, FSC) 及熵值權重法 (Entropy Weight Method, EWM) 來選擇中繼層最適的叢集頭的無線感測網路架構。

ND32-11210086

### 高頻氮化鋁銦鎵/氮化鎵高電子遷移率電晶體之模擬優化

吳育任 李昊

本研究的目標在於模擬分析四元氮化鋁銦鎵/氮化鎵高電子遷移率電晶體的高頻表現，並預測微縮閘極長度後的電性變化與短通道效應。氮化鋁銦鎵有高自發極化的特性在異質界面能產生高二維電子氣 (two dimensional electron gas, 2DEG) 來降低片電阻。因此，使用氮化鋁銦鎵作為阻障層被視為能有效提升電晶體內通道二維電子氣體濃度、汲集電流 (drain current)、轉導 (gm)、電流增益截止頻率 (fT)、最大震盪頻率 (fMax) 的方法，是近年來高頻元件的主要研究方向。我們藉由實驗室自主開發的數值模擬軟體，進行磊晶結構上的優化，在考慮晶格匹配、通道載子遷移率 (carrier mobility)、閘極控制能力的前提下，嘗試不同成分比例與厚度的氮化鋁銦鎵，最後設計出以  $\text{Al}_{0.8}\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.1}\text{N}$  10 奈米作為能障層材料的四元高電子遷移率電晶體，並且與 GaN 界面處含有 1 奈米薄層的 AlN 用來降低通道二維電子氣所受到的合金散射 (Alloy scattering) 以防止散射導致的載子遷移率下降。接著我們也配合實驗量測取出接觸電阻 (contact resistance)、capping layer 的陷阱密度 (trap density) 與雜質密度 (impurity density) 和通道的低電場的載子遷移率大小等外部參數，再去模擬分析微縮閘極後元件的高頻表現與趨勢，由模擬結果顯示，當閘極長度微縮至 100 奈米時，我們所設計的元件 fT/fMax 應有 133GHz/209GHz 的潛力，符合操作在 W-band 頻段的條件。

ND32-11210087

### 不同表面氧化處理對於氮化鎵 高電子遷移率電晶體之影響

蕭凱文 呂育瑄 吳肇欣

此文章採用碳化矽基板之氮化鋁鎵/氮化鎵 (AlGaIn/GaN) 磊晶結構用以製作高電子遷移率電晶體 (HEMTs)，並透過不同的表面處理製程改善傳統蕭特基閘極 (Schottky Gate) 製程，藉此改元件於閘極端的表現。並透過紫外光臭氧處理機 (UV Ozone) 與感應耦合電漿蝕刻機 (ICP-RIE) 進行表面處理，使元件在直流特性幾乎維持不變的情況下，明顯降低閘極端漏電流。

ND32-11210088

### 矽光子之光纖陀螺儀慣性量測模組

王彥傑 陳瑋軒 郭子榕 魏嘉建 洪勇智 曾冠翔 蔡豐名 彭子軒

本團隊過去所發展的矽光子陀螺儀晶片主要是以開迴路的設計為主，為了將此技術延伸至閉迴路操作，本篇文章探討可行方案以在矽光子晶片上實現大範圍相位調動，經由模擬探討矽基 PN 接面在順偏和逆偏下的相位調變效率，發現在順偏下可以讓整體相位調變器尺寸與偏壓降低，相較於我們過去使用逆偏的 PN 設計有很大的尺寸微縮優勢。此外，我們也探討實現利用分波多工技術實現三軸光纖陀螺儀單晶化的可行性。

ND32-11210089

### 新式熱電池材料及技術探討

林臻 王冠淳 張仍奎

熱電池常受限於陽極 Li 金屬熔點低、陰極 FeS<sub>2</sub>熱穩定性不佳等問題，且下一代飛彈將朝提升射程等方向發展，系統將越趨複雜且電能需求將越來越大，因此急需開發新式熱電池。本研究關乎國防自主及現有國防科技提升，以陰陽極材料的分析與選擇為主軸，評估歐美等先進國家使用之軍用熱電池的材料與技術，並借鑑科學文獻以匹配出我國適用的陰陽極材料，符合高工作電壓和耐溫性高等特性。透過本期的資料文獻分析，我們評估分析出符合效能規格且具工程發展潛力之軍用熱電池陰陽極材料-Li-Si/CoS<sub>2</sub>。Li-Si 陽極在放電過程中具有多相轉化能力，而 CoS<sub>2</sub>陰極放電過程電壓較為平穩，熱穩定性亦比 FeS<sub>2</sub> 高出 100 °C 左右。綜上所述，我們後續會以 Li-Si/CoS<sub>2</sub>熱電池系統作為主要陰陽極材料發展目標。

ND32-11210090

### 應用鈦六鋁四鈮多孔性結構的蒸散式冷卻技術

劉耀先 黃爾文 張瑞永 陳士勛 張紹甫 全湘偉 莊宗穎 黃偉欽

本文探討了一種先進的主動式冷卻技術-蒸散式冷卻，並在此基礎上進行了針對其在極超音速流動中的初步研究。研究內容涵蓋了其工作原理、模擬分析能量的建立、評估關鍵性質對性能的影響等方面。在研究中，我們將 3D 列印多孔結構及構型進行改良及加入陶瓷塗布製程，並分析材料的高溫拉伸性能，如楊氏模數、抗拉強度...等，通過均勻化的方式對楔型體單通道蒸散冷卻進行了極超音速流場的模擬計算冷卻性能及結構應力應變分析。同時，我們還搭建了高溫風洞試驗平台進行了實驗驗證。實驗及模擬結果顯示，陶瓷塗佈製程品質可耐高溫。雖然陶瓷塗佈可以有效地滿足本研究所需的耐高溫效果，但採用多孔材料作為結構主體也會對結構強度產生影響。因此，我們還對多孔結構和整體結構進行了應力應變分析，並確認整體結構在飛行過程中的形變量都在彈性範圍內。。

ND32-11210091

### 新世代熱防護材料開發\_適形熱防護材料開發

林芯慧 林瑾銳 鄭傑文 阮至正

本研究計畫主要開發應用於極超音速航空器於 1200-1500°C 超高溫極端環境下的熱防護材料。利用轉注成型技術(Transfer Molding, TM)，將低密度與熱穩定性高的氣凝膠與碳或高純度二氧化矽 3D 梯度纖維結合，形成輕質，低燒蝕，且具高隔熱性之的氣凝膠/3D 梯度纖維複合



型適形熱防護材料(conformal heat shield)。期開發之材料性能比擬美國 NASA Ames 研究中心所開發，酚醛樹脂浸漬碳燒蝕體(Phenolic-Impregnated Carbon Ablator, PICA)的輕質熱防護材料。

ND32-11210092

### 自動化海氣象浮標加裝水聲量測與海面影像系統建立暨即時回傳研發

黃清哲 吳立中 劉冠汶 溫閏植

反潛作戰中，為能夠發現航行船隻、潛艦等移動目標物，水中聲音的監測相當重要，對目標聲源進行定位亦是反潛作戰中相當重要之環節。本研究應用被動時間反轉法與聲線法，建立水中聲源三維定位的方法，並以十字形水聽器陣列，在將軍漁港進行實海域的水中聲源三維定位測試。為能同步偵蒐水面目標，本研究亦透過海上資料浮標為平臺，發展一套長期與即時回傳海面影像之監測技術，進行海面全方位視訊監控。由於視訊監控獲取的影像資料數據龐大，透過人工辨識海上目標所耗費的人物力與時間成本甚鉅。為強化海面大量影像數據的資訊彙整，本文導入人工智慧(AI)技術為核心的自動辨識船艦目標影像之技術，藉此強化水面視訊監控船艦目標之能量。本研究整合水中聲源定位與水面目標偵測技術，並透過海洋資料浮標作為建置平臺，預期可為反潛作戰兵力有效部署與戰術應用提供必要資訊，成為未來反潛作戰中的利器。

ND32-11210093

### 水中角錐吸音結構之設計及應用於水下高頻噪音控制

陳柏台 羊建銘 周郁傑 賴聲揚 周展毅 郁言

本文的目標設計水下陣列吸音角錐之設計，並且進一步應用於室內水中減噪，如水中無響室，聲納室等。陣列角錐由單一角錐相互 90 度沿伸而成，此三維周期性角錐結構之反射係數之計算可以等效於平面二維角錐，應用模態正交性可以獨立處理每階模態的反射係數。根據角錐反射係數可以定義出等效之表面聲音阻抗貼附物體表面產生之聲學吸音特性，本文數值模型選用正方體之內部，其六面體貼附角錐吸音結構，計算陣列角錐對室內聲場減噪效果。

ND32-11210094

### 2D 元宇宙國軍數位學習平台之虛擬助教

陳丙堃 蔣河山

我們在上屆國防科技學術研討會提出 2D 元宇宙技術，解決國軍在疫情期間人員無法會面狀況下之開會、人員溝通資料交換、教育訓練等問題，相較於建立 3D 元宇宙可節省大量資源，為目前較為可行的選項。在元宇宙中的數位學習平台，自然是少不了助教的輔助學習虛擬角色，因此本研究基於 2D 元宇宙的需求，以物件導向的觀念，設計 2D 元宇宙國軍數位學習平台中輔助互動學習機制，稱此虛擬輔助學習人物為線上助教。此線上助教的功能有助於教學者與學習者在學苑中即時學習互動。線上助教功能中更加入了真實助教與虛擬助教機制，改善目前網路學習系統。2D 元宇宙國軍數位學習平台打造了 2D 虛擬校園環境，可以提供教師學生個人化之教學環境，使教學與學習都更加有趣、生動、互動活絡且賦有生命力，進而提高

學習者之學習動機。學習平台以物件導向之觀點而架構使得軟體程式獨立性高、維護成本降低、軟體重複使用性增加、擴充性大。2D 元宇宙國軍數位學習平台可以做到以往資訊系統無法做到的事。例如遠距教學時，學校仍可在網路虛擬教室查堂。而不是因遠距教學必須事後請教師填寫是否有上課及上課內容等。

ND32-11210095

### XT111 下節套長纖複材製備與射出技術開發

張修誠 陳威成 鄭惟升 謝和原

本研究針對軍備武器輕量化的材料開發提出解決方案，使用長纖熱塑性複材取代傳統鋼材，降低單兵裝備負重，提高執行任務效率，成功開發具有高含浸性長纖熱塑性複材，包括 PPS/CF、PA66/CF、PAEK/CF，具有優異的力學特性，可滿足各種軍備零組件需求，並透過射出加工實現低成本、高生產率和高品質性。本研究亦結合模流分析和長纖熱塑性複材特性，成功開發 XT111 下節套模具，優化 PPS/CF 和 PAEK/CF 的射出參數，確保最佳生產品質。同時，從重量數據說明，長纖熱塑性複材可顯著減輕下節套的重量約 35%，未來可廣泛應用於軍備零組件，實現軍備武器輕量化目標。

ND32-11210097

### 新世代熱防護材料開發：冷噴塗技術製備抗高溫防護塗層之開發

曾勝煒 洪暉哲 楊永欽

本研究使用冷噴塗技術製備鈿的耐燒蝕塗層，並研究不同冷噴塗製程參數對塗層的影響，進行冷噴塗塗層的顯微結構和機械性質探討，接著使用大氣電漿熔射噴塗技術在鈿塗層上製備鈿安定氧化鋁隔熱塗層，形成複合塗層。研究結果顯示，冷噴塗製程中，較高的腔體溫度和壓力會使粉末發生熱軟化，並使粉末產生良好的塑性變形，塗層有較低的孔隙率，形成緻密的塗層，其最低孔隙率為 0.2%，而縮短工作距離可確保粉末具有足夠的撞擊動能，從而使塗層與基材有良好的咬合。鈿金屬塗層與基材之間的結合強度為 27.6 MPa，鈿安定氧化鋁陶瓷塗層與鈿金屬塗層之間的結合強度為 13.8 MPa，兩種不同金屬層與陶瓷層比例的抗高溫複合塗層，其熱傳導率分別為 1.89 W/m·K 與 2.67 W/m·K。

ND32-11210098

### 極超音速環境高溫熱防護材料熱衝循環數值模擬分析與驗證技術開發：極超音速火焰熱防護材料測試模擬技術

張存均 林正軒 何亞奇 黃聖鑫 傅本然 陳慶耀

本文之目標在開發高溫熱衝循環數值模擬分析技術，建立可評估熱防護材料在實際應用場域所遭受的高超音速流與高低溫劇烈變化之模擬測試平台，以驗證現有及新開發之熱防護材料性能。模擬架構將完整匹配中科院高速氧燃料火炬材料燒蝕實驗系統，採用計算流體動力學模型來分析火焰流場的溫度、速度、壓力特性，並透過熱通量及材料表面溫度分布數據，模擬燒蝕/非燒蝕等複合材料在高超音速流動火焰下的耐燒蝕性能，分析前溫背溫及燒蝕過程中結構的演變。

ND32-11210099

## FPV 穿越機在軍用自殺式無人機上的應用研究

蔡元謙 彭基華 羅鴻基

本研究針對俄烏戰爭中以民用 FPV 穿越機作為自殺無人機的各種應用及改裝方式進行深入分析，探討穿越機酬載反裝甲或反人員戰鬥部成為制式軍用自殺無人機的可行性和待克服問題。俄烏戰爭為近期最受國際社會矚目的一場現代化戰爭，戰況慘烈，雙方都曾大量使用先進的軍事武器。意外的是，這場戰爭中最受關注的武器，既不是傳說中俄軍無法被攔截的極音速導彈，也不是美國赫赫有名的海馬斯火箭，更不是傳統的坦克大決戰，而是在戰場上被靈活應用的各式各樣無人機。更令人驚訝的是，除了制式的軍用無人機之外，俄烏雙方都曾在民用市場上大量搶購無人機及零組件，將休閒娛樂用途的無人機快速改裝，搭載制式或土製武器形成戰鬥部，變身為戰場上的自殺式無人機，其中的 FPV 穿越機由於價錢低廉，攜帶容易，更是非常適合作為低成本自殺式無人機。所謂 FPV 穿越機，原只是多旋翼飛行器的一個分支，多數為休閒娛樂用途，實際上更接近自組的航空模型，它並未具備一般無人機都會裝配的導航系統，更談不上 AI 人工智慧運算。然而，這類穿越機施放時僅由飛手透過視訊眼鏡進行第一人稱視角的操控，時速可以輕易達到 200 公里以上，機體極小，在戰場上不易被攔截，士兵不必冒險暴露行蹤，只要躲在安全的位置，所見即所得的巡航飛行，透過即時影像傳輸，其攻擊精準且能同步記錄戰果。在實戰中，此種非制式的自殺式無人機屢屢以極低成本，造成敵軍人員、車輛和裝備的重大損傷，戰果輝煌，以小博大，堪稱非對稱作戰的最佳實證。

ND32-11210100

## 在 Wi-Fi 無線網路中，以被動方式辨識資源侷限之物聯網裝置

余梓萁 林津緯 李奇育

在這幾年間，物聯網架構的應用在全世界已經越來越盛行。在所有物聯網裝置所採用的連線技術當中，室內物聯網場域特別偏好使用 Wi-Fi 來將物聯網裝置連上網路。儘管這些物聯網裝置替我們的生活帶來了許多便利與效率，它們卻時常容易成為惡意人士攻擊的目標，因為大部分的物聯網裝置並不具備充足的軟、硬體資源來防範這些攻擊。因此，如何確保這些資源侷限的物聯網裝置的安全是一門相當重要的課題，並仰賴學術研究社群能夠花費更多精力以提出適當的解決方法。同時，物聯網裝置之辨識也能夠間接地幫助提升物聯網環境的安全性。考量到物聯網裝置本身受限的軟、硬體資源，在這篇論文當中，我們提議運用能夠反應出一台裝置運算資源的通訊協定標頭欄位作為特徵，來辨識出不同物聯網裝置的裝置類別、裝置類型、製造業者以及裝置型號。為了要正確且有效率地從這些資源相關的特徵當中擷取出分類的依據，我們設計了一套機器學習架構，該架構將數個多元分類器(Multi-class classifier) 階層式地組織起來，以在空間和時間成本之間取得較好的平衡。此外，為了要成功辨識不斷被研發出來的新物聯網裝置，我們提出了一個基於雲端運算的物聯網裝置辨識架構，該架構利用雲端伺服器集中式地學習新的物聯網裝置的辨別特徵，並將這些學習的結果分享於所有與之相連的 Wi-Fi 網路當中，使得這些網路中的裝置皆能有效地被辨認出來，並避免了多個網路間原本可能發生的重複計算。我們手動地收集了來自 35 台市面上的物聯網裝置以及 5 台通用型裝置的網路流量，並以此資料集來評估所提出之辨識架構的功效。

ND32-11210101

**寬頻收發模組與天線陣列設計及研究**

鄭宇翔 周錫增 張家宏 林致翰 李岳融 許桐 曹盛鈞

本計畫發展主動寬頻陣列天線系統，尤其應用於 6-18GHz 之通訊與雷達相關系統，可以執行雷達參數偵蒐、實施高功率電磁干擾來避免敵方雷達偵蒐之電子戰系統。系統建構包括射頻收發模組與寬頻天線單元，其後建構陣列天線系統。執行過程將設計寬頻收發模組與韋瓦第天線陣列，以離型實作驗證其效能。收發模組方面，我們會評估選用適合的射頻元件及微波基板，設計匹配網路及直流供電網路，完成電路板布局，產出寬頻收發模組離形進行驗證。天線方面，我們會選用合適之微波基板設計天線，模擬電流方向、輻射場型、駐波比等效能，最終產出韋瓦第天線離型進行驗證。由天線系統在運作時之參數特性來確認其有效性。

ND32-11210102

**水際裝置螺旋傳輸布放機構之結構力學數值模擬分析**

吳采亮 林建羽 范唯軒 黃瑞琦 薛憲文 何亞奇

本文目的在於使用有限元素數值模擬，分析水際裝置布放結構之設計，開發製作包含主體機構設計、車載避震器設計，於潮間帶行駛布放水際裝置，達到自動化布放效果。利用有限元素法進行結構力學分析和優化細部機構設計，以四層螺旋結構為主，選用碳鋼機身和軸承，層數四層，一層可放置十顆水際裝置，四層則可放置四十顆；並於機身下方安置避震器，減緩車載之震動。根據分析，螺旋傳輸機構，在布放水際裝置可行。

ND32-11210103

**具非線性液氣式懸吊系統八輪甲車之半主動懸吊控制**

張家榕 尤正吉 朱子文

本研究針對搭載液氣式懸吊之八輪甲車建立一具有六自由度的半車數學模型，並使用線性二次調節控制策略結合增益調度來開發半主動懸吊之最佳化控制策略。由於八輪甲車配備之液氣式懸吊系統具有非線性彈簧剛性和非對稱阻尼係數之特性，因此本研究通過提取非線性剛性和非對稱阻尼係數的方法獲得最佳化控制增益集，並利用各軸懸吊之運動狀態以查表方式獲取相應的增益矩陣，實現線性二次調節控制器結合增益調度之最佳化控制策略。最後使用 Matlab/Simulink 結合 TruckSim 軟體進行驗證，探討八輪甲車以高低兩種速度下行經減速墊、壕溝、隨機路面時，車身加權加速度、俯仰角加速度、彈簧升程量和輪胎變形量受路面激勵的反應；結果呈現，線性二次調節搭配增益調度之控制方式相較傳統使用單一增益矩陣之控制方式能更有效抑制車身加權加速度和俯仰角加速度，提高甲車的舒適性能。

ND32-11210104

**利用衛星資料及深度神經網路反演海面風場及浪高**

陳致穎 陳登舜 葉南慶 徐子圭

海面上的風場以及浪高對於海軍各單位的任務執行順利與否，絕對是不可或缺的氣象參數之一。要獲取廣大洋面上的風場及海浪高度資料，主要是海上浮標及沿岸和島嶼氣象站，但浮標數量相對於廣大洋面而言，數量明顯不足，所以利用衛星資料觀測海上風場以及浪高補足海面上浮標觀測量的不足，進而增加海軍船艦航行海域之氣象參數(風場、浪高)情資。本研究

利用衛星反演近海面風場，並求出各項氣象參數與海浪高度的相關性，選擇相關性高的氣象/海象參數輸入深度神經網路，進而反演並預測海浪高度，並與浮標觀測之實際進行分析比對，以實際個案驗證該方法預測海浪高度的準確性及實用性。最後本研究使用 DNN 之計算，藉以增加波浪場之解析度，使得模擬數值之結果與浮標觀測值更接近。

ND32-11210105

### 非侵入性生理參數預測軍事人員最大能量代謝

陳靖軒 傅思凱 曾國維 石裕川

軍事人員的最大體能戰力與最大能量代謝測試 (maximal metabolism test, MMT) 密切相關，而標準測試方法較耗時，限制了實際應用的效率。因此，本研究目的為分析出最適合的非侵入性生理參數組合，以預測軍事人員的 MMT。方法：招募 12 名軍事人員（男性 6 名；女性 6 名）進行身體組成分析及 MMT。統計方法使用簡單線性迴歸分析 (simple regression analysis) 及多元線性迴歸分析 (multiple regression analysis)，建構與 MMT 相關性最高之生理參數組合。結果：以體脂率 (body fat percentage, BFP) 對 MMT 的決定係數最高 ( $R^2 = 0.777$ ,  $p < 0.001$ )。預測模型為  $[MMT = 51.99 - 0.55 \times BFP]$ 。淨體重 (lean body mass, LBM) 與 BFP 的組合預測 MMT 結果顯示，LBM 的迴歸統計不達顯著 ( $p > 0.05$ )。在 BMI 與 BFP 的組合顯示，BMI 的迴歸統計不達顯著 ( $p > 0.05$ )，僅需 BFP 即預測 MMT ( $p < 0.05$ )。其他組合中，皆無所有生理參數同時達顯著。結論：多項生理參數組合對於 MMT 預測無較高的決定係數，故建議以單一非侵入性生理參數 BFP 預測軍事人員的最大體能戰力，以縮短評估時間，進而有效調配適當的兵力配置。

ND32-11210106

### 扭力測試平台之扭力與電流值關係探討

藍建武 唐瑀

隨著外骨骼多元發展，輔助人體運動行走的產品逐漸增加，在產品測試部分會隨著產業成熟發展，而有統一性發展成一種測試標準，所以如何將其特性客觀測量及量化量測成為一個重要的課題。因此研究針對開發中的一種仿生下肢測試平台，所使用的馬達扭力進行分析，因大小須符合人體下肢外骨骼能配戴的寬度且提供靈活性，將會縮減馬達本身可提供的最大扭力，且小型馬達的扭力數值無法直接回饋紀錄，研究以建立該馬達扭力的測試平臺，利用馬達結合扭矩計的單擺測試，馬達電流與扭力數值間關係進行分析，實現馬達扭力數值與電流間的對應關係之探討。

ND32-11210107

### 離岸風機系統於 1GHz 之電磁反射效應分析

廖家德 陳建宏 陳華明 陳彥銘 蔡坤城 黃福隆 吳逸翔 林廣至 李定芳

本文已經提出利用數值模擬評估，提供初步數據來解析離岸風機系統之電磁反射特性，研究中完成風力發電系統之三維(3D)模型建置，並以 1GHz 為中心頻率分析，以矩量法(Method of Moments, MoM)演算法進行求解，已完成指定頻率之雷達反射截面積與近場電磁場強度圖模擬，並完成機構建立與電磁模擬網格參數調整程序步驟，後續結果可對應風機反射之雷達波，作為飛航安全影響之重要參據。

ND32-11210108

## 水下音傳之通道脈衝響應模式建立與驗證(2/3)

邱永盛 張銘祥 謝明謀 蔡允辰

水下防衛科技的發展，需仰賴大量的高擬真聲學數據資料及精準聲學模型作為水下偵蒐、通訊等武器系統之設計依據。海洋環境之水下聲學通道為高時變之多路徑通道，而借助精準模型對系統性能進行評估成為一重要步驟。鑑此，擁有精準的時變聲學多路徑模擬模型，可用以模擬水下通道於各種不同系統的應用成為非常關鍵的需求。水下聲通訊系統的發展，其應用面包括魚雷、無人載具、水雷、潛艦與水面艦的水下通訊系統，影響系統應用成效的關鍵在於掌握真實水下環境，而隨著通道系統設計的深入，特別是當涉及水下通訊抗通道衰減及抗信號失真技術的設計時，需要用到真實的(台灣周邊海域的真實環境參數)高時變多路徑之模擬模型，用以評估通道技術的有效性和性能。該模型之精準度關鍵主要有兩點：(1)模式是否使用海洋聲學傳播模式、與(2)對於台灣周邊海域海洋參數的掌握，且需能進一步將海域海洋參數與聲學傳播模式結合。由於市面上缺乏仿真水下信號及通道分析之商用軟體，因此在系統設計上面，僅能對訊號損失簡單情況近似求解，因而在設計上必須借助大量實測數據，而實測數據需仰賴天氣與船隻人員配合，所需之成本及時間皆不斐，因此皆為本項目工程發展之重要內容及課題。

本計畫開發目的明確，將以3年期程發展模式與獨立量測系統進行策畫，主要工作有三：(1)將建置一套適合台灣周邊海洋環境(左高海域或台灣西南海域等，符合水深250至350公尺之相關通訊環境)的時變聲學多路徑模型，以提供精準的水下通道脈衝響應為主要開發標的，作為主動聲納系統以及水下長距(大於5km)聲波通訊數據機未來開發之依據。(2)除開發模型之外，為能有效驗證其模式，本計畫將運用主動與被動聲納建立一套能獨立在實海域上能量測水下通道脈衝響應之系統，並結合實海域的海上量測進行模式驗證。(3)並透過此模型與海洋參數的結合、海上量測技術建置與脈衝響應模式的驗證，可以分析通道變動的因子並量化其差異，回饋給模式做自我修正。本計畫自民國111年開始執行，目前正執行第二年度之研發工作，本論文彙整本計畫至目前為止之研發內容與成果，包含水下音傳之通道脈衝響應模式之建立過程與水下音傳通道量測系統之建置工作。

ND32-11210108

## 小波輔助的圖像融合

張敏寬 呂俊穎

本研究發展出用小波來對影像融合做輔助的方法(WAIF)，WAIF 是一種新穎的可見光與紅外光影像融合方法，這項影像融合技術主要基於生成對抗網路(GAN)的架構，並且引入了兩個獨立的判別器，以進一步提高影像融合的效果和效率。在我們的設計中，融合過程主要由像素級融合路徑和小波分解融合路徑進行。這兩種路徑分別產生各自的特徵圖，並通過兩個可訓練的參數線性組合，以產生最終的融合影像。我們的實驗結果證明，這種基於 GAN 和像素級融合的影像融合方法在影像的詳細細節恢復、融合效果上都有著出色的表現，並且利用小波分解來提升融合效果。這不僅為影像處理領域帶來了新的思維，也為相關領域的研究和應用提供了新的可能。

ND32-11210109

### 新型 12.7mm 機槍全槍機構整合設計之研究

葉昭南 李亞偉

本文之目標主要在於發展0.5吋(12.7mm)口徑重型機槍(以下簡稱「新型50機槍」)全槍機構整合開發設計;以「可連續擊發槍管後座式自動武器循環射擊機構」專利為基礎,進行新型50機槍之擊發機構、扳機機構、瞄準機構、槍管快速更換機構、保險機構、退殼拋殼機構、射擊模式選擇機構、握把機構、人槍介面及全槍機構整合設計,使全槍空槍重量30公斤(含)以下,全長1,750公厘(含)以下,理論射速400~700發/分鐘,達到新型50機槍輕量化設計目標之需求。

ND32-11210110

### 艦艇海域測試場之海洋及音響參數調查與資料庫建立

邱永盛 陳琪芳 張元櫻 魏瑞昌 羅建育

近年來,我國海軍戰術正面臨現代海戰與國土防衛需求,因此境外決戰成為重要議題。為強化海軍防衛,政府積極推動國艦國造,計劃未來十年在國內建造多艘艦艇。這些艦艇在正式投入服役前,需要經過嚴謹的海域測試,包含音響條件測試與航行動態條件測試。海上測試場必須為外在干擾因素低的安靜安全水域,深度介於 50 至 500 公尺,地形平坦。為確保艦艇安全測試與準確量測,對海域的海洋環境與音響參數要有高度了解。本整合型計畫之整體目標為依需求進行小琉球海域測場之調查,探究地形、海床底質、水文等海洋環境條件,以及中低頻音傳特性、混響強度、背景噪音等音響環境條件。運用資料分析上述各參數於不同時間尺度下之變動性以及空間相關性,最後將提供艦艇海域測場的資料庫、迴歸公式、數值模式、海域特性分析報告。本計畫為三年期計畫,目前已完成三年度測場海域調查工作,完成海域環境參數與聲學參數之分析,同時完成測場範圍之水文、地形、底質、環境噪音、水下通道多路徑資料及音傳損耗等資料庫,並建立檢索模組整合資料以作後續使用和研究。

ND32-11210111

### 應用頭部鈍傷標準評估軍用頭盔防護性能

謝易全 陳幼良 曾有志

頭盔是作戰中最重要的單兵防護裝具，主要是用來保護頭部免於戰場上的砲彈破片、鈍器撞擊等威脅。抗穿透性和背面變形量為現今頭盔防護性能的兩項重要測試指標，但對於頭部損傷程度的關聯並無量化的判別依據，而未貫穿的彈道撞擊並不代表配戴的作戰人員頭部不受損傷。藉此，本研究採用符合NIJ規格的油泥頭模，經彈道測試後，以3D掃描量測技術獲取受槍擊的背面變形量。將頭部鈍傷標準(BC)作為抗彈防護效能的評估指標。研究發現符合背面變形量標準邊緣的防護頭盔，仍潛存著頭部損傷的發生風險，未來可應用本研究測試評估方法，以頭部損傷程度評估頭盔的防護效能，作為頭盔研改設計及測試標準訂定參考。

ND32-11210112

### 高性能含氟矽奈米防污塗料 (2/2)

何國賢 李子宜 劉久弘 王信裕 李宜穎 溫嘉佑 李家丞

近年來，隨著全球航運快速的發展，船舶載運需求量急遽的增加，由於船舶海面下鋼板會因為海洋微生物及細菌的附著，導致船舶殼體表面粗糙度與摩擦阻力增加，使航速下降、耗油量與溫室氣體排放量大幅增加。因此優化海洋防污塗料的應用，使船艦可防污、降阻、節能與環保彰顯海洋防污塗料的研發對軍事船艦的發展極具重要性。本計畫主要是利用反向碘轉移聚合，先合成含氟丙烯酸酯寡聚物作為大分子鏈轉移劑。最佳塗料合成的反應條件為：AIBN/I<sub>2</sub> 莫爾比為1.7/1，反應24小時，再加入硬單體(MMA)、軟單體(BMA)及含矽丙烯酸酯單體，以重量比(MMA:BMA)為1:3條件，以自由基聚合法合成具不同分子量與氟/矽比(各為10 wt.%)且低表面能的含氟矽丙稀酸酯共聚物做為防污塗料之基料。另添加兩親性含氟矽奈米助劑，由實驗得知當疏水單體 2,2,2-甲基丙烯酸三氟乙酯愈多時，含氟矽奈米助劑塗層表面之接觸角愈大，表面能愈小。目前以FSi-4組成具較佳的疏水性，並用高嶺土、雲母、氧化鐵紅與碳酸鈣等顏填料，利用田口法系統化探討氟矽結構、氟矽組成與奈米氟矽助劑與顏填料含量對塗層之影響來製備具自拋光(Self-Polishing Copolymer, SPC)及無毒結垢釋放(Foul Release Coatings, FRC)高性能含氟矽防污奈米塗料。同時藉由迴流水槽動態減阻分析，評估塗層摩擦阻力與海生物附著間的關係，在流速為0.7 m/s下，可觀察出，阻力值從1.99 N上升至3.90 N。顯示放置實海環境越久，海生物附著越嚴重，其試片之阻力值越大。本計畫完成後，預期可改善現有船舶塗料的環保性與防污效能，有效降低船舶進塢維修頻次，除具防污、降阻與環保外，可大幅提昇船舶的航速、續航力以及戰鬥力。



ND32-11210113

**可攜式航空載具自動化監控系統開發之研究**

陳聖濤 黃福隆 廖彥鳴

本研究開發出一套航空載具自動化監控系統，透過加速度計、溫度、電壓/電流、聲音與濕度感測器進行襟翼馬達狀態的數據量測。此外，為了滿足特定資訊安全需求，避免使用無線網路或監控系統接線影響量測工作順暢度，因此透過記憶卡儲存量測資訊。最後，透過後端使用者介面，可顯示量測數據並予以圖形化顯示。透過本套裝置的開發，預期可作為協助修護人員針對航空載具特定組件故障預判使用。

ND32-11210114

**用於卷積神經網路之區塊粒度管線化硬體加速器架構與實現**

郭俊廷 吳崇賓 陳宜源

本論文提出了一種卷積神經網路的管線化架構，以應對卷積神經網路龐大的計算量和對記憶體頻寬需求高的挑戰，我們設計了兩個卷積神經網路加速器，通過協同運作，實現了高效的卷積神經網路管線化運算。架構的設計旨在節省記憶體頻寬，特別是將兩層卷積層進行管線化，節省了高達 65.4% 的記憶體頻寬。此外，定義了特徵圖的排列方式，並且依照運算規律設計加速器的輸出方式，此舉解決兩層卷積層之間的特徵圖格式差異，使得兩層卷積層之間不需要進行額外的特徵圖格式的轉換。架構針對特徵圖排列方式，透過本論文提出的特徵圖與權重在 SRAM 的排列方式進行卷積運算，實現了多種 kernel size 卷積運算，可支援 1x1、3x3、5x5、7x7 的卷積運算。另外，架構還具有可擴展的運算單元，可針對 output channel 與 output column 調整運算單元陣列平行度，使架構能夠在功耗與性能之間取得平衡，以滿足不同卷積神經網路與硬體使用情境的需求。值得注意的是，在擴展運算單元的同時，也使得 SRAM size 上升，當我們架構擴展至 1152 MAC units 時，相較其他參考文獻，最低節省了 39.2% SRAM size。最終，在 FPGA 上使用 512 MACs 配置，時脈為 250MHz，能源效率達到 47.32(GOPS/W)；在 ASIC 上使用 256 個 MACs 時，時脈為 200MHz，能源效率達到 557.92(GOPS/W)。

ND32-11210115

**應用有限元素模擬不同複合式疊層結構對於抗爆性能影響**

葉家維 陳幼良 沈柏成 林佳詩

本研究主要目標在於建立爆炸數值模擬分析能量，以高強度鋼板/多孔金屬/聚脲高分子材料等組成複合式結構單元件，並應用LS-DYNA軟體，分析不同厚度組合對於抗爆性能之影響。在等厚度條件下，對6種疊層結構進行數值模擬，獲取結構體受到爆震波衝擊產生的位移、凹陷範圍、加速度、吸收能等數據進行分析，結果顯示，若以背板中心位移量為設計考量時，以Laminate\_02具有最佳抗爆性能，若以疊層重量為設計考量時，Laminate\_05則具有最大單位重量吸能效益。

ND32-11210116

**複合泡沫金屬混合孔徑壓縮機械性能分析**

黃凱楠 陳幼良

泡沫金屬作為一種新型材料，目前已在國內、外掀起研究熱潮，也有許多的成果發表。在先前文獻中，有針對泡沫鋼於不同孔隙率或孔徑條件下，進行準靜態壓縮機械性能分析。然而尚無針對混和孔徑泡沫鋼對於壓縮性能差異之分析。本文研究目標為泡沫鋼在不同孔徑混和比例下，對於壓縮性能的影響、以單位體積應變能等指標加以探討，評估混和孔徑變因對於泡沫鋼機械性能之效益。

ND32-11210117

**非破壞性空間科學技術應用於橋梁檢測之研究**

黃立信 徐義凱 李光德 薛世勳

傳統的橋梁檢測，主要依賴土木工程人員進行目視檢測和非破壞檢測評估橋梁的狀態。本研究係以測量人員的角度出發，利用多元化空間科學的技術，運用非破壞檢測方式進行橋梁檢測工作。透過結合目視檢測、多星系衛星定位檢測、傾斜儀檢測和3D LiDAR光學掃描等技術，藉以檢測大溪橋和武嶺橋及其結構健康診斷。

本研究的目標是運用這些先進的檢測技術，對橋梁進行全面的評估和分析。透過整合不同的檢測方法，我們預期可以獲得更多元且具有高度精確性的橋梁資料，並為橋梁的維護與管理提供重要的參考依據，進而確保用路人的安全。綜合本實驗之數據來做判定，兩座橋梁現階段(2023年)的健康診斷結果，大致結構部分皆為“健康”範圍。

ND32-11210118

**低軌道高通量(High-Throughput Satellite)衛星通訊系統基頻研究**

陳逸民 陳亭維 徐巧庭 劉亦軒 張喜豪 張育群 鍾傳廣 邱冠博

近期以低軌道通訊衛星群提供全球隨時隨地高資料率行動上網技術成為熱門的研究課題與技術發展方向，其中多重地面行動通訊終端與低軌道通訊衛星群間之通訊技術，除了交遞、多重接取及地面閘路(Gateway)通訊站等關鍵技術外，基礎關鍵技術為低軌道通訊時變通道環境下之傳收器技術。本研究目的即在於設計與實現此時變通道環境下之基頻實體層通訊傳收技術，考慮之通道效應包含時變杜普勒頻率偏移及傳輸距離與大氣環境之訊號衰減。研究執行之策略為基於我們實驗室歷年來建立與累積關於 DVB-S2 於非時變通道下以 FPGA 實現之即時基頻實體層通訊傳收技術，調整相關系統技術以實現包含 DVB-S2X 及 CCSDS 高通量衛星通訊規格之基頻通訊發射器，再配合時變通道效應以發展相應之關鍵基頻通訊接收器，包含時變通道衰減之增益控制、時變通道延遲與杜普勒頻率偏移效應下符碼時序與載波頻率同步之技術。

ND32-11210119

**增強戰機火災預警功能之奈米複合結構氣體感測器**

許正良 潘彥良 杜政憲 廖偉翔

戰機是先進科技及大量資金結合所產出的智慧結晶，然而，不論在精密的機械裝置都仍

潛存著火災風險，倘若能在火災發生的當下即時發現，則能降低損害的發生，並防止火勢蔓延。目前飛機上常見的火警警報器大多是利用電阻式、熱電偶、充氣式、雙金屬熱力開關、氣壓式系統..等，然而目前飛機所採用的熱傳導、壓力的感測機制，往往是局部起火造成機體毀損後，才得以感測出火災的發生並執行撲滅以減少損失。透過安裝極靈敏的氣體感測器，精確偵測異常過熱、瀕臨起火，提前發出火災警告，協助飛行員防範火災的發生。

ND32-11210120

### 同質磊晶於高溫高壓與化學氣相沉積(100)單晶鑽石基板之比較研究

楊子毅 陳卿和 王尉霖 丘坤安 孫士璋 柯政榮 陳軍華 張立

單晶鑽石的同質磊晶成長在高功率元件、量子磁感測器等應用領域具有巨大潛力。本研究旨在比較高壓高溫法 (HPHT) 和化學氣相沉積法 (CVD) 合成之單晶鑽石基板，對同質磊晶成長之效應，著重於兩種基板對成長薄膜品質的影響。HPHT 和 CVD 鑽石 (100) 基板，通過微波電漿氣相沉積法使用 H<sub>2</sub>和 CH<sub>4</sub> 的氣體混合物進行鑽石薄膜成長。利用高解析 X 光繞射及拉曼光譜等方法，評估成長薄膜前後的磊晶品質、表面形貌和應力狀況。基板經過氫氧電漿前處理，表面粗糙度皆低於 1 nm。在 HPHT 基板上成長的厚度為 1 微米的鑽石薄膜具有更高的結晶品質和較低的缺陷密度，和其基板先天特徵有著密切的相關性，鑽石的(400) X-ray rocking curve 半高寬為 21 arcsec，比在 CVD 基板上成長的鑽石更低，表示最佳的結晶品質。此外，拉曼光譜分析顯示成長在 HPHT 和 CVD 基板上的鑽石薄膜均呈現壓應力狀態。

ND32-11210121

### 鐵磁流體之錐體陣列對於雷達波屏蔽效能研究

管煥光 謝欣潔 李彥宏

本研究利用鐵磁流體之超順磁性(Superparamagnetism)，在外加磁場作用下產生之羅森史維格不穩定現象(Rosensweig instability phenomenon)，探討其錐體陣列對於電磁波之屏蔽效能。本實驗採用 EMG905 油基磁性流體，主要成分為 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 奈米粒子懸浮於非磁性流體，外加磁場則利用 N52 鈷鐵硼強力磁鐵操控鐵磁流體之分裂型態，磁粒子受到磁化作用產生與磁場架構同向之極性，磁粒子的磁化強度也會隨磁場強度增加而增大直至飽和狀態，由於 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 具備高導磁性，已被廣泛應用於製備電磁干擾屏蔽材料，本研究則是透過鐵磁流體之羅森史維格不穩定現象所產生之錐體陣列，促進電磁波於磁流錐體間之多重反射及吸收，進一步提升電磁波屏蔽效能。實驗結果發現，錐體的數量、形狀及大小對於特定頻段電磁波有著顯著屏蔽效果。由研究結果得知：錐體的數量越多對於雷達波屏蔽效能越好，錐體數量越多提升雷達波吸收面積亦可增加多重反射次數，此外，錐體的形狀以多角錐體密集排列之反射效能較其他形狀效果較好。然而，磁流體波谷面積越大則不利於電磁波反射損耗。沒有磁流體與有磁流體最大電磁損耗可以提升總屏蔽效能(SE)11.96 dB，證明磁流體具有一定吸收雷達波效果，接續提升磁通量密度會使錐體波峰數量變多，同樣條件下 B<sub>max</sub>=12.5 mT 錐體數量為 6，SE=17.23 dB、B<sub>max</sub>=116.6 mT 錐體數量可達 61，SE=24.24 dB，錐體數越多伴隨總屏蔽效能提升；另磁流體在 12.5 GHz-18.0 GHz 頻段時，在 16.0 GHz 頻段 SE 表現較佳。

ND32-11210122

**高安全性、高導離度膠態高分子電解質開發**

林宇杏 吳聖擇 鄧熙聖

鋰金屬電池有望成為未來的高能量密度可充電鋰電池。然而，鋰金屬陽極較不穩定容易產生鋰枝晶生長。膠態電解質具有卓越的安全性和與鋰金屬的相容性。本研究將呈現以現址凝膠技術設計之雙鹽膠態電解質，其中高分子 PVDF-co-HFP 可以解離離子對以促進電解質的導離度並調節鋰離子傳輸以實現可逆且緻密的鋰沉積，而兩種鋰鹽能形成強健且高導離子的介面層。該膠態電解質能使鋰金屬均勻沉積、有效地傳輸鋰離子並創造穩定的介面層。

ND32-11210123

**量子密鑰分發系統之技術分析與建立**

黃聖耀 陳彥儒 蔡宗穎 施彥安 王立邦 褚志崧

近年隨著物聯網迅速發展，網路安全更顯得重要，然而今天我們的網路通訊安全多仰賴數學的複雜性，因此只有短期、有條件性的安全性。相較之下，在量子密鑰分發裡，光子擁有無法被複製的量子性質，其量子狀態(即密鑰位元)在傳遞的過程中無法被窺探，故能防範密鑰被第三方竊取或保存，因而能利用「一次性密碼本」加密達成絕對安全的通訊。不過，量子位元編碼方式在不同的場域下會受到不同程度的干擾，也會有不同的實驗限制，這些干擾或限制若造成量子位元的錯誤率過高，不但會降低密鑰率，甚至會因為錯誤率超過安全閾值而讓第三者有很高的機率取得密鑰，因此仔細評估各種場域的干擾和實驗的限制對量子密鑰分發安全性的影響是相當重要的。我們利用理論分析量子密鑰分發協議的安全性，選擇適合光纖場域的最佳協議，並實現台灣第一套以半導體雷射為光源的量子密鑰分發系統。

ND32-11210124

**國軍空勤人員於低壓艙訓練前生理指標與有效意識時間之統計關聯性分析**

吳尚儒 陳年伸 郭俊廷 蘇俊睿 任國光 謝叔達 黃穎生 賴重宇

在低壓艙訓練過程中，如何針對我國空軍空勤人員，在低壓缺氧環境中之耐受能力進行有效且提早性的預測是個非常重要的課題。本文主要目標係透過非侵入式方式，擷取空勤人員於進行低壓艙艙航訓練前，靜坐及行走狀態下之生理參數(如：心率訊號、心率變異度、血氧濃度等)，並與其於模擬 25,000 英尺之低壓缺氧條件下的有效意識時間進行統計分析，希冀能藉由相關性分析之建立，對空軍空勤人員訓練前之有效意識時間進行評估，以便讓受訓教官能提早知悉其學員生理狀況。

ND32-11210125

**自動滅火系統滅火效能模擬分析-以某車型 A 艙室為例**

劉昆益

本研究設計乙套監測與驗證系統，針對自動滅火系統以某車型 A 艙室為例，進行滅火效能之監測，並藉由火焰加速模擬器(Flame Acceleration Simulator, FLACS)模擬軟體實施驗證，獲得相關氣爆設定參數值。最後，依相關模擬分析結果，實施鋼瓶攜流氣體最佳化模擬分析，後續可作為該自動滅火系統 A 艙室鋼瓶設置修改之參考。

ND32-11210126

## 抑制鋁腐蝕之高電壓碳酸酯局部高濃度電解液應用於無陽極鋰金屬電池

賴玫如 蘇威年 黃炳照

無陽極鋰金屬電池由於其超高容量以及省去了鋰金屬作為負極提升了能量密度，而被視為最具有潛力的電池系統，以應用在電動車與無人機等大型裝置。然而商用碳酸酯電解液雖然在鋰離子電池系統中展現了極佳的性能，其在鋰金屬電池中的實際運用還是遇到許多阻礙。由於游離溶劑易與沉積的鋰發生反應，且其易形成不穩定之 SEI 組成，導致後續鋰枝晶與死鋰的生成，進而使電池效能衰退。因此為了解決這個問題，研究了以碳酸酯溶劑與氟化稀釋劑作為基底之局部高濃度電解液，其可以改變溶劑化結構，減少游離溶劑與副反應的發生，並提升整體電化學窗口，並使用了雙鹽(LiPF<sub>6</sub> 與 LiTFSI)與氟化溶劑之氟代碳酸乙烯酯(FEC)作為共溶劑來形成富含 LiF 之 SEI 組成以提升性能，後續探討了使用添加劑 LiDFOB 來抑制 LiTFSI 會導致鋁腐蝕的問題，以及使用 LiNO<sub>3</sub>以形成具親鋰性且高導離 Li<sub>3</sub>N 之 SEI 組成，提升了電解液之性能。最後，優化了一款 2.4M LiPF<sub>6</sub> + 0.6M LiTFSI + ELC/EMC(v:v=3:7) + 10 v% FEC + 40 v%TTE + 0.5 wt% LiDFOB + 0.5 wt% LiNO<sub>3</sub>，組裝了 Cu||NMC811 系統，其首圈充放電之庫倫效率提升至 93.0%，且經過 100 圈充放電循環之平均庫倫效率為 99.3%，放電電容量維持率為 18.5%，與商用碳酸酯電解質相比，經過優化後的局部高濃度電解液其性能大幅提升，因此這項研究提供了一種方法來進行局部高濃度電解液之雙鹽與添加劑篩選與優化以應用於無陽極鋰金屬電池中。

ND32-11210127

## 120 公厘後裝填迫砲彈之進彈定位機構設計與分析

葉昭南;李亞偉;洪瑞璟

傳統120公厘迫擊砲使用係採砲口（前）裝填方式射擊，砲彈需以人力搬運至砲口，會增加其戰場曝露機率，不僅提升傷亡風險且不敷人力運用效益。本研究參考國外相關彈藥設計理念，在原有迫擊砲彈尾翼端安裝定位機構，使彈藥直接適用於彈膛（後）裝填迫擊砲武器系統，無須變更彈藥構型，以降低開發新式武器成本。本研究在透過阻力分析、積層製造及組配等方式，完成定位構型設計後，再以拉力試驗驗證抗滑脫力，並以COMSOL軟體模擬分析機構受力變形狀態；經由本研究可得知，後裝填迫擊彈定位機構以螺紋式構型之彈筒及支撐盤裝配夾片構型一之設計，為最佳穩固可靠之組配方式。

ND32-11210128

## 發射藥藥型尺寸及包面滲透之研究

陳文平 陳有福 劉久弘

本研究旨在探討發射藥(Propellant)的製程均質性，並提出相應的檢測儀器及檢測方法。在發射藥製程中，除原發射藥組成成份外，其外型、尺寸和包面狀態亦是影響發射藥品質的重要因素。目前皆以實彈射擊或爆彈儀等進行品質測試，耗時冗長且無法進行即時檢測之需求。為解決上述問題，本研究提出可進行大型七孔發射藥的藥型尺寸與其孔洞偏移量、及小藥住/球藥的包面滲透分析研究，研究包含開發一台具切削與研磨加工發射藥的檢測機台、可分析加工

後七孔藥柱的孔洞變形檢測與語意分割技術之包面檢測方法，檢測分析發射藥內部基藥阻燃層的滲透情況。此外，為提升包面型發射藥的檢測精度，本研究利用光學檢測方式測量發射藥基藥阻燃層的反射率。透過觀察特定波長光線，找到與基藥阻燃層反射率相關的波長範圍，並將其應用於發射藥檢測系統，提高對顏色相近的包面型發射藥的辨識能力。本研究之研究成果成功分析發射藥，藥型尺寸的藥柱外徑(D)、孔洞內徑(d)、內壁厚(Wi)、外壁厚(Wo)、平均壁厚(Wav)與藥粒長度(L)標準差為 0.1 ~ 0.099，每次取樣均落於兩個標準差之範圍內，樣本誤差小於 5%，具備 95% 信心水準；透過藥柱變形檢測軟體獲得 D 與 d 偏移範圍 30 ~ 48mm，藥柱彎曲角度與各孔洞夾角並非標準之 60 度；包面型藥粒其標準差 0.049 與 0.885，其每次取樣均落於 2 個標準差之範圍內，樣本誤差小於 5%，具備 95% 信心水準；透過顯微光譜儀觀察單孔發射藥，經研究發現反射率大於 2% 的區域屬於基藥層，反射率小於 2% 的區域屬於阻燃層。綜合以上成果，本研究提供一套完整的發射藥製程檢測和分析方案，以確保發射藥的均質性和品質。該研究成果對於優化國軍發射藥製程、改善效能檢測方法，以及協助國軍訂定均質化標準，提升國防產業發展具有重要意義。未來的研究方向包括進一步優化檢測工具和方法，並建立更全面的資料庫，以實現更準確和可靠的發射藥製程控制和生產建議

ND32-11210129

### 自主小型旋翼無人飛行載具之輕量化單目深度估測技術

鄭紹宏 林楷紘

近年來，小型旋翼無人飛行載具因其機動靈活性和價格親民的特點迅速流行，廣泛應用於農業、運輸和空中監視等領域。如無人飛行載具結合避障技術使具備自主飛行能力，將為人類生活帶來更多樣化的應用與便利。傳統的碰撞避免解決方案通常採用高性能的距離感測器，如光學雷達，但它們過於重、昂貴且耗電，不適合安裝於小型旋翼無人飛行載具，這將對無人飛行載具的性能和效能構成了挑戰。相反的，低性能的距離感測器，無法達到高準確率的遠距離視野，反而增加碰撞的風險。對於自主飛行，遠距離的深度訊息是關鍵資訊，如果深度訊息準確度不足，在高速飛行的條件下碰撞風險將明顯提升。在本研究中，我們提出一種結合 Pix2Pix 生成對抗式網路(Generative Adversarial Networks)與光流(Optical Flow)技術的單目影像深度估測方法，使無人飛行載具能實現高準確率遠距離視野深度估測能力，有效避免飛行碰撞。Pix2Pix 能把現實單目影像轉換生成相對的深度圖，用來判別物體的距離資訊；光流則是描述圖像序列中像素時間域的變化，可用於估計物體和場景中像素的運動模式。兩者結合能有效提升估測準確度。另考量掛載於載具的嵌入式運算設備計算能力有限，進一步將模型輕量化，納入深度可分離卷積(Depthwise Separable Convolution)技術，以減少模型大小(Model Size)及複雜度(Complexity)，使其在保有高準確率的條件下具備即時的自主飛行避障能力。實驗環境與影像資料部分，本研究利用 Airsim 虛擬器模擬無人機飛行環境，Airsim 虛擬環境中能獲取長距離的單目影像和深度圖做為訓練資料(Training Data)。數據結果證明，我們提出的方法有較高的準確性和較低的延遲。

ND32-11210130

**一種基於紋理分析與關聯規則的新型空間域的圖像浮水印**

鄭善仁 張德仁 葉宗翰

由於通信與網路技術的快速發展，遠端存取以及分享數位影像是十分方便的。因此在交換數位影像時，必須設計一套可靠性的系統。這類系統適用在遠程醫療、生物識別與遠端感測等領域。本文提出了一種基於紋理分析與關聯規則的新型空間域圖像浮水印。這個構想是辨別原始圖像中較高紋理的位置，在這個位置嵌入浮水印。事實上，人類的視覺系統(HVS) 可以確定在高強度的紋理位置嵌入浮水印，會帶來極高的不可察覺性與強健性。所提出的想法是通過使用關聯規則來探勘一組紋理特徵，然後提取一個相關的關聯規則。之後從紋理的角度，使用相關的關聯規則，選擇原始圖像內的高品質的位置。同時，相關的關聯規則有助於定義與選擇高強度的參數，這些參數不會因為不同的威脅或者是使用浮水印而會有顯著的變化。該模型在灰階和彩色圖像上的實驗結果均顯示針對不同攻擊的強健性會有較高的嵌入性的不可感知率。

ND32-11210131

**開發適用不同應用情境的次世代高能量高安全鋰/鋰離子混成電池**

蔣仕凱 李冠賢 翁浩容 林明憲 黃炳照

國防作戰日趨多樣化，如何透過無人載具，以取得先機或掌握作戰優勢，為國防作戰佈局的重要一環，而高能量高安全電池不僅在無人載具扮演重要角色，亦為整體國防的戰略元件。本計畫主要結合鋰離子電池與無陽極鋰電池技術，透過研發不同特性的電解質，開發具調整性的新型態高能量高安全鋰/鋰離子混成電池，以適用國防在不同情境應用的需求。總計畫共分為八項子計畫，依計畫目標需求，執行各式電池材料開發，透過計算模擬，研究電解質的行為與界面反應現象，分別開發高能量正極、高安全性有機電解質、離子液體、膠態電解質、高安全性隔離膜、鋰/鋰離子混成負極等關鍵技術，並由總計畫整合各發展材料組裝成電池，並透過開發的電極界面技術，執行電池性能測試分析與驗證。此外，研究過程中也將著重在電池材料與製程技術的優化，並進行電池組裝與測試驗證，以進一步優化開發的能量密度與高安全性的鋰金屬/鋰離子混成電池，能量密度將可在300~400 Wh/kg 之間調整，以適用國防軍用裝備及系統在不同情境應用的需求，有效提高電池性能與國防應用情境匹配性。

ND32-11210132

**可調控鋰金屬/鋰離子混成負極開發**

陳慶瑩 吳溪煌 黃炳照

本文之目標主要在於建立新穎混成負極塗佈平台與技術，分別結合石墨碳極與無陽極負極界面保護層之優點，透過製備超薄石墨碳塗層的厚度，設計鋰離子與鋰金屬之新穎混成負極，達到高能量密度且高長圈數的庫倫效率，同時以基礎電性進行功能性黏著劑之篩選，透過形貌與電性分析比較天然石墨與 MCMB 之活性材執行混成負極製備之細部調控與優化。

ND32-11210133

**可燃性藥筒材料老化暨防水性研究**

游竹淋 張章平 葛明德

本研究為探討易燃性裝藥材料安定性，以利提高庫儲安定性；可燃性藥筒具有「相當機械性能、燃燒特性佳及燃燒後殘渣少」等特性與傳統藥包材質不同，可完全燃燒且不產生積碳，能避免砲管燒蝕及破壞砲膛等負面效應。因此本計畫特別針對材料之安定性及防水性作為開發研究之重點。

ND32-11210134

**迫砲易燃性裝藥材料安定性研究**

游竹淋 張章平 葛明德

研究為有效降低彈藥射擊時殘留物質，且須具備機械性質及含能表現等關鍵性能，參考國外現有可燃性裝藥材料，故以可燃性膠殼類型之裝藥材料加工及配方研究為主軸進行研究開發，可避免因久儲造成品質劣化或射擊時毀損武器系統，有助武器系統的射擊穩定性。

ND32-11210135

**不同添加劑對於離子液體-醚複合電解質對於無陽極鋰金屬電池之影響**

黃鈞偉 張仍奎

阻燃電解質配方是確保整個電池在各種工作條件下穩定運作的關鍵。在這方面，室溫離子液體具有廣泛的電化學穩定窗口、高熱穩定性、不揮發性、低易燃性和環境友好性。值得注意的是，離子液體是具有在電池中實現高容量和高安全性潛力的電解質。然而，這些離子液體通常具有較高的黏度和較低的離子導電性，導致鋰金屬電池性能不佳。將適當的共溶劑引入離子液體中形成混合電解質以降低黏度和成本是一個可行的選擇。在這種情況下，醚類是在鋰金屬電池的研究中最有潛力的候選者，因為它們具有優異的還原穩定性、低熔點和低黏度。因此，本研究將製備含有不同添加劑的離子液體-醚混合電解質，並評估其在鋰金屬陽極中的性能。這些配方具有高安全性和優異的電化學穩定性，以實現最佳電池性能。離子液體-醚混合電解質將與高電壓和高電容量的陽極結合，以提高電池的整體能量密度。此外，將研究LiDFOB、LiNO<sub>3</sub>和FEC等各種添加劑的協同效應。優化的電解質將展示出優異的鋰沉積和剝離效率、高電壓陽極性能和循環穩定性，作為下一代鋰金屬電池的電解質具有很大的潛力。

ND32-11210136

**應用二維定位條碼結合多軸機械手臂實現目標夾取控制**

藍建武 林晨峰

國軍因應任務需要，許多偵蒐裝備或據點部署的地理位置大多位於高山或海濱的制高點，而因偵蒐裝備具有易感電及高單價的特性，故雷擊對我據點人員和裝備的安全具高度的威脅性。此外，現行各據點遇雷電接近恐有危及裝備時，係以人工判定並依據裝備關機程序辦理關機，基於此研究背景，擬開發一套系統部署於外站臺據點，可獨立透過機械手臂將裝備與電力系統進行卸載與復歸控制，確保偵蒐裝備之安全。



ND32-11210137

### 複材 3D 編織防護頭盔製程及材料技術開發(2/3)

劉峻佑 詹德群 陳亭翰 張瑞發 梁鈺鈺 謝伯璜 吳智偉

本技術研製目標在於發展新式複材立體編織技術，整合紡織技術、自動化機械、防彈纖維紗線與複材成型工藝等，建置一體化防護頭盔製程技術，有助於提升材料利用率、降低成本及掌握關鍵材料核心，布局下一世代的防護材料基礎。為使編織工藝的製造周期縮短，導入預浸紗束之材料概念，事先處理樹脂含浸與乾操作業來達到簡化編織過程，解決編織的瓶頸工序、優化生產流程；鑒於立體編織關鍵在於內模設計，翻修多款內模尺寸版本，方能達到批次多件防護布料的編織目標，另已確立編程工序之各項環節，得出基礎的雛型品編織時程，推估在高速編織模式之下，有望達成量產目標值。

ND32-11210138

### 3D 列印發射藥製程及配方研究

呂忻歡 劉久弘 汪家昌 汪昆立 張京晉 蘇程裕

本研究探討3D列印發射藥製程及配方，目標為達到 50vol% 高能粉末添加量及製作出直徑10mm的細緻發射藥柱。光聚合固化的高能漿料3D列印材料及配方開發中，分別將高能材料進行適當粉末尺寸的造粒，及開發高能的光聚合固化樹脂材料，再以粉末形式的高能材料進行漿料調製，以此發展出光聚合固化的高能3D列印漿料材料，提供給3D列印設備使用。本研究亦將在基礎配方漿料中，加入奈米碳填充材，以改變燃燒材料燒失率。本研發導入溶劑型漿料法之光硬化技術，使能列印出高固含量之發射藥成品。研究上同時導入新結構進行複雜燃燒面發射藥設計及積層製造成型，導入鏤空結構設計以提高初始燃燒的面積，將固體發射藥燃燒燃料退縮率的方法推展至三維藥柱。研究結果顯示全新的光聚合固化發射藥3D列印製程及專用材料，同時輔以參數化設計為基礎的3D鏤空發射藥數位模型，可製作出RDX固含量50vol% (60.6wt%)、尺寸 $\psi$  7.62mm×36mm、鏤空結構總表面積4193mm<sup>2</sup>之高含能發射藥。

ND32-11210139

### MR 混合實境頭戴式顯示器應用於裝備保養與檢查之建置

洪翊翔 蕭乃元 李昀歡 黃俊堯

本研究致力於改善軍事後勤維修和訓練的效率，透過在混合現實(MR)頭盔 HoloLens 的開發，建立一套輔助訓練系統。經過邀請專業維修員與新手士兵進行實驗，以比較傳統使用紙本的保修流程與 MR 系統在效能上的差異。結果顯示，使用 MR 系統提升了士兵的保修品質，新手士兵也能依照系統提供的步驟，有序地完成保修作業。然而，實驗中也發現部分士兵對 MR 系統的操作不太熟悉，容易發生誤觸或因操作不順暢而延長保修時間，因此在實際應用中仍需進一步改進。在今年的研究中，本研究優化整體的操作流程，使系統更加易於上手。系統中加入了"上一步"功能，使得士兵在操作時可以輕鬆地回溯到之前的步驟，有效減少了錯誤操作所造成的困擾。同時，我們也加入了"喚回視窗"功能，使士兵在保修過程中移動時，能輕鬆呼叫任務面板視窗至眼前，進一步提升了系統的易用性。此外，透過對去年度的質化研究分析，在士兵在使用 MR 系統時的行為分析和訪談結果，我們進一步改進了整體介面設計，並重新考量了教學步驟的編排。本研究持續地優化了前一年度的研究成果，以提升士兵在裝備

保養工作中的品質和保修效率。相信隨著混合現實技術的進一步發展，此輔助訓練系統可在軍事後勤保修中扮演越來越重要的角色，為這一領域帶來一個嶄新的前景與範疇。

ND32-11210140

### 研發單兵可攜式戰場三維空間資訊量測系統

高書屏 王豐良 伍志宗

本研究開發低成本、易操作且精巧之微型 UAV，於連級單位遂行作戰任務時，可同時派出多台微型 UAV 進行偵查作業，若遭敵軍擊毀部分微型 UAV，仍可繼續執行戰場環境偵蒐任務，不僅提供目標影像回傳功能，可透卷積神經網路方法，自動標定目標物，並利用攝影測量技術計算目標物之坐標，達迅速支援戰場環境資訊蒐整之目標，俾利戰場指揮官有效掌握戰場情勢。研究成果於戰時應用於目標測量、標定及追蹤，平時可應用於邊坡災害影響範圍之測量、土石流監控及人員搜救等災害防救任務。

ND32-11210141

### 大腦健訓室－飛行員專用認知功能評估工具

喬慧燕 葉丁瑞 陳彥全 藍光玄 葉士青 吳曉光 阮啟弘

研究報告本團隊專為飛行與無人機操作員而設計發展的認知評估工具，其中包含四項作業。每項作業所評估的認知功能不同，選擇依據為對飛行員是重要且有腦科學研究證據支持。評估工具為團隊自行開發與編程，未來可視需求擴增與調整，主要以行動裝置執行，施測簡單、便利，具備作為篩選、檢測以及監控認知狀態的例行工具優勢。

ND32-11210142

### 空軍新型教練機編成轉換訓練之人因工程輔助系統研究

蘇國璋 石裕川 黃育信 林伯鴻 游重山 鄭兆策 蔡耀東  
梁欽雄 楊誼絹 陳冠穎 陳靖慈 李永宸 吳昊軒 賴昱達

我國航空工業發展歷程主要仰賴美方支持與技術援助，上一代我國自製經國號戰機設計時，仍以美軍飛行員人體尺寸1%至95%百分比身高作為座艙空間幾何設計依據，整體規劃發展測試評估 (DT&E) 雖在我國空軍測評隊的努力參與下盡可能反映修正問題，但仍非符合我空軍飛行員需求為主體考量來進行設計開發。故此，本研究以「類比座艙AT-3或F-5E轉換數位座艙勇鷹號高教機」之主操作者(使用者)的作業情境適配性和下一代初級教練機設計規劃需求為核心價值，提出三大主題運用「飛航人因工程與設計」於突破式國防科技研發之關鍵，分別就我國「飛行員個人裝備」、「飛行員座艙環境」、「飛行員訓練績效」進行探討。

主題一部分，以頭部3D掃描儀對空軍軍官學校學生進行量測，並已擬定頭面部31個標記點取得頭部及臉尺寸共48項。共完成空軍軍官學校符合空勤體檢學生共489人次(男生437人、女生52人)。後將進行資料處理計與統計分析，並建立一套屬於空軍之人體計測資料庫。主題二部分，承接主題一結果，進行座艙空間／儀表配置之可觸及性與動態運動資料的計算，做為未來教練機座艙開發之參考。主題三部分，分析飛行員在不同座艙(類比／數位)之視覺行為與注意力分配之差異，探索相關人因工程議題形成研究結果建議，以提供空軍軍官學校未來飛行教育訓練之課程內容與方法設計參考。

ND32-11210143

### 利用實驗設計優化多孔隙泡沫鋼之吸聲性能

葉宥盛 陳冠宇 曾有志

多數高孔隙金屬材料之聲學性能研究中，以鋁作為基體材料，已有研究給定孔隙率、孔徑大小的最佳聲學性能參數組合，然尚未有研究以不銹鋼為基體材料，探討其最佳聲學性能的參數組合。本研究以316L不銹鋼粉為基體，採用「無壓漿料多孔隙材料燒結成型技術」製備出孔隙率範圍在45 %-60 %之間、孔徑範圍在1mm-5 mm之間的泡沫鋼。利用聲學阻抗管量測其吸音係數，並應用實驗設計法分析2水準下孔隙率、孔徑大小及厚度對吸音係數的影響程度，孔隙率影響的程度最高。

ND32-11210144

### 運用實驗設計法探討多孔隙泡沫金屬之抗衝擊及降噪性能研究

葉宥盛 陳冠宇 曾有志

本研究目標在開發一種具備抗彈及降噪功能之新型多孔隙泡沫金屬材料，以316L不銹鋼粉為基體，採用「無壓漿料多孔隙材料燒結成型技術」製備出孔隙率範圍在45 %-60 %之間、孔徑範圍在1mm-5 mm之間的泡沫鋼。利用聲學阻抗管及準靜態壓縮試驗機量測其吸音係數及壓縮力學性能，已應用實驗設計法分析2水準下孔隙率、孔徑大小及厚度對吸音係數及壓縮性能的影響程度，孔隙率影響的程度最高。目前之結果可以初步判斷未來高孔隙泡沫鋼兼具降噪及抗動態衝擊效益之最佳參數設計，以期建構出最適化多孔隙金屬船艦結構之穩健設計，並使船艦達到輕量化、抗彈及降噪的效果。所發展的新型多孔隙泡沫金屬材料將可提供海軍運用於國艦國造實務工作上以大幅提升新造艦戰場生存力。

ND32-11210145

### 基於理想朗肯循環之蒸汽電力系統性能分析試算表設計

夏筱明

隨著國防與民用用電需求的不斷增長，電力系統性能提升的研究已日益受到關注。因此，如何將相關課程的基礎理論轉化為實用的試算表讓學生快速體驗，這對高教深耕來說具有重要意義。本文針對大專熱力學課程的朗肯循環於蒸汽電力系統的應用，提出一個案例研究。此系統是由蒸汽鍋爐、渦輪發電機、冷凝器與冷卻水模組、加壓幫浦等組成。根據本研究設計出的實用試算表，其所需輸入的項目包括渦輪入口、冷凝器出口和冷卻水的操作條件，以及電力系統的功率輸出值。至於具體的計算結果則包括：鍋爐入口和冷凝器出口的熱耗率、幫浦的回功比、蒸汽和冷卻水的質流量、電力系統的熱效率等重要性能參數。透過此試算表，對這類電力系統性能提升的接續探討已開始進行。

ND32-11210146

### 槍管電鍍鎳硼技術開發之研究

葛明德 劉益銘 鄭安佑 符中鈺 葉士弘 涂景耀

本研究為將電鍍 Ni-B 合金鍍膜應用於銻鉬釩鋼步槍之槍管內腔，用以取代傳統之六價硬鉻鍍膜，鎳硼合金相較於其他鎳基合金具有優良的耐蝕性、高硬度 (Hv900) 和均勻鍍層等特點，因而引起研究的興趣。近年環保意識提高，傳統鍍硬鉻所使用之六價鉻，對人體有致癌風險，且鉻廢液在大自然中難以自然分解或排除，而 Ni-B 合金所產生之污染遠小於鍍硬鉻，不僅可降低傳統六價鉻製程之高毒性及高環境汙染性，同時可提高槍管內腔之抗蝕性及燒蝕性，避免射擊後槍枝存放時產生槍管麻膛現象，可大幅提升槍枝使用壽命及降低射擊後清潔保養人力及工時，是最具有取代硬鉻鍍層潛力之技術。由於 Ni-B 鍍膜表面粗糙度具有鏡面光滑程度 (約 0.01-0.015um)、低摩擦係數、高硬度及高耐蝕性等特性，本團隊已運用 Ni-B 合金對槍管內腔進行鍍膜，然槍管在射擊時承受火藥爆炸之高溫、高壓及子彈旋轉前進時之高摩擦力，鍍膜須與槍管底材有良好附著性，避免於使用過程中產生脫落情形；另基材 (matrix) 為管型之內腔電鍍技術要求較高，若鍍層厚薄不均，在射擊時將產生偏心現象，影響射擊精準度，故須確保鍍層均勻一致，因此 Ni-B 鍍膜對槍管內腔附著性、均勻性及耐磨耗性等性能有提升必要性。施鍍 Ni-B 鍍層的槍枝射擊後，在未經保養情況下實施鹽霧測試，透過掃描式電子顯微鏡 (SEM) 及能量色散 X 射線譜 (EDS) 觀察，射擊後槍管內腔雖有彈頭或彈殼殘留之銅金屬碎屑及部分火藥殘渣等殘留物佈滿內壁，但未觀察到有任何鐵基材的訊號產生，因此推斷 NiB 鍍層並未脫落，故研究方向為電鍍 Ni-B 合金鍍膜之附著力及耐蝕性研究，期能找出最佳參數用以提升電鍍 Ni-B 鍍層均勻性及附著力，增加鍍層緻密與光滑平整性，應用於國造槍枝內腔鍍層，強化國軍槍枝製造技術增加能量與降低生產成本，以符軍種作戰需求。

ND32-11210147

### 麥克納姆輪無人載具負載量測系統之規劃與應用

楊家宏 洪慶晟 瞿忠正 周志正 陳定宇 林振輝

麥克納姆輪是一種全向輪，由主輪與諸多個小輓子所組成，藉由多個麥克納姆輪的旋轉方向不同與各輪間的速度差異，使載具得以實現多個自由度的運動，如橫移、斜向移動等。這種高機動性使得麥克納姆輪載具非常適合用於空間狹小的工廠或物流站中來協助搬運貨物。然而麥克納姆輪載具極易受到車輪正向力的不平均而導致軌跡飄移之問題產生。而為了針對此問題進行改進，需要得知載具各輪所受到的正向力並給予因應；然而，各輪即時承受的正向力並不容易輕易得知；因此，本研究提出了一種車輪正向力量測系統，其能夠量測並計算出載具各輪所受到的正向力，此有利後續人員使用車輪正向力數值來改善載具軌跡飄移之問題。

ND32-11210148

### 應用於戰場環境監控之三角積分類比數位轉換器研製

潘鵬宇 汪輝明 蕭育仁 李大輝

在當今世界，軍事策略的變革和進步已經不再僅限於兵器的發展和戰術的調整，感測器技術的整合已逐漸成為關鍵因素。在多變的戰場環境中，溫度監測成為一個至關重要的參數，

無論是在冰冷的高山或是炙熱的沙地，軍隊都必須面對極端溫度的考驗，這不僅影響他們的日常生活，更深刻地影響戰術及策略的選擇。因此鑒於此需求，本研究旨在開發一款專為戰場所設計的高效能、低能耗的三角積分式類比數位轉換器，提供一個可靠、高效的感測資料轉換器，確保在戰場上保持最佳的作戰狀態。

ND32-11210149

### 大容量長效型高鎳陰極開發

吳乃立 呂祐誠

本文主要是在探討鋰離子電池中正極材料的改質與優化。選用的材料為高鎳鋰離子三元系過度金屬氧化物，並採用高溫鍛燒製程，嘗試在單步驟對其參入鎢、鉀、磷酸基等多效改質。並透過循環表現與表面性質的分析顯示此多效改質的可能性。

ND32-11210150

### 極低光源環境之多重訊息整合之視覺增強系統

林詠翔 洪若銘 許文珊 胡哲愷 劉子齊 陳永耀 花凱龍

現存的低光源技術雖可改善低光源照片之視覺化品質，但相機仍難以在極低光源之環境捕捉到畫面資訊，從而導致低光源技術之效果不佳。然而在軍事行動或救災工作中，都需在極低光源之昏暗環境下執行任務。本論文提出整合軍規夜視鏡和熱感測器來建立可於任意光源辨識影像之多重訊息整合之視覺增強系統。有鑑於像素級之多模態資料集難以收集，因此團隊提出使用開放集的分割模型來快速建立實例語義分割資料集，實現每秒像素級別之圖片標註，並利用開放集之特性分割並標註圖片中之物體。接著透過整合多模態之圖片使模型可同時利用不同模態之優勢來辨識目標。最後本計畫提出之系統可與現有之辨識模型進行整合，實現快速地標註特定類別供模型進行監督式學習，並有效整合多感測器之信號。實驗結果顯示與單一模態辨識模型相比，本系統之辨識準確度可提升 4.7%。

ND32-11210151

### 智慧型夜間觀測人體追蹤演算法

董蘭榮 李韋辰 李怡蓁

本文主要探討夜間利用長波紅外線熱像觀測之人體追蹤演算法。利用生物體熱輻射的原理，夜間熱像觀測可用於人體識別，找出隱藏或是偽裝目標。紅外線影像的特色是可以降低外部環境的影響，如煙霧、光線和其他條件因素。本研究目的是開發適用於夜間城鎮戰場景下的人體辨識與追蹤演算法系統，在最小化硬體成本和功耗的要求前提下，提供高精確度的人體追蹤能力。追蹤演算法的目的有二。其一是為了解決人體物件遮蔽的問題。當人體被遮蔽時，逐張進行人體物件偵測的演算法將失去人體行蹤無法標示。所以我們必須利用追蹤演算法根據人體物件的慣性軌跡將人體物件繼續標示出來。增加物件追蹤的第二個目的是為了節省運算量。逐張進行人體物件偵測所需的運算量遠大於依據既有物件軌跡追蹤的處理速度。因此，我們每次偵測人體物件後，將以物件追蹤取代偵測來標示人體。當距離前次偵測處理數秒後或是背景畫面有大幅變動時，我們才會重新啟動人體物件偵測演算法更新人體物件。

ND32-11210152

### 內部不可逆性對朗肯循環蒸汽動力系統性能之影響探討

夏筱明

鑒於朗肯循環蒸汽動力系統在電力供應的普遍應用及人們對系統性能提升的持續要求，有關如何提升這類系統的熱效率研究甚多。然而，從基礎研究的觀點，似乎應先瞭解系統內部不可逆性的作用。由於基本的朗肯循環動力系統是由蒸汽鍋爐、渦輪發電機、冷凝器、加壓泵，以及外部的冷卻水系統共同組成，因此有必要檢視每個組件相關的內部不可逆性的影響，然後是對系統性能的總影響。作為起步，本研究首先針對渦輪發電機組的內部不可逆性對系統性能的影響進行探討，其次是加壓泵，最後是兩者的組合。本研究亦設計了專屬試算表，以產生影響分析所需之數據，作為趨勢探討之用。

ND32-11210153

### 搜尋渦輪噴射發動機性能模擬所需效能指數之最低工藝水準

孔健君 翁振軒

以熱氣動力學、渦輪機械原理及守恆定律建立之渦輪噴射發動機數學模型進行某型發動機性能模擬時，通常會參考文獻上設計點的性能，如推力、比油耗率等為標準，反推部分無法取得的性能值，並參考 Mattingly 於其著作上之發動機工藝水準表各組件(Component)的效能指數參考值，以轉換式，轉換為等熵效率之效能指數參考值作為搜尋邊界，包括：進氣道擴散器全壓比、壓縮器等熵效率、燃燒器燃燒效率、渦輪等熵多變效率、噴嘴等熵效率及渦輪進氣溫度最大允許值等六個效能指數(Figures of Merit)。本文先透過基因演算法，對此多變數多目標參數最佳解問題，找出此六個效能指數組合的解空間，使得模擬出之性能滿足文獻參考值。在龐大的解空間中，又隨著定義的評價函數可進一步找到特殊需求的效能指數組合。本文希望找到能達到性能要求門檻之效能指數最低工藝水準組合，意義為要達到此性能要求，各組件所需之最低工藝水準。此組合要求各效能指數盡可能平均接近最低工藝水準，等效於兩個條件需滿足，一是組合中最多效能指數達到最低工藝水準；二是組合中效能指數與其最低工藝水準距離的標準差為最小。以此兩條件在解空間中即可搜尋出最低工藝水準組合。本文以工藝水準表第一代水準與第四代水準發動機之各效能指數參考值作為基因演算法搜尋的上下界，以 J85 渦輪噴射發動機作為性能模擬對象，依照文獻設定其設計點能達到之推力、比油耗率兩性能做為目標函數，並因應效能指數不同特性，提出三種搜尋法。模擬結果確認了本文演算法所搜尋之效能指數組合模擬出之性能滿足了文獻參考值；亦滿足了最低工藝水準組合兩條件，確認找出之效能指數組合確為最低工藝水準組合。本文的結果提供了渦輪噴射發動機在要求的性能規格下之各組件最低工藝水準，或能作為未來設計發動機所需工藝水準的參考。

ND32-11210154

## 美軍最新的台海無人機群戰術分析

孔健君

隨著無人機蜂群新戰法的出現，美軍對外宣告馳援台灣的方式，將採用「地獄景象」(Hellscape)計畫，即中國進犯台灣時，美國會在 24 小時內攻擊中共 1000 個目標，用大量的人工智慧無人機，讓中共看見「地獄景象」(Hellscape)。本文係針對「地獄景象」的具體作戰方式，做了詳細陳述。地獄景象的作戰方式，最前線主要以 F-35 為作戰載台，搭配大量新世代的無人機—協同作戰飛行器，每個無人機搭配大量飛彈，作戰方式即由一台 F-35 指揮了數百台以上的大量無人機群與敵方作戰，而指揮體系、後勤補給則在遠方指揮。當進行偵查時，F-35 派出幾台無人機做誘餌並對敵方偵測。無人偵查機可以推進到非常接近敵方，由於無人機多為隱形，防不勝防，即使單兵被偵測到而被破壞或擊落，亦無傷大雅。待偵查確定要對敵破壞時，可現用無人機的發射平台或 F-35 搭載的近遠程飛彈破壞目標。大量無人機群可同時設定多個攻擊目標，實現多點大面積的打擊成果。並借鏡烏克蘭用無人機去拖垮整個俄羅斯艦隊的戰法，將以大型連網無人機群去消耗性中共的各軍事體。而美國在第一島鏈如韓國、日本都布有大量的 F-35，F-35 機群搭配各自的無人機群對中共形成了完整的包圍網，將可實現 24 小時內攻擊 1000 個目標的「地獄景象」第一擊。另外美國正嚐試結合「迅龍計畫」(Rapid Dragon)進行「地獄景象」第二波的打擊。「迅龍計畫」的構想，是透過讓特戰運輸機裝載具備發射能力的特殊貨盤，強化美軍火力投射能量。由於運輸機可載運大量彈藥，因此在必要時刻，也能發揮遠超過戰術戰鬥機單架次投射的打擊能量，亦代表運輸機可隨時將「聯合空對地遠距攻擊飛彈」(JASSM)運至任何基地。因此「地獄景象」在 F35 及無人機群在進行過第一波的攻擊後，C-2 運輸機藉由 F35 及無人機偵測確認目標群後，C-2 運輸機飛來空投「迅龍」貨盤，藉由中遠程的飛彈自動去攻擊大量目標群，藉以癱瘓中共的軍事能力。由「地獄景象」的作戰方式可發現，有人/無人機協同作戰的方式，將是未來空戰的圖像，亦是當下世界各國軍隊迄待發展的焦點。如何搭配美軍最新台海無人機的作戰構想以反思我軍無人機群的佈署，則是本文主要的目的。

ND32-11210155

### 以基因演算法進行具多障礙之最佳路徑規劃之研究

孔健君 沈子期

在自動導航領域，如自動駕駛車和機器人導航，非常需要路徑規劃最佳化，雖然基因演算法在解決路徑規劃中廣泛應用，但在面對複雜多變之障礙物環境與路徑長度限制、特定區域的通行限制時，如何考量路徑規劃的特性使用基因演算法進行最佳之路徑規劃，是本文探討的焦點。

首先建立了包括起點、終點和多個障礙物的地圖，本文避開障礙物的邏輯為：將可能的移動方向與地圖上的障礙物進行比對，確保所選擇的方向不會穿越障礙物或超出地圖邊界。這樣的機制確保了生成的路徑在避免碰撞障礙物的有效性。其次，本文基因演算法之適應度函數，綜合考慮了路徑的長度、角度變化以及相鄰點之間的距離總和，來評估每條路徑的品質，並引入了懲罰機制和角度優化，以指導演算法尋找更佳的解。此外，本文針對路徑規劃的特性做了交叉策略的改進，保留對解決問題有用的路徑特徵進行新物種的交叉生成，使新產生的路徑更趨向於指向終點的方向。突變部分，為增加路徑的多樣性，隨機選擇下一個前進點後，尋找其周圍可行且未被使用的格子進行突變，以確保突變後的路徑仍然有效，且排除任何穿越障礙物或越界的移動，以考慮路徑的連續性。在天擇的過程，使用菁英選擇法，保留評估後較佳的路徑，以保持路徑最佳化。

以本文推薦之基因演算法，在變換多種障礙物分布場景後，仍能有效地找到最佳路徑，說明本文推薦之基因演算法在面對複雜多變障礙物環境時，具有相當之有效性。

ND32-11210156

### 以人工智慧的地形比對技術應用於水下定位之研究

李信德 高聖龍

本研究提出一個創新的概念，將水下 3D 地形地貌資料當成圖像數據，改以人工智慧的圖像匹配技術來達成水下地形地貌之匹配效果借此亦同時可完成水下定位的目標。為了取得精確的水下地形資料，本研究先結合水下測量使用的側掃聲納與多波束測深技術取得精確的水文資料，建立精細的水下 3D 地形地貌資料庫。由於人工智慧與創新的影像辨識科技相融合，也為地理資訊系統和地形分析與辨識等諸多領域帶來劃時代的變革。目前水下定位在許多水下應用科技如海洋地質勘探、水下載具和海洋環境監測中扮演著關鍵的技術與角色。由於無線電訊號無法在水下環境中傳遞，目前都借助水下聲學儀器來輔助處理，而傳統水下定位方法都需經由資料後處理才能取得其定位資料，而且在水下地形複雜多變的環境中水下航行器位置面臨了重大挑戰。本文介紹一種透過人工智慧(AI)的比較定位方法，利用將水下 3D 地形地貌轉換成圖像資料再利用人工智慧的圖像辨識技術，來為水下載具運用水下地形測繪資料實現精確可靠的定位方法，為水下環境的探索與導航提供了新的可能性。



ND32-11210157

### 太空環境對導航、通訊影響

林建宏 蔡和芳 蕭棟元 鄭尹甄

隨目前第25太陽活動週期日益增強，近地太空環境電離層擾動變化亦趨強烈，而臺灣位處於全球電漿密度最大的電離層赤道異常區，電離層電漿密度以及不規則電漿泡擾動是影響衛星無線電訊號的主要來源，通訊衛星以及全球定位系統(GNSS)的訊號受電離層擾動影響其振幅與相位，影響通訊品質與導航精度，特別是飛機與船艦上搭載的GNSS衛星導航因持續移動、須即時解算而無法使用傳統誤差修正演算法，而有較大的衝擊。本研究旨在利用人造衛星、地面觀測系統觀測電離層擾動，並且比對GNSS受影響情形，為同時評估電離層電漿密度與電漿泡效應，我們利用民航應用的GNSS單頻差分演算法技術針對L1之單頻電碼虛擬距離以及載波相位觀測量，計算出臺灣鄰近區域電離層延遲誤差量受到電漿密度與電漿泡影響的變化情形，並希望藉由此演算法建立單頻精準定位之技術，使得即使GNSS受到電漿泡事件的干擾，亦能提供連續的電離層修正參數，以提升衛星定位與導航的精度。2022年1月15日東加火山爆發後不久，即引發臺灣電離層電漿泡事件，且觀測到2.5-5公尺不等之電離層延遲量差異。到了2023年3月，太陽活動較大的期間，同樣在臺灣上空觀測到電漿泡，且其延遲量差異亦可達5公尺以上。這些都是太空環境顯著影響GNSS定位與導航精度的範例。

ND32-11210158

### 利用 Arduino 機板組建的裝置追蹤觀察生物行為實驗

林佑彤 鍾國棟 陳麗文

許多生物實驗需要觀察並記錄分析觀察對象的行為表現。市面上有多款套裝的組件和軟體，功能十分強大，但是價格相對昂貴，對經費較為缺乏的大專專題升及較為偏鄉的學校學生來說，常出現有心無力的無奈。經過資料的搜尋發現有許多研究者利用 Arduino 進行水質偵測與計時餵食器等，進而達到生物與資訊科技的跨領域結合。我們在進行生物行為實驗中有感於儀器昂貴，因此想在進行動物行為觀察實驗時，嘗試想找是解決方案，想到利用價格較低廉的 Arduino 機板與鏡頭結合紀錄與分析在與物聯網結合達到數據呈現，達到行為觀察與紀錄，雖然目前尚無法達到其他偵測儀器設備精準與辨識紀錄，但此裝置因成本低，以及好上手，而對於偏鄉與資源較缺乏的學校，如果想做行為學觀察即可利用此裝置進行觀察與紀錄，並且藉由對於數位學習的輔助和科學實驗的操作可以提升學習的成效。更進一步的透過 Arduino 機板與感應鏡頭結合，期望可以運用到更多方面的學習。

ND32-11210159

### 利用生物酵素進行廢食用油轉酯製造生質柴油的影響參數實驗探討

吳茂方 王柏皓 林學雄 鍾國棟 林佳豪 陳麗文 陳錦章

生質柴油又稱生物柴油，是利用未加工過或使用過之植物油或動物性脂肪作為原料，採用混合稀釋、微細乳化、熱解或轉酯化反應等方法所產製之生質燃料，生產所得具有生物可分解性、無毒且燃燒後污染性低等優點，不僅可以單獨使用，也可與石化柴油混合使用，是一項具有潛力之潔淨替代燃料。生質柴油的燃料消耗量、運轉效率、最大扭矩曲線皆與石化柴油類似，一般柴油車輛可直接改用生質柴油，不需修改引擎。使用生質柴油可有效降低柴油車輛所

排放的碳氫化合物、一氧化碳、氮氧化合物 (NO<sub>x</sub>)、硫化合物 (SO<sub>x</sub>) 和懸浮微粒 (PM)。目前國際間估算溫室氣體清冊時，將生質柴油視為零排放，故生質柴油確為符合環保訴求的綠色能源。台灣在2004年底由工研院能資所在嘉義民雄工業區成立「生質柴油示範工廠」，提供給高雄市和嘉義市部份之垃圾車和公車使用。環保署於2005年2月起推動「生質柴油道路試用計畫」，鼓勵各縣市使用生質能源，現有13個以上的縣市其垃圾車使用B20生質柴油。目前生質柴油工業上生產的方式是轉酯化反應 (Transesterification)，即利用動、植物油脂 (三酸甘油酯) 和低碳醇以 NaOH 為觸媒進行反應，再經中和、洗滌、分離和乾燥等過程生成相應脂肪酸甲酯或乙酯和副產物甘油。此製程轉化率可達95%以上，燒鹼用量在11%以內。唯尚有下列改善空間:原料成本過高，製程上，轉酯化反應過程複雜，副產物甘油不易分離，且必需回收過量的醇，高耗能，又有廢鹼液排放的問題。本實驗採用生物酵素催化進行轉酯大豆油與甲醇反應。採用不同的酵素量、不同的反應溫度、不同的反應時間與不同的油醇比，在常壓下進行反應。實驗結果顯示在 1mL 大豆油和 2mL 酵素的反應下，反應時間在24小時到48小時可得到最佳轉酯率91.7%。生物酵素的活性往往受溫度的影響，反應過程中發現最佳的反應溫度在35°C。最佳的油醇莫耳比為1:1.25可得到最佳轉酯率87%。廢油 pH 值(酸價)對酵素的轉酯沒有影響。酵素的重複使用率(回收率)五次可以保持一樣的效果，期望在未來的研究中能有效提高轉酯的效率和酵素的回收使用率，達到節能減碳、友善環境的綠色目標。

ND32-11210160

### 船舶艙間流場數值模擬及散熱效應分析

潘冠呈 陳春元 王翰韜 葉樹安

隨著現代科技快速發展，船舶使用之儀器設備均朝著精緻化、高效能的方向發展。然而在有限的艙間內使用大量的儀器設備，將無可避免產生相當大的熱能，若這些熱能無法有效宣洩排放，恐將影響儀器設備效能及縮短其使用壽命。故本研究將進行船舶艙間流場數值模擬，並結合艙間內部裝備擺設來探討冷卻空氣流動和溫度分布，以瞭解艙間內部局部熱點與風量不足情況，最後對艙間內部冷卻系統運作模式提出建議，以期達到降低艙間溫度及裝備散熱之目標。

ND32-11210161

### 基於相對穩定理論的無人機群飛系統的最佳控制器設計

楊家宏 周峒男 瞿忠正 陳定宇 林志諺

近年來隨著無人機自主飛行技術的大幅改善，已使得無人機能夠更加智能地完成避障、自主導航和以及執行其它複雜的任務，如自動巡邏、交付貨物以及救援等，同時也提供了龐大的經濟體系，因也許多公司投資於無人機相關技術的研發和製造，而目前無人機的發展正在往體積更小造價更便宜的方向邁進，因為無人機機群可以針對敵方飛機或導彈發射裝置來進行"飽和攻擊"，而因為過大的無人機數量可以使得敵人的防禦武器應接不暇而無法阻擋；此外，除了應用在軍事用途上，代爾夫特大學 (University of Delft) 的微型飛行器實驗室正在開發一種"口袋無人機"機群，它們能夠在室內飛行，在建築物受到嚴重破壞以至於救援人員無法進入的情況下入內搜尋，並將在地震等災害後分散尋找倖存者，因為在狹窄的空間飛行，其需要更加良好無人機飛行姿態控制技術。有鑑於此，本研究結合無人機的個體姿態控制以及集群控制，以根軌跡理論做為系統分析依據來進行更為精密的控制器設計，以提升在集群控制下各無

人機的飛行姿態穩定度；而在應用二階近似法、極零點設置法則與根廓線等多種控制器技術來設計各類不同控制器後，亦透過系統響應的分析，以求出最佳控制器的參數與設計，俾利提高整體機群的避障功能以及無人機群編隊飛行控制效果，進而可使無人機的應用能擴展到更廣泛的領域。

ND32-11210162

### 臺灣周邊海域內波模擬預報

吳祚任 毛正氣 李皓元

台灣周邊海域為我國海軍演訓任務之主要地區，因此為了準確掌握台灣周邊海域海流、波浪與溫鹽之變化，亟待建立一套自動化、作業化海洋數值預報模式。本研究以 sbPOM 數值模式為基礎，從頭建立完整執行流程，其內容包含系統套件安裝與模式編譯、資料前後處理，並完成美國東部海岸範例測試。為完成台灣與南中國海海域的模擬，本研究先由海床地形、水溫、鹽度和水流速度等關鍵邊界條件進行了多重測試和調整，以美國東岸範例為基礎，修改不同輸入參數，以確保模擬的精確性和可信。完成美國東部海岸之範例測試後，我們針對計算區域進行多項邊界條件調整，包括改變模擬範圍、修改海底地形、修改流速邊界數值模式。透過建構並驗證適合臺灣海域之內波數值模式，用以了解臺灣周邊海域內波之發生機制與行為。

ND32-11210163

### 海洋邊界層物理機制與大氣導管高度分布之研究(3/3)

蔡世樵 侯昭平 喬孟聆 李誌彬 廖文頌

大氣導管效應是超視距雷達可進行遠距離探測的主因，不論是發生在海洋上之蒸發導管或發生在高空之空中導管，均可能使電磁波以較小的路徑損耗傳播到更遠之距離，進而達到超視距作戰之目的。大氣導管效應受大氣海洋邊界層參數影響甚鉅，因此，如何有效掌握及預測大氣海洋環境將是超視距雷達能否順利運作之關鍵；然而，現今中尺度數值天氣預報模式雖對一般大氣折射條件能做出不錯的預報，但用於大氣導管之預報卻不太理想，主要原因為模式之物理機制和參數設定有待改進，以及海洋上觀測資料的缺乏，造成分析及驗證上的困難，且如何評估此現象對電磁波傳播之影響更是一大難題。有鑒於此，本研究將延續 110~111 年國防科技學術合作計畫「海洋邊界層物理機制與大氣導管高度分布之研究(1/3~2/3)」研究成果，持續運用無人機之高解析度大氣折射率剖面觀測資料，並與模式模擬結果進行相互比對，以調校出各特定天氣條件下模式之最佳參數設定組合；同時，亦利用無人機實測之大氣折射率剖面，進行電磁波射線軌跡、傳輸路徑損耗及涵蓋範圍模擬；此外，透過岸基雷達及 AIS 船位訊號，實地驗證各特定天氣條件下之超視距雷達參數(電波穿透角及最小陷捕頻率)，以評估大氣導管現象發生時對電磁波傳播路徑及能量衰減之影響。

ND32-11210164

### 國軍作戰模擬資料整合及各類武器火點建置之研究

張仁煦 蔡宗憲 劉芳萍

作戰模擬是一種用於分析、測試、人員訓練和決策支持的過程，目的在於建立武器系統運用於作戰場景過程，所發生的戰損模型，用以尋求特定作戰條件下的關鍵準則，以提供作戰

指揮重要參考。本研究運用作戰效能評估(Combat Effectiveness Value, CEV)於模式模擬運算，並參考美陸軍退役上校杜佩以陸軍歷史戰役的經驗法則所建立的定量判定模型(Quantified Judgement Model, QJM)概念[1,2]，透過用數量來表示殺傷力的作戰指數概念，除了參照理論殺傷力指數(Theoretical Lethality Index, TLI)之外，並將殺傷力的理論指數跟的士兵於戰場分散率相除，得到各類武器之實際殺傷力指數(Operational Lethality Index, OLI)，以作為量化致命性武器數值重要參據。此外，亦把氣候、地形、防禦態勢、部隊機動性和易損性等戰場上的可變因素，對兵器造成的性能下降或提升也考慮在內，計算出敵我雙方各式機動武器與非機動武器的 TLI 及 OLI，其中包含地面部隊、海上、空中之武器。最後，本研究運用資訊科技介面蒐整各式特定飛彈武器、軍事目標設施和水面船艦特性參數，並完成資料清洗與資料彙整和資料正規化，繪製實體關係圖；以及定義資料綱目、資料型態與資料字典，並依據參考文獻建置單項火力指數與合成火力指數之相對係數，提供作戰武器火點係數，希望經由數學模型方法進行戰力計算以評估戰損，進而獲取各項作戰參數並建置其參數資料庫，將其轉換至模式模擬所需之資訊參數，以滿足國軍作戰模擬之實需。

ND32-11210165

### 無人機集群平穩飛行控制之研究

楊家宏 周峒男 陳定宇 瞿忠正

無人機的集群控制乃藉由多架無人機的協調運作，以完成各種任務，而集群控制的技術突破不僅推動了無人機商業領域的發展，更為軍事領域提供了多項戰術的解決方案，故是目前的研究重點之一；有鑑於此，本研究主要用於開發無人機集群編隊下的障礙物閃避的演算法；此外，在無人機進行安全避障的同時，本研究特別需兼顧各無人機的飛行姿態與穩定度；其中，本研究應用虛擬架構結合人工勢場法來作為無人機在空中飛行時閃避障礙物的依據，此可增加無人機編隊的靈活度，同時也能降低系統解算無人機群飛行的計算量，減輕負擔；另外，本研究亦將人工勢場法導入集群控制器，除了優化虛擬架構導航與避障功能之外，集群控制器更將集群中的每個無人機與虛擬架構進行連結，讓個別無人機都能以虛擬架構作為參考點來持續修正自己的航向及航速；同時，也通過控制各虛擬結構位置之間的交互作用，來實現集群控制，以提升飛行安全，讓無人機編隊在群飛時，亦能夠兼顧個別無人機的飛行穩定度；最後，希望藉由本研究的研發能夠提高無人機集群控制的技術，使得無人機具有更廣泛的應用前景。

ND32-11210166

### 創新遺傳演算法

鄭善仁 張德仁 謝育立

本文提出了一種創新的遺傳演算法 (GA) 找到包含實根的函數  $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ ，此函數的根可以是實數也可以是複數。因此該函數可以重新建構到複數平面上。因此，現在的問題轉化為尋找複數平面中的矩形。此函數被分解為兩個分量：實部和虛部。遺傳演算法產生兩個隨機群體（每個群體都包含實數），一個群體代表實部，另一個群體代表虛部，並且該方法不需要任何其他初始值。這是與牛頓法等各種其他方法相比，該方法具有顯著的優點，它是利用初始的複數值找到複數根。此外，提出的“精細技術”可以縮小矩形的大小，因此也可以減少搜索的面積。此演算法可以透過一組基準值來實現以及展示成果，說明這個演算法十分有效。

ND32-11210167

**2022 年 5 月 16 日梅雨滯留鋒面影響臺灣之中尺度天氣系統模擬**

沈鴻禧 徐博彥 謝冠宇

2022年5月15日滯留鋒面位於巴士海峽一帶，臺灣地區位於鋒後，風場為北北西向風，伴隨空層（850hPa-700hPa）濕度場及低層噴流（LLJ）之環境場，於5月16日鋒面略為南移。受鋒面及西南氣流影響，5月16日臺灣西半部地區中部地區許多測站日雨量皆突破100mm。由5月16日之綜觀天氣圖分析，臺灣地區空層（850-700hPa）濕度場明顯，且700 hPa有低層噴流通過，風速達25kt，且槽線通過臺灣地區上空；500hPa高層輻散較強，上升運動明顯，有利中尺度對流系統（MSC）生成。此外，5月16日1000 UTC在臺灣中部沿海有強回波對流系統，向臺灣中部地區及山區移動，於5月16日1200 UTC抵達臺灣中部並無減弱趨勢。由紅外線雲圖顯示雲系對流發展旺盛，符合紀水上（1988）[1]所提到中尺度對流系統（MSC）導致的弧狀雲線使對流雲系發展更旺盛，易導致豪雨情況。

本次研究使用 WRF 模式 4.2.1 版本，模擬起訖時間為 5 月 14 日 1200 UTC 至 5 月 17 日 0000 UTC。模擬結果之 850hPa、700hPa、500hPa 均和實際觀測情況大致相符，惟降雨量與實際狀況有所落差。因此透過模擬能使預報人員對於 MSC 發展情況更加瞭解。

ND32-11210168

**東北季風條件下蘭陽平原邊界層特性個案模擬研究**

鄭佩迪 侯昭平

受到不同強度大陸冷高壓的東移出海的位置及路徑影響，台灣北部水氣含量、氣溫及環境盛行風場也會隨之改變。為了瞭解臺灣北部環境風場、局部環流與複雜地形效應之間的關係，本研究使用Weather Research and Forecasting Model 4.2.1版，模擬2021年11月26日與2022年10月25日在東北季風條件下蘭陽平原局部環流變化的情形，模擬結果顯示，盛行風場分別與受到地形阻擋迴流風場及繞流風場而造成輻合帶，促使局部大氣發生較強的垂直運動，輻合帶的位置並非固定。部分氣流受地形阻擋而發生局部繞流或迴流所造成的局部輻合及輻散，因低層氣流風速較小，故垂直運動較弱。蘭陽平原東北季風厚度與其強度有關，東北季風進入蘭陽平原後，其厚度變化與地形效應有關，而盛行風場風向角度不同，也會影響局部環流變化及大氣的垂直運動。也就是說，大尺度環境場(東北季風)會影響局部地區風場垂直結構(改變局部輻合及輻散強度，進而改變局部大氣垂直運動強度)、局部環流變化(受到複雜地形影響造成迴流及繞流)，因此多重尺度系統間的交互作用，對局部地區邊界層發展及結構直接相關。

ND32-11210169

### 雷擊預警自動化平台建置

宋巧雯 彭梓峻 邱亮惟 張惟善 邱郁慈 楊婷婷

為了因應特定任務的需求，我國的軍事偵察搜集裝備或設施通常部屬在高山或岸邊相對制高點位置。這些裝備因內部積體電路的設計，往往無法承受雷擊的瞬間大量電流，況且每台設備造價昂貴，因此雷擊對站臺的設施和裝備的安全構成嚴重威脅。此外，目前各個設施仍然依賴人工方式實施雷擊防護措施，若能提早預警，便能爭取更多的應變時間。本研究的主要目標是建立一個雷擊預警自動化平台，這個平台可以收集各種氣象資料、預測未來可能的天氣情況，並在機器設備可能遭受雷擊之前，由系統向使用者發送警報。這個平台會定期收集氣象數據，通過數據分析和可視化的圖表，將這些資料呈現在網頁介面上，同時提供即時的雷電危險分級，以協助人們及早關閉或保護設備，以避免損壞。

這個自動化平台主要分為五個部分：收集氣象和即時閃電資料、歷史數據與雷雨胞動態視覺化、雷擊風險評估分級、自動化預警郵件、設計簡潔易用的使用者介面。首先，平台後端從中央氣象局獲取各種氣象資料，例如溫度、濕度、降雨量、風速和風向等，並將這些資料以折線圖、長條圖等形式視覺化呈現，讓使用者可以觀察各個監測站長時間的氣候變化。同時，利用網路爬蟲收集即時閃電資訊，並根據閃電和站臺的距離，將其分級為綠色、黃色、橘色和紅色，以表示風險評估後不同的危險程度。最後，平台會自動向各站臺發送相對應的郵件，讓使用者快速了解當前雷雨威脅的程度。

ND32-11210170

### 從熱帶低壓擾動淺談 2023 年 9 月 10 日嘉義地區暴洪事件之天氣分析

徐天佑 何台華 曾俊傑 朱炯光

2023年9月10日台灣南部部分地區，尤其嘉義地區產生午後短延時強降雨，引發致災性暴洪和土石流，造成當地居民房舍倒塌和農作物損失，而台灣西南沿海的熱帶低壓系統扮演重要角色。本研究先由綜觀環境場分析午後短延時強降水的有利條件，再由中尺度發展的物理機制加以探討，藉以瞭解導致9月10日嘉義豪大雨系統發展的特性，以利防災預警。

ND32-11210171

### 基於系統工程方法之水下滑翔機構型設計與開發

李永隆 李彥廣 劉宗龍

我國潛艦國造正如火如荼的進行，蒐集作戰海域周邊水文資料為不可或缺之先期工作。經研究顯示，水下滑翔機因其獨特的推進方式，可執行長時間與大範圍的水下偵測工作，另系統工程程序之執行為確保所發展之產品可滿足性能需求之可靠方法。據此，本研究運用系統工程方法與程序，並以國造潛艦作戰環境為基礎，推導出水下滑翔機之系統需求、功能架構與構型設計。為設計符合系統功能之外腔體構型，以原實驗室先期發展之滑翔機為基礎，提出具減阻效果之設計方案。本研究基於上述之目的參考麥林及58系列之水下載具構型，運用計算流體力學之數值模擬方法進行構型優化設計。研究結果顯示所設計之外型水動力性能優於現有之滑翔機，繼而滿足藉系統工程程序推導之性能需求，同時亦驗證系統工程方法之有效性。

ND32-11210172

## 無 KDC 之金鑰分配方式

鄭善仁 賴彥霖 張德仁

近年來，在現代的通訊系統中，確保資料的保密性及安全性非常重要。在傳統上，KDC(Key Distribution Center)被廣泛用來管理對稱式加、解密系統的金鑰分配，然而，在一些情況下可能無法使用 KDC，例如 KDC 遭受駭客入侵、使用者與 KDC 之間失聯。本文探討了在無 KDC 的情況下，運用互相比較的方式，並運用身分驗證來實現有效的金鑰分配。在無 KDC 的情況下，金鑰交換變得更加複雜，需要使用者之間進行有效的溝通和協調。一種常見的方法是利用 Diffie-Hellman 金鑰交換協議，通過數學運算來實現兩方之間金鑰的交換，然而此方法缺乏身分驗證，容易遭到駭客偽冒。本文設計了 NK 演算法，透過初始金鑰進行運算，進而產生出多把通訊金鑰(Session Key)分配給使用者。使用者之間僅須透過大小比較，即可運算出相同之通訊金鑰，進而進行加密通訊。在缺乏受信任的 KDC 情況，如何確保使用者是否被偽冒是一個關鍵性問題。在這種情況下，身分驗證扮演著至關重要的角色。本文參考了非對稱式加解密系統的私鑰產製方式，將 NK 演算法中的金鑰編號巧妙的隱藏在身分驗證中，加上時間標記，讓使用者得以在確認身分正確後，即可運算獲得通訊金鑰。本文透過 NK 演算法，實現了無 KDC 之金鑰分配，相較於使用 KDC 進行金鑰分配，優點是使用者不用再透過 KDC，且不需要儲存大量的金鑰及資料，並達到相同的保密及安全性。缺點則會因為使用者數量提升，造成運算時間過久。然而考慮到可運用的場景，如軍用通訊、私人企業通訊，使用者數量不會過多，NK 演算法依然是一個很好解決無 KDC 的金鑰分配方式。

ND32-11210173

## 以人工智慧導入 SDN 網路編排管理與安全檢測之研究

周兆龍 莊秀敏 劉芳萍 賴泰宏 謝圓富 彭歆雯 陳衍翰 張丘

國軍現有的網路結構大多採用被動式靜態配置，需要大量人工操作來實現有效的網路傳輸和決策支援。然而，隨著網路技術的快速發展，未來網路系統將走向主動式和人工智慧的發展方向，以提升決策支援的效能。本研究旨在提高網路自主配置的程度，實現動態彈性的資料分析，並導入人工智慧來執行網路管理和網路安全檢測，以大幅縮短對網路威脅的應對時間。

本研究可以分為三個主要任務：第一項任務是建立軟體定義網路(Software-Defined Networking, SDN)跨網域拓樸結構，我們已經完成了IPv6 組態設定和通連測試。使不同網域之間的網路服務功能鏈(Service Function Chains, SFCs)能夠跨網域依序串連，並在某一服務節點失效時，自動調整以維持正常運作。第二項任務採用集成學習方法，將多種機器學習和深度學習算法整合在一起。我們基於統計分析和遷移學習來維持模型的持久性能力，並針對資料流中的概念漂移(Concept Drift)進行模型訓練和效能評估。對於批次漂移偵測，我們能夠保持 0.8 的預測準確度。在增量漂移偵測方面，我們訓練了四種算法，可以線上調整模型參數，有效地保持異常檢測的穩健性。第三項任務主要旨在增強 2023 國防科技學術研討會(2023/11/10) SDN 網路的安全防護，提高網路安全性。我們將入侵偵測系統(Intrusion Detection System, IDS)與 SDN 整合，使 SDN 能夠更好地掌握網路流量的控制和監控權，以加強網路的安全防護能力。透過控制器即時監控網路流量，一旦發現異常情況，控制器可以採取相應的措施，例如停止攻擊流量，並且通過流量表限制特定流量，以防止網路攻擊的發生，提高整體網路的安全性。

ND32-11210174

## 多元作戰體系之自適應性異質網路與智慧安全技術研究

方凱田 蔡宗憲 李奇育 李明峻 伍紹勳 周兆龍 羅嘉寧

為滿足國軍作戰多樣化與作戰速度要求，本計畫基於美國國防先進研究計畫所提出馬賽克作戰的多元體系概念，以自適應性異質網路與智慧安全技術研究為題進行整合型突破式國防科技研發計畫，包含以邊緣運算和虛擬化概念建構中心作戰網路和系統架構；研究網路節點部署及具多維度感知性的快取、運算及資源協調分配方法；以人工智慧網路運算架構為輔，提供自我監測、診斷與組織的功能；運用大數據進行網路安全監測與防護，確保網路空間安全並增加人工智慧自動分析與偵測能力，強化資通訊網路作戰能力。希冀針對多層自適應異質網路，探討實現網路編排系統與異質網路虛擬化服務，以邊緣運算和虛擬化概念建構決策中心戰網路和系統架構，動態且分散式組成任務導向之作戰單元以覆蓋網路，以改善現有靜態固定式網路的缺點；同時，基於多元作戰網路下建構可信賴之資訊網路安全檢測技術，運用大數據進行網路安全監測與防護，確保網路空間安全並增加人工智慧自動化分析與偵測能力，提升整體網路空間的態勢感知能力，創造網路作戰優勢。

ND32-11210175

## 2021 年 6 月 6 日梅雨滯留鋒面影響臺灣西南部地區之中尺度天氣系統模擬

沈鴻禧 謝冠宇 徐博彥

2021年6月6日梅雨鋒面位於日本東南方洋面，向西南延伸至南海一帶，伴隨空層(850hPa-700hPa)低層噴流(LLJ)之環境場，於6月6日通過臺灣北部地區。臺灣受鋒面及西南風影響，6月6日西南部地區許多測站日雨量皆突破200mm，累積降雨最大突破300mm。由6月5及6日之綜觀天氣圖分析，臺灣地區空層(850-700hPa)有低層噴流通過，風速達25kt；500hPa及300hPa顯示有槽線通過。此外，6月6日0200LST在臺灣西南外海有對流系統伴隨雷電生成，向臺灣西南地區移動。由紅外線雲圖顯示雲系對流發展旺盛，易導致豪雨情況。

本次使用WRF模式4.1.2版本，模擬時間為6月5日0000 UTC至6月7日0000 UTC。模擬結果之日累積降雨量、850hPa、700hPa、300hPa均和實際觀測情況大致相符，透過WRF模式模擬能對於MSC發展情形更加瞭解。

ND32-11210176

## 主動防禦系統之低附帶損傷攔截措施研究

李永隆 李奕甫

近幾年來地面裝甲載具的生存能力不斷地備受考驗，而主動防禦系統(Active Protection System)則是用於提升裝甲載具乃至於各式的機動載具的生存能力選擇之一。根據各國操作主動防禦系統之經驗，可以發現在攔截的過程中偶有成功攔截，但卻並未完全摧毀來襲彈，使來襲彈仍順利引爆成型為聚能射流，且爆炸時易產生嚴重的附帶損傷。面對前述議題，本論文研究目標係以主動防禦系統中的硬殺(Hard-Kill)攔截措施為主要的研究對象，並以錐型裝藥為發想基礎，提出「環型錐型裝藥(Annular Shaped Charge)」概念，並設計單環型與雙環型，兩種不同構型之環型錐型裝藥攔截措施。本研究運用ANSYS/LS-DYNA軟體模擬錐型裝藥攔截來襲靶彈，使用任意耦合描述(Arbitrary-Lagrangian-Eulerian, ALE)描述法進行聚能射流模擬破壞來



襲威脅，分析不同構型的攔截措施針對攔截目標的毀傷能力，另將附帶損傷因素納入考量，以期設計出一款具有高毀傷能力與低附帶損傷的攔截措施，據以解決主動防禦系統附帶損傷過大與毀傷能力不足之問題。經模擬結果顯示，環型錐型裝藥於引爆後可形成損傷範圍較大之環形射流，繼而可增加對來襲彈藥之毀傷面積；另因速度梯度(Velocity Gradient)變化量較大與爆炸能量擴散的影響，使射流容易斷裂並以特定角度傳遞，但不致形成大範圍的附帶損傷。此外，因環型錐型裝藥之射流毀傷面積較大，一定程度上可彌補命中率不足之問題，此可證明環型錐型裝應用於主動防禦系統可有效提高對來襲彈藥之毀傷能力與降低附帶損傷。

ND32-11210177

### 聚脲高分子材料製程及機械性能測試

張章平 蔡營寬 林宛莖

現代戰爭中，軍用載具面臨著越來越複雜和嚴峻的安全威脅，為了提高軍用載具的防護能力，需要不斷提高防護能力以應對各種威脅，以保障士兵和車輛在戰場上的安全。同時，新材料和新技術的發展也為提高軍用載具的防護能力提供了新的機會和挑戰。

本研究旨在提高軍用載具的防護能力以應對現代戰爭中越來越複雜和嚴峻的安全威脅。本研究使用高分子抗爆材料，特別是聚脲塗料，以及不同的結構設計和製造方法，提高軍用載具的防護能力。本研究進行半預聚物之改質試驗研究，並參考 CNS 6986(2010) 進行比重、硬度、抗拉強度、伸長率、撕裂強度及彈性模數等材料特性參數的測試。此外，本研究亦使用抗拉試驗設備進行試驗，並使用大尺寸高分子材料噴塗設備進行聚脲噴塗。

本研究的方法主要是通過實驗和測試來研究高分子抗爆材料的性能和應用，以提高軍用載具的防護能力。本研究透過建立分析流程，探討改性高分子抗爆塗料之複合版補強原理與機制，並驗證其抗爆防護性能。本研究亦提出一些新的設計和製造方法，以提高軍用載具的防護能力。研究結果對於提高軍用載具的防護能力，保障士兵和車輛的安全具有重要的意義。

ND32-11210178

### 應用立方衛星進行訊號觀察之模擬分析研究

莊智清 張博勛 高紹捷 蕭維昭 呂修麟

應用衛星進行訊號之觀測可以善用衛星具有之高涵蓋與持續運行操作特性以及先進之軟體定義接收機與訊號處理技術。隨著近年來立方衛星技術之發展，應用立方衛星進行地球輻射訊號之觀測具有可行性。本文主要討論利用兩枚低軌道衛星對未知輻射訊號進行偵測與定位，利用交互模稜函數計算得出的訊號到達時間差及訊號到達頻率差進行定位計算。透過模擬軟體之建置，定位情境模擬模型之建立以及相對應之分析軟體發展，本模擬分析完善衛星在太空中運行的模擬環境，其中包括衛星載具、收發機天線、地面發射源、訊號傳遞鏈路等，並且以近真實狀況的環境進行模擬。模擬結果包含對誤差項之影響分析。

ND32-11210179

### 複合導電混凝土之配製及其基本力學性質

史芊芊 蔡營寬 聶若鹽 曾有志 蔡明達 王侑偉

隨著現今戰爭型態的演變，為達到設備防護的效果，各國已將電磁脈衝防護發展作為重點，能在結構物掩體折減一部份的電磁脈衝能量，即可對構造物內設備形成防護，以大幅減少威脅。

為同時提升混凝土的力學與導電性能，本文於水泥砂漿與混凝土中添加適量碳纖維及氧化石墨烯，為了解負荷導電材料強化砂漿與混凝土施工性執行坍度試驗。再藉由抗壓及抗彎試驗探討導電摻料與混凝土基本力學性能關係，藉此設計出碳纖維及氧化石墨烯之配比。並透過掃描式電子顯微鏡研究不同材料與水泥基材間的結合情況與特徵，配合電阻率量測與電磁屏蔽測試，以驗證本文複合導電材料強化混凝土具有抗衝擊波及電磁脈衝屏蔽的效果。本文研究結果在抗壓性能提升率約為 10%，抗彎性能提升約 25%，導電性能提升 80% 以上，電磁屏蔽性能提升 14.54 dB 及抗貫穿提升率約 16%。

ND32-11210180

### 水下模訓戰場環境建置作業研究-台灣地區海域特性水下作戰需求之分析

毛正氣 蔡明達 劉璟諭 王明志

本研究之主要目標在於建置臺灣地區海域的水下模訓戰場環境數值，根據台灣地區海域特性進行水下作戰需求分析。國軍目前作戰模式模擬均有陸地、空中及海面環境資料參數可供運用，對於水下參數的蒐集與運用極度缺乏，本研究將透過地理資訊系統蒐整並以常態分佈理論統計分析海洋數值模式 Hycom (HYbrid Coordinate Ocean Model) 水下兵要資料，包括水下鹽、溫、深度、海面風場及影響聲納探測的層次深度，供模式模擬系統或其他軍事用途使用。

ND32-11210181

### 艦載無人飛行載具之抗干擾無線精準定位系統

黃釋平 陳志偉 毛紹綱 林俊成 王翰韜 吳真一 葉樹安 林琬玲

本研究擬探討艦載型無人機於歸航落艦的自動化技術，並設計具備抗干擾能力之無線精準定位系統，使其在無線電訊號壅塞的船艦環境中，確保當自動落艦定位系統遭受到環境影響(天候/海象不佳)，以及戰時無法接收衛星定位訊號時，藉由一種新穎之「抗干擾無線精準定位技術」，搭配艦載無人載具自動降落系統，將可克服上述環境因素限制與技術缺失。再者透過不同的系統效能模擬與抗干擾實驗，完備系統軟硬體研發對策，並分析各種海象與天候艦艇降落平台的運動情況，以提升艦載無人飛行載具之抗干擾無線精準定位技術之效能，將有助於後續開發無人飛行載具之自動落艦系統。本研究主要研究發展一套「艦載無人飛行載具之抗干擾無線精準定位系統」，其中包含：無線精準定位軟體、抗干擾電路與演算法，定位電路/天線、無線監控/遙導技術及波動艦載平臺，並結合即時動態定位導引資訊，由此形成一套無人機落艦系統。第一階段研究為設計無線精準定位系統之抗無線電波干擾硬體設計，包括定位系統電路及天線，以及無線精準定位系統軟體，第二階段研究則著重於驗證無人機落艦定位系統，其中包含規劃無人機系統實測及波動平臺(模擬軍艦降落區域，如：飛甲)，並將抗干擾無線精準定位系統(硬/軟體)整合於無人機以進行測試及驗證。

ND32-11210182

### 各式炸彈對機場道面戰損評估

吳尚宸 蔡營寬 李宜珊 鄭根發 王侑偉

本文之目標在建立柔性鋪面及剛性鋪面於各式炸彈下之損傷程度評估方法，依美軍經驗公式計算造成之彈坑尺寸，可用於評估機場道面戰時遭受攻擊所需之搶修時效與資材。考量戰爭武器威脅，此類威脅產生之動態荷載(如爆炸及撞擊等)，將導致更嚴重的道面損害，因此，藉

由蒐整假想敵已發展之潛在攻擊炸彈武器特性，並完成基於美軍相關規範所列經驗公式與圖表之評估方式於流程，可於假設撞擊速度與撞擊角度後並指定目標物材質之材料特性參數，以進行機場道面貫穿深度評估。此外，針對炸彈於產生爆炸後之爆震波影響，可依不同彈體內容之炸藥種類，轉換為 TNT 炸藥等效當量後進行爆壓損傷評估。研究成果可據以分析機場道面於炸彈武器效應下（高速撞擊與爆炸衝擊波）產生之結構反應行為模式，依道面之材料與結構特性訂定損傷程度評定標準，達到軍事設施戰損評估之目的。

ND32-11210183

### 利用紅外線感知技術實現無人化運輸載具避障與偵查功能

羅序仁 簡群臻 李可丹 林品維

俄烏戰爭已儼然成為 AI 實戰測試場域，多項新興科技諸如：人工智慧、物聯網、無人機、低軌道衛星等紛紛投入實戰應用，加速科技落地實證與擴散。其中「無人化作戰」更是現代戰爭中極重要的一環。隨著人工智慧(AI)結合物聯網(IoT)等科技的創新應用迭創新猷，各式智慧型無人運輸載具(車輛、航空器、船舶)的研發與應用已然在現代戰爭中扮演了舉足輕重、更是致勝的關鍵角色。其多元化的部署特性可提升作戰能力並減少人員傷亡，在戰場上的應用包括：運輸、偵查、干擾與誘敵等。此外，當無人機掛載小型彈藥並搭配紅外線感測技術，即可精準定位敵方座標，由於多數無人機價格相對於軍事武器成本低廉，攻擊同一個目標之時，還可以從多方襲擊。並且能在十計公里的範圍內，自動尋找和攻擊目標，進行有效打擊；無人運輸補給車可在危險甚或夜晚視線不佳的作戰環境中，利用紅外線感知技術有效遂行補給任務，使人員傷亡降至最低。綜合上述，成熟應用紅外線感知技術於無人化戰場至關重要。本研究具體貢獻可區分為：「載具硬體」與「載具軟體」兩大主軸，經由反覆耐心調校感測器的感測參數與靈敏度，綜合歸納分析出其對測試結果所造成的具體影響。本研究利用紅外線感知技術輔以 PID 控制理論與 P-D-C-A 戴明循環原理反覆驗證具體實現出同時兼具避障與偵查兩大核心功能之無人化運輸載具。

ND32-11210184

### 基於 LoRa 技術建置物聯網安全傳輸智慧停車監控模型

羅序仁 李冠杰

隨著城市智慧停車系統的快速崛起為城市交通管理帶來了新的契機和挑戰，是現代化城市管理中不可或缺的一部分，但同時也引發了資安方面的隱憂，例如：大量的數據交換、用戶存取授權、隱私確保與即時監控，因此，相關資安議題變得更加不可忽視。本研究旨在探討如何應用低功耗、長距離的 LoRa 無線傳輸技術並結合 AES-256 加密演算法構建一套完整且安全的智慧停車監控模型。實驗方法如后：在監測端，採用 STM32 微控制器和地磁感測器來負責前端數據的蒐集，同時整合攝影機模組用以捕捉車牌影像，過程中，若遇感測器數值異常，監控系統會即時發送 Email 通知管理者；接著，使用 LoRa 無線傳輸技術對監測數據進行 AES-256 加密，確保數據在傳輸過程中的保密性與完整性，並將其回傳到監控端；最後，在接收端，將接收到的數據進行解密，然後使用 RS232 協議將數據傳送到監控平台，同時利用圖像處理和車牌辨識技術自動識別進入停車場的車輛車牌。本研究主要貢獻在於實現智慧停車管理模型架構，以確保只有經過認證的車輛可以使用停車場，並可用於事件監控和識別不法行徑，可有效提升停車場的安全性和管理效率。這項研究將為城市交通管理提供一個更安全、高效的解決方案，同時為智慧物聯網應用的安全性提供了強有力的解決方案。

ND32-11210185

## 導入 5G 通訊強化 AIOT 韌體更新安全防護機制—以智慧門鎖為例

羅序仁 敖文馨

隨著 AIoT（智慧物聯網）裝置的廣泛應用，許多公司、企業和家庭都存在可連網裝置，包括：智慧洗衣機、智慧冰箱、智慧微波爐、智慧門鎖等。但開發商或使用者在享受智慧科技所帶來的營收和便利的同時，卻往往忽略了智慧物聯網裝置本身所隱藏的資安漏洞和衍生出的種種資安問題，進而成為駭客鎖定的攻擊目標，形成潛在的資安風險，嚴重者甚至可能造成社會癱瘓或性命危害。綜觀近年來智慧物聯網裝置遭受到的各種攻擊，例如：弱密碼、軟體版本未定期更新、DDOS 攻擊等，外部防護可利用網路防護設備或其他裝置來偵測、過濾並阻擋惡意連線或攻擊等；內部防護則可透過強化密碼設定與更新機制、定期修補韌體漏洞等方式來達成。智慧物聯網裝置的韌體更新方式可分為自動下載方式及人工下方式載兩種，無論採用哪一種方式，都有其風險性存在。為了確保韌體更新過程中不會遭受到惡意置換、偽冒或竄改，本研究提出在原本韌體發布公司的安全防護機制的基礎架構上利用 5G 超高速、低延遲及高穩定性的傳輸特性，輔以非對稱加密演算法與數位簽章 QR Code 用以實現資訊安全中保密性、完整性與不可否認性等三大核心要素，從而降低網路中間人攻擊的風險。本研究貢獻係提供在韌體安全無虞的前提下進行更新，最終實現智慧物聯網韌體更新安全防護機制，期待能夠為智慧物聯網產業帶來更高的安全水平，讓隱私和訊息得到高度保障。

ND32-11210186

## 利用 PID 控制理論實現無人化運輸載具循跡功能

羅序仁 趙芝樑 王奕 白鑫濤 李可丹

無人化運輸載具已經在現代社會扮演著一個至關重要的角色，其廣泛的應用橫跨了多個領域，包括物流、醫療、交通和軍事。其中，實現循跡功能是無人化運輸載具應用中的一個核心挑戰，也是實現自主性和安全性的重要一步。實驗證明，PID（比例-積分-微分）控制理論發揮了重要作用。PID 控制理論是一種被廣泛應用於自動化系統中的反饋控制方法，無人化運輸載具利用多種感測元件感知載具周遭環境狀態，這些感測元件能夠感知載具周圍的環境，並提供寶貴的數據，以幫助載具確定自身位置、偏離情況以及周圍障礙物。而 PID 控制器可根據當前狀態與預期狀態之間的誤差調整輸出，而後生成對應的輸出指令，使載具保持在預定的路徑上。這種技術除了在餐旅服務與交通運輸的應用上有著極大的潛力，更是具有潛在的軍事應用價值，在現代化戰場中，無人載具可以用於巡邏、運輸、物流和救援等任務，而循跡功能可以確保這些載具能夠在複雜和危險的環境中執行任務，減少士兵的風險。PID 控制的比例項可根據目標路徑和當前位置之間的誤差來調整轉向；積分項可處理長期誤差並確保載具最終達到目標；微分項可處理誤差變化率以確保平穩運行。確保這三個項目的協同作用可使得無人化運輸載具能夠在面臨地形變化或載具負載波動的挑戰時精確、穩定地完成各項艱難任務。PID 控制理論為自動化運輸系統的發展提供了更安全、高效且可靠的堅實基礎，未來更可延伸應用在現代化戰場等軍事用途上。

ND32-11210187

## 以 OODA 框架建置 3D 列印之虛實整合生產系統

楊婷婷 任治諺

工業 4.0 的理念專注於製造業中的智能化和客製化，主要目的在於建立具有高度資源效率的智能工廠，這一理念的基礎是利用「虛實整合系統」(Cyber-Physical System, CPS) 和物聯網 (Internet of Things, IoT) 技術，結合現有的工業生產技術，以實現現代化製造環境。然而，傳統的 CPS 存在一些限制，受限於體積和資源，而 IoT-enabled CPS 則需要綜合虛擬與實體系統，並支援分散協同工作。此外，實現 IoT-enabled 的 Cyber-Physical Production System (CPPS) 仍然面臨一些挑戰。其中一個主要挑戰是實現分散協同工作所需的靈活控制架構。然而，現有的 CPS 控制方式有限，難以滿足 IoT-enabled CPS 的需求，因此需要尋求新的控制策略。本研究計畫探討在 IoT-enabled CPPS 環境中應用 OODA 循環 (即觀察、定向、判斷和行動)，並設計基於數位分身(Digital twin)與雲端技術之 3D 列印的生產管理與控制服務架構，我們的研究還著重於探討將數位分身所產生的模擬結果如何能夠有效地反饋至列印服務系統中，並將 3D 列印訂單的各種屬性整合成一個目標參數，這個目標參數將用於建立預測性模型，以預測未被測量的資料，進而支援決策制定和權衡分析。經過模擬實驗，我們的研究結果顯示，我們提出的控制策略能夠有效地提高管理製造和服務成本的靈活性，同時提高系統服務的滿意度，並減少資源浪費。這將對實現工業 4.0 的目標起到積極的推動作用，促進智能製造和客製化製程的實現。

ND32-11210188

## Suboff AFF-8 在不同網格型態下之阻力分析驗證

朱韋霖 劉宗龍 吳聖儒 潘冠呈

本文之目標主要在於利用計算流體力學(CFD)探討 Suboff AFF-8 在未建構邊界層網格的前提下，採用結構性與非結構性網格對計算結果造成的差異影響，期能發現較為經濟的網格建構方式，以期作為未來探討航速與舵角對 Suboff 潛艇迴旋運動影響所需廣大計算域之先期探討與驗證；結果發現邊界層網格的存在具有相當大程度的重要性，非結構性網格在建構Y+的情況下準確度亦能大於未建構Y+的結構性網格，同時耗費較少的網格數量節約計算機資源。

ND32-11210189

## 融合循跡與避障功能實現智慧型軍用無人運輸載具自駕系統

羅序仁 趙芝樑 王奕 簡群臻

盱衡近期俄烏戰爭、以巴衝突等國際軍事衝突等案例，軍用型無人化載具的廣泛應用已徹底顛覆傳統作戰思維與模式，更能真實體現出其舉足輕重與致勝的關鍵性角色。綜觀其優點除了可以降低人員傷亡風險與武器災損外，更可以突破空間限制、提升效率。本研究融合了「人工智慧」與「物聯網」兩項技術，利用多種不同類型感知元件並結合戰場情境進行模擬實現出具有多功能、複合型與模組化等特色之無人化運輸載具——「智慧型無人運輸載具」。綜合上述特色發展之無人化載具除可大幅降低建置成本外，亦可藉由各式功能的創新與突破，實際運用於關鍵軍事用途上。本研究將無人載具中「循跡」與「避障」兩大核心功能納入主要實踐目標，透過大量各式主被動感測元件感測周遭環境參數，並將感測值回傳後端主機進行「深度分析」

及「邏輯判斷」，進而完成狀況處置。我們應用 PID 控制理論輔以 P-D-C-A 戴明循環原理反覆修正並優化機體結構與程式邏輯，初步實現無人化運輸載具自駕功能。本研究成果可延伸應用遂行各項軍事任務，實現智慧型軍用無人運輸載具自駕系統。總之，無人載具在現代軍事中發揮了重要作用，提高了作戰效率，減少了風險，並擴大了戰場範圍。這項研究的成果將有望未來應用於各種軍事任務，實現智慧型軍用無人運輸載具的自主運行系統。

ND32-11210190

### 磁流體推進器推進流場模擬分析

謝置 潘冠呈 李彥宏

磁流體推進器是以磁流體力學為基礎理論所設計之推進裝置，此技術主要是透過電場及磁場兩者間交互作用產生之勞倫茲力(Lorentz force)，對導電流體產生加速效果，使之產生推進力。本研究係以輻型式推進器為基礎，並以數值模擬軟體進行推進器靜態、動態之磁場與流場分析，其中本研究將推進模組以不同電流量及不同磁鐵材料參數進行模擬測試，以探討不同參數設定對推進流場及推進效果之影響。此磁流體推進技術能使流體直接轉換成動能而產生推進力，相較於傳統的螺旋槳推進器能減少裝置元件及降低噪音，其相關研究成果將可作為後續發展磁流體推進器之參考。

ND32-11210191

### 小型水面雙體船導航系統動態測試之研究

林俊成 張凱傑 施武樵

本研究係藉由本實驗室自行開發之小型水面雙體船搭載自動導航系統進行靜態水域測試，研究係依據本研究團隊於近年開發之導航系統，應用於小型水面載具於龍潭三坑自然生態公園進行一系列之動態測試，本研究採用田口實驗設計法，定義兩因子(因子 A 為路徑規劃、因子 B 為測試距離)，三水準(路徑為直線、正方形及圓形三種水準、距離分別為 5m、10m、15m 三種水準)，以田口直交表(L9)規劃在九種不同實驗組合狀態下，每組重複實驗 10 次，依據訊噪比(S/N ratio)、變異數分析(ANOVA)及因子主效果/交互作用效果，探討導航系統動態測試之路徑研究，經研究結果分析，在 95%信心水準條件下，本研究之因子 A(路徑規劃)主效果貢獻度為 68.16%、因子 B(測試距離)主效果貢獻度為 25.52%，無顯著之交互作用，且殘差貢獻為 6.32%；從研究結果及導航路徑圖分析，本研究所設定之路徑點，小型水面雙體船均能順利通過，且誤差均不到一個船身寬度，代表小型水面載具之導航系統已能精確航行通過規劃之路徑點，完成開放水域之動態測試，惟測試期間，此水域仍受到風力及湖面波浪之影響，對於測試時間計時上仍有影響；本研究於 A3B3 組合(路徑規劃為圓形、航行半徑為 15m)條件下，航行所需時間最長，代表導航過程中系統不斷修正航點，因此需要較長時間，未來可於研究上強化小型水面載具之穩度及耐海性，期能於近海進行相關測試，提升小型水面載具之多功能應用成效。

ND32-11210192

### 海上自主導航無人機起降平台設計

林俊成 張凱傑 毛紹綱

本文主旨在設計一個適用於無人飛行載具定位系統的海上自主導航無人機起降平臺。該設計依據臺灣大學電機系無人飛行載具的精準定位系統之需求，從構型設計、製作、穩度及耐海

效能評估到實地實施運動測試等階段進行研究，該設計的目標是實現無人飛行載具在海上平臺上的自動起降，為海上作業提供可靠的支援。研究中，考慮平臺在船舶運動下的穩定性，選用迪卡農 3 人充氣式獨木舟與鋁擠材和壓克力板相結合作為起降平臺。同時，為了減少船舶搖擺並增加結構的承載能力，在獨木舟的左右舷配備了輔助浮船。在實際下水測試中，平臺展現出了高度穩定的特性。儘管在測試中平臺的最大橫搖 (Roll) 角度達到了 12 度，縱搖 (Pitch) 角度達到了 2 度，平臺仍能維持航向前進，展示出優良的穩定性和耐海效能。此外，平臺具有高機動性、能夠應對波浪和洋流的動態定位能力，以及模組化設計的優勢。然而，平臺的拆裝時間較長、質量較大且受到水域限制等缺點也需要被考慮。未來的展望中，我們計劃在量測橫搖、縱搖和起伏等方面進一步改善平臺的耐海效能，以提供無人機更優越的起降環境。

ND32-11210193

### 小型陸用載具電動力傳動系統匹配與調校

周志正 黃寶鋁 楊家宏

本文研究陸用載具動力源電動化，探討直流無刷馬達 (Brushless DC motor, BLDC) 工作原理與特性，應用於電動車載具動力傳動系統的研究。電動車是以環保減碳與永續節能的發展為核心設計目標，動力馬達的選定講求性能要滿足需求，系統要穩定可靠，加上煞車時可發電產生電能回收的優勢，在電動車三電系統的機電整合配置概念下，從如何選訂馬達與驅動器規格、功能需求上的電力轉換裝置、到動力需求的傳動裝置等設計，需要相互搭配來滿足車輛性能與功能的要求。透過車輛運動力學及電動車機電整合理論，結合能量及效率等推導，進行賽道駕駛策略擬訂，完成馬達驅動器參數調教與傳動系統減速比評估。先藉由輪胎端開始推算，並且由理論上滾動阻力、爬坡阻力、空氣阻力等公式，先將主要的阻力推導出來，並且透過這些參數的牛頓運動方程式，經能量觀點進行估算，最後推算出輸出功率以及馬達所需功率。在經過擬定在比賽時所需的加速策略後，利用所推導出的功率以及選出合適比賽需求的馬達規格及車輛減速比的搭配。最後，實車測試著重於馬達驅動器的調校，將電門響應與制動煞車力的人因調整後，確認車輛目標極速與加速性能是否滿足性能需求，並搭配再生煞車系統的調整，使車輛運行測試的滑行順暢度可以有舒適的線性，完成動力傳動系統的測試與調校。

ND32-11210194

### 發動機燃燒室性能分析之精確空氣性質試算表設計

夏筱明

鑒於燃燒室設計對火箭和航空發動機整體性能的影響，使用商業軟體預測燃燒結果已成為一種趨勢。但因各軟體採用的空氣特性數據不盡相同，故其計算結果也就存有差異，尤其是燃燒室出口溫度的預測值。由於此溫度對空氣比熱值相當敏感，因此過往的研究不斷努力試圖獲得更好的表示式，用以準確擬合不同溫度下的空氣性質數據。一個典型例子是由 NASA Glenn 發表的用於計算不同化學物質之熱力性質的最佳擬合係數。本研究為協助學生瞭解不同熱力狀態的空氣熵值變化，乃根據 NASA Glenn 發表的係數設計出一個實用的試算表，用以計算不同溫度與壓力條件下的空氣熵值變化。至於後續的功能擴充，則正朝向在此試算表內加入更多的化學物種與性質項目邁進。

ND32-11210195

## 應用 DoDAF 框架快速建立 UAV 作戰架構與系統架構

劉中字

美國防部架構框架(Department of Defense Architecture Framework, DoDAF)是一種國防企業架構，係由美國國防部製定的一套國防領域總體性、全面性的框架與概念模型，以使國防架構開發具有參考與指導；並促使複雜的系統與任務能夠藉由架構描述來整合與管理。在 DoDAF 基礎上，能夠讓三軍在一致的架構規範下進行溝通、比較及相互關聯，並藉此建立分析的基礎，以供各級管理人員做出關鍵性的決策及更好的聯合與整合。現今國防任務複雜且戰場變化迅速，如何快速地規劃作戰架構與系統架構對作戰軍官與技勤軍官而言都是艱巨的挑戰。本文應用 DoDAF 架構元素的關聯性，提出以資料為中心的架構觀點來發展架構，架構工作的重點放在基於 DoDAF 元模型(DoDAF meta-model, DM2)的架構資料結構的創建和使用上。本文針對 DoDAF OV、SV 模板及觀點中的架構資料建立初始結構，根據 DM2 概念、關聯和屬性定義，再將這初始結構推導至海軍無人機作戰的戰場單元作業結構及系統單元執行結構，使得架構發展具有邏輯推導的追蹤脈絡。最後，本文實現了海軍無人機作戰架構與系統架構的案例實作，具有架構快速發展的參考價值。

ND32-11210196

## 戰時機場跑道緊急搶修技術與材料之研發

李韋皞 蔡營寬 陳建今 高得崑 徐正軒

機場跑道為空軍戰力賴以發揮之基礎，戰時勢必將成為敵方攻擊之首要目標之一。目前的機場道面搶修技術中，具備強度時效長、修復方式複雜、施工作業時間長、施工機械設備要求高等問題。無機聚合物材料具早期强度高、耐酸鹼及可常溫製備等等優點，具備發展為戰時機場跑道緊急搶修材料之潛力。本研究探討高早強無機聚合物修補材料之基本工作性能、機械強度與其實際修補試體之修補成效，並與市售高早強快速修補材料進行性能比較。根據實驗成果顯示高早強無機聚合物材料其強度發展之速度明顯優於市售高早強修補材料，當其養護 4 小時，抗壓強度及抗彎強度分別可達 34MPa 及 4.9MPa；此外，當其養護 28 天後，抗壓強度及抗彎強度分別可達 69MPa 及 10MPa。此外，將高早強無機聚合物修補材料應用於水泥基材修補時，其針對水泥基材之修補性能與市售高早強修補材料具相同之效果。綜合本研究之成果顯示，高早強無機聚合物材料具備作為緊急搶修材料之發展潛力。

ND32-11210197

## 利用自發性地理資訊數據之分析研究

蔡明達 侯品瑜 曾冠文

隨著智慧型手機與網際網路使用頻率的提升，讓許多社群媒體平台成為風潮，用戶可以在特定時空環境下，對於地點或事件的描述，經由社群媒體平台進行分享，其中可以透過手機本身的定位系統加入地理標籤、打卡等地理資料，即為一種自發性地理資訊(Volunteered Geographic Information, VGI)。本研究運用爬蟲程式蒐集 Flickr、Instagram 等社群媒體打卡資料及照片，並且透過 ImageAI 模組來協助照片分析，另依據桃園市政府觀光旅遊局行政資訊網公務統計資料作為統計根據，探討社群媒體專頁上熱門景點的空間分布特性、族群、季節等。分



析之內容可提供投資客分析觀光商機、旅客挑選適合之觀光景點或政府地方單位執行觀光相關規劃，藉以節省每年政府統計觀光相關之經費。

研究發現 Instagram 上最受歡迎的旅遊地點為埔心牧場和大溪老街，而 Flickr 則為石門水庫和永安漁港，與觀光局統計最熱門地點有相似之處，且 2021 至 2022 年資料數據均為成長趨勢，從中也發現染疫人數上升時，打卡數會下降，可知疫情對觀光產生負面影響。

ND32-11210198

### 開發可適用於具髌膝主動式輔助下肢型外骨骼之仿生腿測試平台

藍建武 吳金典 唐瑀 羅民芳 任國光

本研究提出了一套可適用於具髌膝主動式輔助下肢型外骨骼之仿生腿測試平台，該測試平台可提供評估背部荷重後外骨骼於髌部輔助負載變化之能力。平台開發主要透過設計具可變角度之腰足聯動髌部機構、以及開發測試平台於腰傾角度變化下之深蹲運動控制等兩階段來實現。此外，並進而利用具備所完成性能評估機構之測試平台進行實驗，使待測外骨骼裝置可於穿戴至測試平台後，進行於不同腰傾角度變化實驗條件下之荷重深蹲測試動作，並紀錄過程中之運動軌跡、速度與負載電流，以作為後續性能分析與評估之依據。最後，本研究對實際操作平台所紀錄之角度、轉速與電流變化數據進行分析，以驗證所開發平台對外骨骼穿戴後分析裝置輔助性能之可行性。

ND32-11210199

### 2017 年冬季南海蒸發導管個案模擬研究

喬孟聆 侯昭平

電磁波在大氣環境中會受到通過之介質物理性質變化而改變傳遞的路徑，並影響通信及雷達裝備的效能，因此此類電磁波路徑改變的現象，對於通信及雷達技術研究十分重要。而大氣環境有利於增加電磁波傳遞距離的情形，即為大氣導管現象，對於判斷導管的方式則是運用大氣折射率在大氣層垂直變化來計算與判斷。由於電磁波在導管中，會被受到導管的侷限，使其不易衰減並因此能傳遞至更遠的距離，因此軍事應用上十分重要。在各種導管現象中，尤以水域上常發生的蒸發導管最具有研究價值，因其發生頻率高且近似常駐，在前人的研究中運用 Monin-Obukhov 近似理論發展數種蒸發導管模式，並用以推算海面上蒸發導管，後續可用以調整無線電及雷達的參數設定。

本研究利用 2017 年南海季風雙島實驗計畫(South China Sea Two-Island Monsoon Experiment, SCSTIMX)中，東沙島、太平島及海研一號高解析探空觀測資料，以 WRF 數值模式模擬結果計算出蒸發導管高度分布情形並分析蒸發導管形成過程，發現蒸發導管發生高度模擬結果低於觀測資料。而模擬過程中發現蒸發導管發生高度與水氣多寡及風速大小有關，在水氣少的環境，因其低層大氣環境混和均勻，相對濕度在垂直空間的變化範圍較小，高低層大氣修正後折射率差距也小，容易在低層發生蒸發導管；而水氣多的環境則易因強風導致相對濕度在垂直空間的變化範圍較大，蒸發導管發生高度也較高。

ND32-11210200

### 北台灣複雜地形對梅雨鋒面誘發強降雨之個案模擬研究

徐品安 侯昭平

2022 年 5 月 31 日在梅雨鋒面影響下，北台灣地區上午 10 時開始有持續性強對流發展，直至晚間 19 時才逐漸減緩；TAHOPE (Taiwan-Area Heavy rain Observation and Prediction Experiment) 當日啟動整合觀測規劃，對此個案進行密集觀測。透過當日 0000 UTC 至 0600 UTC 地面天氣圖、斜溫圖及 TAHOPE 密集觀測實驗獲得之數據分析顯示，0000UTC 板橋探空顯示各空層風向均為西南風，CAPE 值達  $2,331\text{m}^2\text{s}^2$ ，綜合觀測數據，顯示北台灣地區，確實有利強對流系統生成。初步模擬研究發現，北台灣對流不但有向東北移動及發展之勢，梅雨鋒面接近，所產生之西南風在臺灣東部外海形成輻合現象，進而激發東部外海之對流雲系，隨後對流雲系隨鋒面逐漸北抬，改變北部地區地面風場，在台北盆地形成局部環流現象，造成北台灣地區對流雲系發展情形。在相對較暖且濕的大尺度環境下，沿著淡水河與基隆河河谷富有水氣的海風在台北盆地輻合，進一步提供了對流發展的有利環境。

ND32-11210201

### 碳纖維混凝土於高應變率荷載之力學行為研究

李有豐 蔡營寬 徐培耀

混凝土結構經常受到動態荷載的破壞，如車輛在剛性路面或橋梁伸縮縫的反復衝擊加載、地震力、化工廠的爆炸、軍事要塞的火砲和導彈襲擊。因此，於混凝土中加入不同長度與添加量之碳纖維鋼筋混凝土抵抗衝擊波載荷。本研究利用分離式霍普金森壓桿(SHPB)針對碳纖維混凝土進行試驗以了解該材料在高應變率( $10^2\sim 10^4\text{ s}^{-1}$ )下之力學行為與其材料組成律。在進行試驗時規劃以高速攝影機記錄試體的破壞行為，並記錄各組試體撞擊過程的試體破壞狀況。研究成果作為後續碳纖維混凝土應用於軍事工程的依據。

ND32-11210202

### 運用色彩模型轉換於衛星影像調色之研究

吳憲珉 陳惠如 宋欣芳

影像調色係透過數學模型理論基礎，調整各波段像元灰階值，以提高影像對使用者之可讀性，同時藉多幅影像同步調色技術，達到大範圍影像的色調均衡，便於使用者全區域判讀及後續之印刷產製。色彩模型依理論基礎差異，可分為多種應用之適用模型；而直方圖匹配技術主要用於多幅影像相互間調整。本研究利用直方圖匹配技術及 RGB 與 Lab 色彩模型進行影像調色，同時採用遞迴迭代以期完善最終影像成果，透過參考閾值設定，以回歸分析方法計算過程中之色彩差異，最後利用定性及定量分析探討調色後成果。

研究結果表明，使用色彩模型的轉換方法可以更有效地調整衛星影像的色彩，並提高影像的可讀性和品質。研究成果可以為遙感影像處理提供有用的參考，特別是在衛星影像的調色和後續分析中。透過色彩模型轉換方法的應用，可以更加有效地處理衛星影像的顏色，提高影像的品質和準確性，進而應用於各種應用領域，例如環境監測、農業、城市規劃等。

ND32-11210203

### 仿人直膝式行走可變形機器人之技術整合與研究開發

江明勳 石大明

本研究旨在將人類特有的直膝式行走化為理論模型，再將模型導入四足機器人。因四足機器人較雙足人形機器人有較高的穩定性，故較易於驗證直膝行走之能量效率。模型妥善運用機

器人領域常見之伸縮倒單擺模型(Linear inverted pendulum model, LIPM)，使屈膝行走成為直膝行走之特例。合併兩種行走方式成為一種模型，其好處在更易於應付未來更複雜之地形環境。搭配 IMU 感測訊號、足部觸覺，並善用馬達可 360 度旋轉之特性，使機器人能正反兩面運作。在摔倒翻覆後可以任意面起身，省去翻身所需時間與空間。載具硬體發展成熟之後，加入環境感知相關之感測器與 AI，進而提高載具應用價值。

ND32-11210204

### 無人自走車 SLAM 地圖導航與繪製

劉權益 石大明 江明勳

本研究主要在利用 Raspberry pi 4 進行軟體開發並安裝 Ubuntu 18.04 Bionic 加上 ROS 虛擬機器人操作系統(Robot Operating System) 做為自走車的主開發架構，再利用阿克曼轉向結構機器人(NANOCAR)作為硬體載台，並且藉由完整的 ROS 功能包與編碼器、IMU、CSI 鏡頭、雷射 Lidar 整合後，實現機器人進行 SLAM 定位演算法(Simultaneous Localization and Mapping) 自動繪製並建構地圖以及生成提供機器人移動的完整路徑規劃。更可應用於 ROS 多機開發、OpenCV 機器人視覺。透過 Nanocar 雷射雷達構建地圖時，地圖精度可達 2cm 等級，可動態掃描周圍環境以精準計算定位機器人所在位置。

## 第 32 屆國防科技學術研討會

## 收錄論文編號

編	號	篇	名
ND32-11210001		單攝影機三維街景影像重建之研究	
ND32-11210002		適應性變形區塊深度估測技術研究	
ND32-11210003		輪型甲車動力系統即時性能診斷技術開發與品管模型建立	
ND32-11210004		渦輪風扇發動機裝機推力計算程式之開發	
ND32-11210005		離岸風機陣列對特定空域之飛航安全探討與分析	
ND32-11210006		運用數值模擬技術解析 3900 噸級船艦之雷達反射截面積	
ND32-11210007		輕型甲車車體之正交模態分析	
ND32-11210008		應用田口法於次音速飛機機翼的渦流產生器	
ND32-11210009		頻率不穩定性對高能微波系統作戰效果之影響	
ND32-11210010		AI 人臉辨識配合無人機心戰喊話之初探	
ND32-11210011		表面工程技術鈍化鈣鈦礦量子點材料開發	
ND32-11210012		微型無人飛機複合材料機翼製作之研究	
ND32-11210013		定翼無人機對地面目標物之 影像追蹤演算法及模擬技術開發	
ND32-11210014		可用於雷達系統之反竄改技術研析與電路設計	
ND32-11210015		Y2O3-MgO 奈米複合光學陶瓷材料研製	
ND32-11210016		載具傳動介面安裝輔助監管暨系統安全檢測開發研究	
ND32-11210017		應用於數位波束合成雷達系統之低仰角雜波與多路徑干擾抑制演算法則研析	
ND32-11210018		智慧墊圈組與螺栓之緊固狀態監測系統之設計與實現	
ND32-11210019		利用水熱法技術開發端羥基聚異戊二烯技術研究	
ND32-11210020		卡爾曼法估測國造八級黑藥燃速	
ND32-11210021		國造二 0 電底火之電阻調配	
ND32-11210022		含活性金屬燃料之壓裝彈頭鈍感及燒夷特性之研究	
ND32-11210023		AP 超臨界細粒化及鈉鉀離子分離技術開發-連續式模擬移動床純化過氧酸銨之研究	
ND32-11210024		AP 超臨界細粒化及鈉鉀離子分離技術開發-過氧酸銨超臨界細粒化技術開發	
ND32-11210025		各口徑底火暨發射藥傳火鏈模擬系統開發	
ND32-11210026		高頻微波光子晶片分析、設計與研製(3/3) 高速半導體調變器與光偵測器整合光放大器的設計與檢測	
ND32-11210027		核心與應用安全技術研究(2/3)	
ND32-11210028		F16 智能空戰近戰纏鬥之研究	
ND32-11210029		硼富燃料推進劑之二次燃燒流場特性研究	

ND32-11210030	複雜外型高空域稀薄流計算模擬技術(1/3)
ND32-11210031	星群軌道導控設計
ND32-11210032	煤油基燃料精進及新型推進器技術研究(2/3)
ND32-11210033	氮化矽凝膠注模成型技術開發
ND32-11210034	Web 3.0 中的零信任架構
ND32-11210035	飛行載具內置彈艙之流場分析、降噪機構設計與幾何最佳化之研究
ND32-11210036	含三氟乙酸保護層之鋁奈米顆粒研製及鋁/氧化銅奈米鋁熱劑應用
ND32-11210037	高逼真度工程創新設計技術開發(I)：吸氣式推進系統自主模擬技術開發與實驗測試平台先導研究(2/2)
ND32-11210038	武器系統關鍵裝備之狀態分析與後勤支援整合設計
ND32-11210039	高增益陣列天線系統設計與三維物體電波反射值研究
ND32-11210040	四輪獨立驅動電動車主動容錯扭力向量控制
ND32-11210041	光學干涉型之光纖式水聽器的模擬與驗證
ND32-11210042	錨碇式水下監偵與即時定位通訊整合技術開發(2/3)
ND32-11210043	應用壓力螢光感測塗料於低速風洞量測 NACA 0012 機翼表面壓力與氣動力係數分析
ND32-11210044	應用於高取樣率主動式雷達收發機之無預置鑑別資料庫目標辨識演算法則研析與實現
ND32-11210045	渦輪盤 Udimet 720Li 超合金的鍛造製程及高溫機械性能研究
ND32-11210046	電離層越地平雷達先導試驗系統的建立(1/3)
ND32-11210047	一體成型葉輪失諧葉片特性量測技術開發及阻尼器設計優化研究(1/2)
ND32-11210048	熱塑性推進劑技術開發
ND32-11210049	船艦舷窗 ITO 玻璃結構層之電磁脈衝防護量測
ND32-11210050	應用於高解析度距離輪廓雷達自動目標分類之後設學習演算法電路與硬體開發設計
ND32-11210051	運用人工智慧技術導入馬達預測維護診斷之研究
ND32-11210052	三級同步啟動發電機系統建模
ND32-11210053	基於立方衛星載台之星際通訊在軌測試
ND32-11210054	縮尺寸短纖碳/碳複材製作技術研究
ND32-11210055	全球導航衛星系統可控場形抗干擾天線技術研究
ND32-11210056	復進機運動分析與驗證
ND32-11210057	微型化且具寬帶吸收的水下迷宮型吸音超穎材料
ND32-11210058	渦輪機械之穿音速穿流程式開發
ND32-11210059	表面改質複合型隔離膜兼具高安全性和高電化學性能應用在鋰離子電池
ND32-11210060	新世代熱防護材料開發_利用大氣電漿熱噴塗技術製備碳化矽塗層
ND32-11210061	數位陣列天線系統之匹配地形效應的場型補償技術(1/2)
ND32-11210062	毫米波頻段之晶圓上 TRL 校準與碳化矽基板被動元件之量測
ND32-11210063	智慧型主動式孤島偵測法分析與模擬
ND32-11210064	自動化物聯網裝置搜尋及漏洞檢測平台

ND32-11210065	超高分子量聚乙烯材料合成之研究
ND32-11210066	新世代熱防護材料開發-金屬陶瓷玻璃塗層應用於航太載具外層之熱保護系統
ND32-11210067	微波頻段矽光子晶片通用元件設計套件開發
ND32-11210068	高發熱主被動相列雷達之高效散熱研究案(2/2)
ND32-11210069	DOA Estimation via the Ratio of Sum and Difference Patterns for Linear Equally Spaced Antenna Arrays
ND32-11210070	Geolocation of Targets via Time Difference and DOA for MIMO Radars
ND32-11210071	結合慢波傳輸線和複合式左右手傳輸線的縮小型威爾金森巴倫
ND32-11210072	具有低逆向導通損耗之常關式氮化鋁鎵/氮化鎵高電子遷移率電晶體
ND32-11210073	船艦紅外線訊跡模擬分析與量測研究
ND32-11210074	水面艦船磁訊跡數值模擬分析比較
ND32-11210075	戰機多控制面之分配律設計 (2/2)
ND32-11210076	新一代戰機環境控制系統動態程式開發
ND32-11210077	水際裝置於潮間帶與波浪互制之數值模擬
ND32-11210078	應用於極端環境之鋰電池電解液熱力學性質：DFT/COSMO-RS 輔助資料庫之建立
ND32-11210079	強化資通電軍通資站臺電磁脈衝及結構安全防護之研究
ND32-11210080	一種新型四驅動馬達電動車輛之最佳控制策略
ND32-11210081	空對地低速目標檢測陣列訊號處理開發平台
ND32-11210082	使用 Aspen Plus 模擬連續式反應器之 HTTB 自由基聚合製程
ND32-11210083	超燃衝壓引擎駐焰機構設計尋優與燃燒流場特性研究(3/3)
ND32-11210084	一個高速單通道十位元每秒取樣三億次取樣的次區間架構之連續漸進式類比至數位轉換器
ND32-11210085	基於熵值權重法的多層扇形叢集架構之無線感測網路節能機制設計
ND32-11210086	高頻氮化鋁鎵/氮化鎵高電子遷移率電晶體之模擬優化
ND32-11210087	不同表面氧化處理對於氮化鎵高電子遷移率電晶體之影響
ND32-11210088	矽光子之光纖陀螺儀慣性量測模組
ND32-11210089	新式熱電池材料及技術探討
ND32-11210090	應用鈦六鋁四鈮多孔性結構的蒸散式冷卻技術
ND32-11210091	新世代熱防護材料開發_適形熱防護材料開發
ND32-11210092	自動化海氣象浮標加裝水聲量測與海面影像系統建立暨即時回傳研發
ND32-11210093	水中角錐吸音結構之設計及應用於水下高頻噪音控制
ND32-11210094	2D 元宇宙國軍數位學習平台之虛擬助教
ND32-11210095	XT111 下節套長纖複材製備與射出技術開發
ND32-11210097	新世代熱防護材料開發：冷噴塗技術製備抗高溫防護塗層之開發
ND32-11210098	極超音速環境高溫熱防護材料熱衝循環數值模擬分析與驗證技術開發：極超音速火焰熱防護材料測試模擬技術
ND32-11210099	FPV 穿越機在軍用自殺式無人機上的應用研究

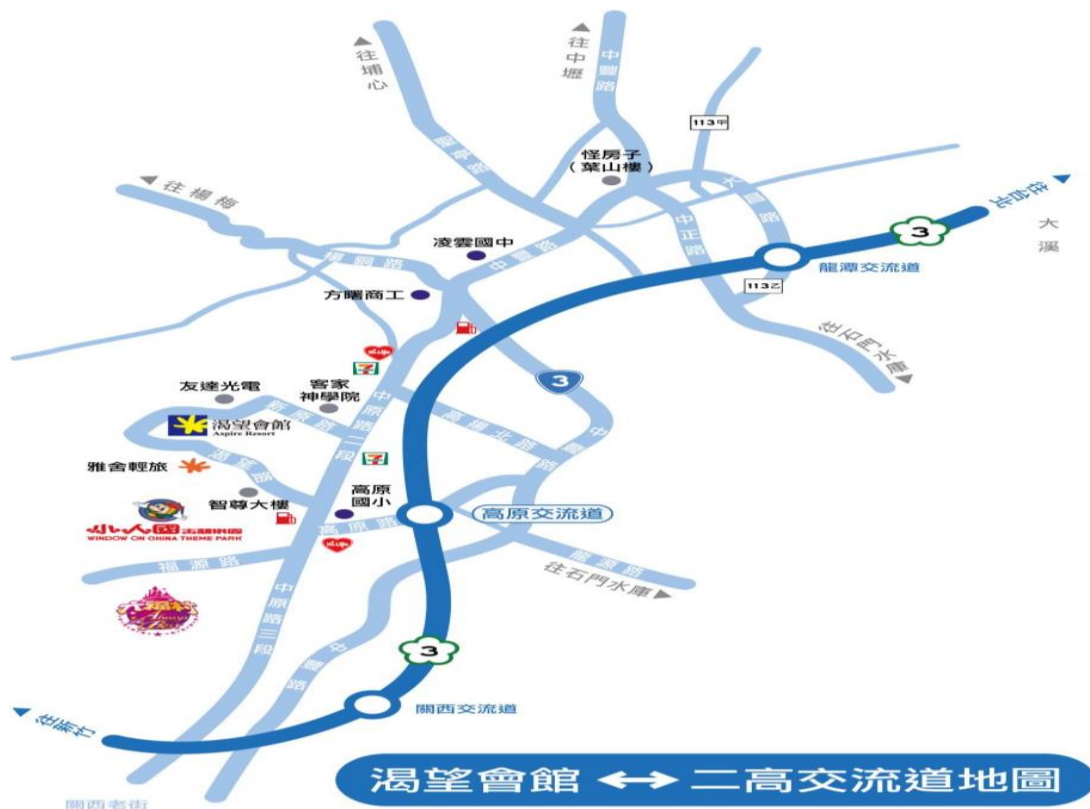
ND32-11210100	在 Wi-Fi 無線網路中，以被動方式辨識資源侷限之物聯網裝置
ND32-11210101	寬頻收發模組與天線陣列設計及研究
ND32-11210102	水際裝置螺旋傳輸布放機構之結構力學數值模擬分析
ND32-11210103	具非線性液氣式懸吊系統八輪甲車之半主動懸吊控制
ND32-11210104	利用衛星資料及深度神經網路反演海面風場及浪高
ND32-11210105	非侵入性生理參數預測軍事人員最大能量代謝
ND32-11210106	扭力測試平台之扭力與電流值關係探討
ND32-11210107	水下音傳之通道脈衝響應模式建立與驗證(2/3)
ND32-11210108	小波輔助的圖像融合
ND32-11210109	新型 12.7mm 機槍全槍機構整合設計之研究
ND32-11210110	艦艇海域測試場之海洋及音響參數調查與資料庫建立
ND32-11210111	應用頭部鈍傷標準評估軍用頭盔防護性能
ND32-11210112	高性能含氟矽奈米防汙塗料 (2/2)
ND32-11210113	可攜式航空載具自動化監控系統開發之研究
ND32-11210114	用於卷積神經網路之區塊粒度管線化硬體加速器架構與實現
ND32-11210115	應用有限元素模擬不同複合式疊層結構對於抗爆性能影響
ND32-11210116	複合泡沫金屬混合孔徑壓縮機械性能分析
ND32-11210117	非破壞性空間科學技術應用於 橋梁檢測之研究
ND32-11210118	低軌道高通量(High-Throughput Satellite)衛星通訊系統基頻研究
ND32-11210119	增強戰機火災預警功能之奈米複合結構氣體感測器
ND32-11210120	同質磊晶於高溫高壓與化學氣相沉積(100)單晶鑽石基板之比較研究
ND32-11210121	鐵磁流體之錐體陣列對於雷達波屏蔽效能研究
ND32-11210122	高安全性、高導離度膠態高分子電解質開發
ND32-11210123	量子密鑰分發系統之技術分析與建立
ND32-11210124	國軍空勤人員於低壓艙訓練前生理指標與有效意識時間之統計關聯性分析
ND32-11210125	自動滅火系統滅火效能模擬分析-以某車型 A 艙室為例
ND32-11210126	抑制鋁腐蝕之高電壓碳酸酯局部高濃度電解液應用於無陽極鋰金屬電池
ND32-11210127	120 公厘後裝填迫砲彈之進彈定位機構設計與分析
ND32-11210128	發射藥藥型尺寸及包面滲透之研究
ND32-11210129	自主小型旋翼無人飛行載具之輕量化單目深度估測技術
ND32-11210130	一種基於紋理分析與關聯規則的新型空間域的圖像浮水印
ND32-11210131	開發適用不同應用情境的次世代高能量高安全鋰/鋰離子混成電池
ND32-11210132	可調控鋰金屬/鋰離子混成負極開發
ND32-11210133	可燃性藥筒材料老化暨防水性研究
ND32-11210134	迫砲易燃性裝藥材料安定性研究
ND32-11210135	不同添加劑對於離子液體-醚複合電解質對於無陽極鋰金屬電池之影響
ND32-11210136	應用二維定位條碼結合多軸機械手臂實現目標夾取控制
ND32-11210137	複材 3D 編織防護頭盔製程及材料技術開發(2/3)
ND32-11210138	3D 列印發射藥製程及配方開發

ND32-11210139	MR 混合實境頭戴式顯示器應用於裝備保養與檢查之建置
ND32-11210140	研發單兵可攜式戰場三維空間資訊量測系統
ND32-11210141	大腦健訓室-飛行員專用認知功能評估工具
ND32-11210142	空軍新型教練機編成轉換訓練之人因工程輔助系統研究
ND32-11210143	利用實驗設計優化多孔隙泡沫鋼之吸聲性能
ND32-11210144	運用實驗設計法探討多孔隙泡沫金屬之抗衝擊及降噪性能研究
ND32-11210145	基於理想朗肯循環之蒸汽電力系統性能分析試算表設計
ND32-11210146	槍管電鍍鎳硼技術開發之研究
ND32-11210147	麥克納姆輪無人載具負載量測系統之規劃與應用
ND32-11210148	應用於戰場環境監控之三角積分類比數位轉換器研製
ND32-11210149	大容量長效型高鎳陰極開發
ND32-11210150	極低光源環境之多重訊息整合之視覺增強系統
ND32-11210151	智慧型夜間觀測人體追蹤演算法
ND32-11210152	內部不可逆性對朗肯循環蒸汽動力系統性能之影響探討
ND32-11210153	搜尋渦輪噴射發動機性能模擬所需效能指數之最低工藝水準
ND32-11210154	美軍最新的台海無人機群戰術分析
ND32-11210155	以基因演算法進行具多障礙之最佳路徑規劃之研究
ND32-11210156	以人工智慧的地形比對技術應用於水下定位之研究
ND32-11210157	太空環境對導航、通訊影響
ND32-11210158	利用 Arduino 機板組建的裝置追蹤觀察生物行為實驗
ND32-11210159	利用生物酵素進行廢食用油轉酯製造生質柴油的影響參數實驗探討
ND32-11210160	船舶艙間流場數值模擬及散熱效應分析
ND32-11210161	基於相對穩定理論的無人機群飛系統的最佳控制器設計
ND32-11210162	臺灣周邊海域內波模擬預報
ND32-11210163	海洋邊界層物理機制與大氣導管高度分布之研究(3/3)
ND32-11210164	國軍作戰模擬資料整合及各類武器火點參數建置之研究
ND32-11210165	無人機集群平穩飛行控制之研究
ND32-11210166	創新遺傳演算法
ND32-11210167	2022 年 5 月 16 日梅雨滯留鋒面影響臺灣之中尺度天氣系統模擬
ND32-11210168	東北季風條件下蘭陽平原邊界層特性個案模擬研究
ND32-11210169	雷擊預警自動化平台建置
ND32-11210170	從熱帶低壓擾動淺談 2023 年 9 月 10 日嘉義地區暴洪事件之天氣分析
ND32-11210171	於系統工程方法之水下滑翔機構型設計與開發
ND32-11210172	無 KDC 之金鑰分配方式
ND32-11210173	以人工智慧導入 SDN 網路編排管理與安全檢測之研究
ND32-11210174	多元作戰體系之自適應性異質網路與智慧安全技術研究
ND32-11210175	2021 年 6 月 6 日梅雨滯留鋒面影響臺灣西南部地區之中尺度天氣系統模擬
ND32-11210176	主動防禦系統之低附帶損傷攔截措施研究
ND32-11210177	聚脲高分子材料製程及機械性能測試



ND32-11210178	應用立方衛星進行訊號觀察之模擬分析研究
ND32-11210179	複合導電混凝土之配製及其基本力學性質
ND32-11210180	水下模訓戰場環境建置作業研究- 台灣地區海域特性水下作戰需求之分析
ND32-11210181	艦載無人飛行載具之抗干擾無線精準定位系統
ND32-11210182	各式炸彈對機場道面戰損評估
ND32-11210183	利用紅外線感知技術實現無人化運輸載具避障與偵查功能
ND32-11210184	基於 LoRa 技術建置物聯網安全傳輸智慧停車監控模型
ND32-11210185	導入 5G 通訊強化 AIOT 韌體更新安全防護機制—以智慧門鎖為例
ND32-11210186	利用 PID 控制理論實現無人化運輸載具循跡功能
ND32-11210187	以 OODA 框架建置 3D 列印之虛實整合生產系統
ND32-11210188	Suboff AFF-8 在不同網格型態下之阻力分析驗證
ND32-11210189	融合循跡與避障功能實現智慧型軍用無人運輸載具自駕系統
ND32-11210190	磁流體推進器推進流場模擬分析
ND32-11210191	小型水面雙體船導航系統動態測試之研究
ND32-11210192	海上自主導航無人機起降平台設計
ND32-11210193	小型陸用載具電動力傳動系統匹配與調校
ND32-11210194	發動機燃燒室性能分析之精確空氣性質試算表設計
ND32-11210195	應用 DoDAF 框架快速建立 UAV 作戰架構與系統架構
ND32-11210196	戰時機場跑道緊急搶修技術與材料之研發
ND32-11210197	利用自發性地理資訊數據之分析研究
ND32-11210198	開發可適用於具髌膝主動式輔助下肢型外骨骼之仿生腿測試平台
ND32-11210199	2017 年冬季南海蒸發導管個案模擬研究
ND32-11210200	北台灣複雜地形對梅雨鋒面誘發強降雨之個案模擬研究
ND32-11210201	碳纖維混凝土於高應變率荷載之力學行為研究
ND32-11210202	運用色彩模型轉換於衛星影像調色之研究
ND32-11210203	仿人直膝式行走可變形機器人之技術整合與研究開發
ND32-11210204	無人自走車 SLAM 地圖導航與繪製

## 渴望會館交通路線圖



### 1、自行開車：

#### (1)由北往南：

- **北二高(國道三號)**：自國道三號南下至龍潭交流道下，循渴望園區指標行進，自高原交流道約 3 分鐘即可抵達渴望會館。
- **中山高(國道一號)**：從大台北地區往南，於機場系統交流道接二號國道往八德/鶯歌方向行進，而後可接北二高(國道三號)往大溪方向南下，至高原交流道下，循渴望園區指標行進，即可抵達龍潭渴望園區。
- **省道台三號**：由新店、土城、三峽，北往南可聯結大溪、員樹林到龍潭，過國軍桃園總醫院後，於龍潭市區循小人國、渴望園區指標行進即可抵達渴望會館。

#### (2)由南往北：

- **北二高(國道三號)**：可從高原交流道下，循渴望園區指標行進，自高原交流道約 3 分鐘即可抵達渴望會館。
- **中山高(國道一號)**：於新竹系統交流道接北二高往北，從高原交流道下，循渴望園區指標行進，自高原交流道約 3 分鐘即可抵達渴望會館。
- **省道台三號**：由竹東、芎林、關西往北，到達龍潭循小人國、六福村指標行進即可抵達渴望會館。

### 2、搭乘大眾運輸工具：

搭乘鐵路運輸系統於中壢站下車，換搭乘桃園公車 5653 號(中壢→六福村、小人國公車)至龍潭渴望園區大門口下車即可。

## 筆記紙

## 筆記紙