



# 海軍資通指管系統備援手段研析

Analysis of Backup Measures for Naval Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (C4ISR) Systems.

著者／武芷芸、陳冠齊 Wu, Chih-Yun、Chen, Kuan-Qi

武芷芸 現職 海軍一二四艦隊作訓官

陳冠齊 現職 國防大學海軍學院中校教官

## 壹、前言

112 年度國防報告書提到為強化通資指管系統韌性，以利戰場指揮管制的暢通無虞，國軍正在積極統合指管通資及網路系統，並運用有線、無線電及衛星等多樣化通信手段。此外，結合民間的資源和技術能量，國軍正在籌建多重複式的備援能力，以此提升聯戰指管的效能與韌性。<sup>1</sup> 這種多元化和綜合性的策略不僅提高了系統的冗餘性，也為應對各種突發狀況提供了更多靈活的選擇。

本研究將深入探討海軍現行使用的資通指管系統，包括無線電通信裝備、數據鏈

路和共同圖像系統等裝備使用現況。透過分析系統失效的不同情景，包括遭受攻擊導致的裝備損壞、頻寬不足的挑戰以及技術發展的限制因素，針對這些挑戰予以綜合分析及芻議。此外，軍事通信結合行動網路發展、無人機支援通訊中繼和民用通信設施 - 漁業通訊電臺提升指管系統備援能力亦納入探討範圍，以適應快速變化的戰場環境。

## 貳、海軍現行資通指管系統介紹

現就國軍艦艇使用之通訊指管裝備，主要包含無線電通信裝備、戰術數據鏈路以

1 國防部，《中華民國 112 年國防報告書》，(臺北市：國防部，2023 年 9 月)，頁 79。

及共同圖像系統等，分述如後：

## 一、無線電通信裝備

無線電通信是艦艇與岸臺或其他備臺間最主要通信手段，利用無線電波傳輸電報、語音、數據、圖像資料，具有快速、機動等優點，缺點為傳送之訊息容易遭截獲、干擾與定位。

### (一) CS/PRC-37 特高頻跳頻無線電機

具有定明、定密、跳明、跳密四種通信模式、內建保密器模組、緊急記憶體清除功能、無線電注碼功能、EMI (Electromagnetic Interference) \ EMC (Electromagnetic Compatibility) \ EMP (Electromagnetic Pulse) 防護設計、GPS (Global Positioning System) 定位。配合需求可選擇人員背負、車(艦)載、中繼、長距離、長 / 短距離及長 / 長距離等通信機型運用，具抗干擾 / 偵測功能，可傳輸語音，亦具備 GPS 定位資料接收傳輸功能。其通聯距離一selected功率大小、安裝天線形式不同而有所差異，最遠可達 50 公里。適用於 VHF 頻段，<sup>2</sup> 目前

我國軍使用頻段為 30~87.975MHZ。

### (二) RT-7000 高頻數據通信系統

RT-7000 高頻數據通信系統在戰時主要用來聯繫岸臺與各單位，可以傳達兵力調度、作戰指揮、情報傳遞與災害防救等任務指示，除可以語音通話外，也可收發電子郵件、圖文傳真與數位電子檔案交換等，具部分抗干擾能力。這套系統包括多項設備，如高頻收發機、液晶顯示器、無線電與電話介面器、傳真機、抑制干擾分離器、網管電腦主機、天線與天線耦合器等。<sup>3</sup>

### (三) 維星系統

維星系統係中科院於民國 100 年配合衛星壽期更新，研製第 2 代國軍衛星通信系統，可提供高品質的語音、數據、視訊等功能。我國自民國 80 年代初期，由中科院先期研究衛星技術，直到民國 87 年，「中新一號」同步軌道衛星升空，開啟我國自主衛星通信系統的新紀元，衛星通信大幅突破地形與距離限制，為指揮官提供更完整的戰場即時資訊。<sup>4</sup> 民國 104 年啟

2 國家中山科學研究院，〈產品介紹 > 通訊系統 > 特高頻跳頻無線電機〉，刊登日期：2024 年 1 月 5 日，[https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product\\_id=27&catalog=11](https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_id=27&catalog=11)，檢索日期：2023 年 12 月 29 日。

3 自由時報，〈小檔案 / RT-7000 高頻數據通信系統〉，刊登日期：2009 年 12 月 11 日，<https://news.ltn.com.tw/news/focus/paper/357861>，檢索日期：2023 年 12 月 29 日。

4 yahoo 新聞，〈【武備巡禮】國造衛星通信車 聯戰利器〉，刊登日期：2020 年 5 月 4 日，<https://tw.news.yahoo.com/%E6%AD%A6%E5%82%99%E5%B7%A1%E7%A6%AE-%E5%9C%8B%E9%80%A0%E8%A1%9B%E6%98%9F%E9%80%9A%E>



動「蒼穹專案」，籌建遠程機動雷達車組，以達到機動、不對稱作戰目的，其組成包括飛彈發射車、射控指管車、維星車、通信中繼車等，運作方式先由機動雷達車組的天線裝備車、作業車搜索及整合水面目標，再運用微波車、搭載維星系統的衛星通信車之通信網路，提供高山、外島陣地與海上艦艇語音、數據及視訊的即時資訊，將海上目標傳送各作戰中心運用。

近年於數位微波系統與維星系統等新式通信裝備納入部隊服勤後，透過衛星通信系統及機動數位微波系統建置，可增加戰術區域通信系統鏈路路由，強化延伸節點（節點中心）之系統強度，並可提供作戰區（含）以下至營級（含）於各作戰時期快速機動部署之機動數位通資平台，有效提供資訊化、網路化並具保密性的通資鏈結與指管情傳手段，達成支援作戰任務之目標。<sup>5</sup>

#### （四）迅指系統

具備配合中繼數位式語音 / 數據通信系統特性功能以執行語音，通信機內嵌式硬體加密模組，構聯方式由無線電波連結到

中繼台，再由中繼台與站臺進行通信網路連線，達到全區無線網路通信。通信方式包括個別呼叫、群組呼叫、全區廣播呼叫、緊急呼叫、電話通聯與直接對講，系統裝備由 XTL2500 固定台通信機、通信主機、天線、麥克風、外接喇叭、GPS 顯控模組、GPS 天線、電源供應器、數據傳輸機等組成，數據傳輸率至少 9.6kbs。

#### 二、戰術數據鏈路

2003 年《美軍參謀首長聯席會議備忘錄》（2003 Joint Chiefs Of Staff Memorandum）將數據鏈路（Tactical Digital Information Link, TADIL）定義為「透過單一鏈路或多重鏈路介面，將兩個或兩個以上的指揮管制系統和武器鏈結在一起，是一種傳送標準化數字訊息的通信鏈路」。<sup>6</sup>TADIL 為美國國防部對數據鏈路之簡稱，Link 則是北約成員國與美國海軍對鏈路系統之簡稱，例如 11 號鏈路（以下稱 Link11）、16 鏈路（以下稱 Link16）。

數據鏈路是採用無線網路的通信系統結合通信協定，提供站台、載臺及各式

4%BF%A1%E8%BB%8A-%E8%81%AF%E6%88%B0%E5%88%A9%E5%99%A8-160000383.html，檢索日期：2023 年 12 月 30 日。

5 郭瀚中、李建鵬，《精進陸軍聯合兵種營野戰交換機指通力研究》，（陸軍通資半年刊第 136 期，2021 年 10 月），頁 26。

6 曾國政，《海軍建置「協同作戰能力」(CEC)之研究》，（海軍學術雙月刊，2022 年 12 月），頁 90。

武器系統間訊息交換之系統，以建立通同作戰圖像（Common Operational Picture, COP）。<sup>7</sup>經由數據鏈路，可使指揮官、作戰人員獲得更快、更準確、更完整之戰術資訊。

### （一）Link-16

Link-16 數據鏈路構連三軍的機動載臺，建構成綿密的數據鏈路網。目前主要指聯合戰術訊息分發系統（JTIDS）與多功能資訊分散系統（MIDS），具備監偵、空管、艦對艦通信、資料加密、通信範圍廣、語音加密、抗干擾、目標識別、導航、中繼等功能。<sup>8</sup>

利用數位信號傳輸、交換及時性之數據資料在各式武器系統間，以提供一套完整且一致性的敵情與狀況圖，給分散在戰場上各級指揮官運用，系統主要目標在強化由監偵系統到射擊系統之指管作業流程，提供更快、更準確、更完整之戰術資訊。<sup>9</sup>

### （二）Link-11

主要配備在具有戰鬥系統的艦艇，於地面設置 Link-11 地面高頻（HF）天線場來傳送資料，採用網路通信技術與標準訊息

格式進行數據交換，半雙工的網路具加密特性，可使用 HF 通信設備來傳遞空中 / 水面 / 水下 / 電戰等訊息，傳輸速率一般不高於 2.5kbps，具有保密傳輸與超視距能力，但抗干擾性的能力較差。<sup>10</sup>

## 三、共同圖像

國軍藉由先進戰術資料鏈路系統將指、管、通、資、情、監、偵做有效之建立與應用，提供決策者一個清晰、準確的戰場態勢，使其能基於當前狀況及訊息做出指揮決策。

### （一）聯成系統

系統概分為資料處理顯示、雷情摘取及通信網路等三大分系統，係以分散處理方式將各偵蒐單位所獲取之雷、截情資料，經初步處理、鑑別，透過系統通信網路傳送集中於中央電腦進行綜合處理、儲存、識別、關聯、編號與評估，再分發各建置聯成系統與迅安系統相關單位顯示使用。

雷達站將海域內掌握之水面目標彙整、分析比對與命名後，再由權責作戰中心將所獲情資廣播顯示於雷達站、雄二陣地之戰情顯示操控台，及作戰區共同作戰圖像

7 曾智修，《Link-16 戰術數據路同步時間源之研究》，（陸軍通資半年刊第 121 期，2014 年 4 月），頁 26。

8 鍾依伶，《海軍戰術數據鏈路運用之研究》，（海軍學術雙月刊，2013 年 12 月），頁 87。

9 同註 8，頁 86。

10 同註 8，頁 87-88。

上。作戰區確認共同圖像情資無誤後，依敵情、計畫排定或重選定攻擊目標，再由權責戰管單位運用聯成系統戰情顯示操控台及聯成指管信文下達攻擊命令。<sup>11</sup>

## (二) 迅安系統

運用 Link-16 為各軍種共同使用的一種戰術訊息傳輸系統，用於戰場情報監偵、電子戰、任務管理、武器協調、空中交通管制、導航及加密式語音通信等，提供戰場情報圖資，以格式化訊息傳輸指管命令，再輔以既有的指管手段，如無線電語音網路、衛星通信等以支援、協調任務兵力之作戰行動方案，協同執行戰場管理，完善「三軍聯合指管通情」能力。<sup>12</sup>

## 參、指管失能態樣與分析

### 一、遭受攻擊導致裝備受損

中共在兩次波灣戰爭的影響之下，其軍事戰略大幅轉變，強調「科技強兵、科技

表一：海軍艦艇通訊指管裝備彙整

類別	系統名稱	功能特點	頻帶
無線電通信裝備	CS/PRC-37特高頻跳頻無線電機	語音	VHF特高頻
	RT-7000高頻數據通信系統	語音、數據、檔案傳輸、傳真	HF高頻
	維星系統	語音、數據、視訊等	SHF極高頻
	迅指系統	語音、數據、檔案傳輸	HF高頻
戰術數據鏈路	Link-16	構連三軍的機動載臺，具備監偵、空管、艦對艦通信、資料加密、通信範圍廣、語音加密、抗干擾、目標識別、導航、中繼等功能。	UHF超高頻
	Link-11	主要配備在具有戰鬥系統的艦艇，於地面設置Link-11地面高頻(HF)天線場來傳送資料，採用網路通信技術與標準訊息格式進行數據交換，半雙工的網路具加密特性，可使用HF通信設備來傳遞空中/水面/水下/電戰等訊息。	HF高頻
共同圖像系統	聯成系統	檔案傳輸、戰場情報監偵、傳輸指管命令	UHF超高頻
	迅安系統	語音通信、戰場情報監偵、傳輸指管命令	HF/UHF高頻/超高頻

資料來源：本研究自行整理製作。

練兵、質量建軍」，轉向所謂的「打贏高科技條件下的局部戰爭」。<sup>13</sup> 網路戰、電子戰、資訊戰到高科技精準制導武器，如遠程火箭、飛彈攻擊、無人載具侵擾，乃至海底電纜的破壞遂成為對我國家安全最大威脅，除導致裝備受損，嚴重影響本軍作戰能力。

11 李德龍，《精進海上火力支援地面部隊作戰之研究》，(砲兵季刊，2017年11月)，頁50。

12 同註8，頁86，頁88。

13 劉廣華，《論中共犯台模式與我國因應之道》，(全球政治評論，2004年4月)，頁84。

### （一）網路戰與資訊戰

敵方透過網路入侵、病毒攻擊等手段破壞對手指管、通信、情報資訊和防禦機制等軍用網路系統，悄無聲息地破壞、癱瘓、控制敵政府部門到民間的網路系統，形塑另類不戰而屈人之兵的新戰場。例如，2022年8月，美國眾議院議長裴洛西（Nancy Pelosi）來台訪問期間，總統府和國防部等各大公、私部門網頁遭受網軍襲擊，攻擊總流量比平常暴增23倍，外交部及台電更分別被攻擊850萬次及500萬次，網站一度癱瘓，且台鐵和超商電子看板系統，更被駭客留下「老巫婆竄訪台灣」等汙辱性字眼，疑似來自中國大陸的APT27駭客組織聲稱掌握台灣20萬台連網設備，並公布財金資訊公司及台電核電平台部分原始碼，雖未釀成實際危害，但已造成民眾恐慌。<sup>14</sup>

### （二）電子戰

電子戰主要通過電磁波來干擾、欺騙或摧毀敵方電子設備，以獲取作戰優勢，包括對敵方雷達系統的干擾、通信系統的攔截和欺騙等，透過電子戰手段，敵方可有效削弱我方資通指管系統的效能，影響指

揮官的決策能力。

### （三）高科技精準制導武器與無人載具

俄烏戰爭期間，俄羅斯投入大量飛彈和無人機攻擊，造成烏克蘭至少30%的發電廠和水利基礎設施的破壞，導致能源嚴重短缺，關鍵基礎設施已成為軍事攻擊目標。透過飛彈及無人飛行載具攻擊能夠對我政經中心，指管通情中樞，以及軍事重要設施等關鍵目標，造成實體損害，直接影響作戰指揮和控制能力。

無人載具亦成為近年來的新興威脅，也是未來戰爭中不可或缺的重要因素，可集偵察、打擊能力於一體，對資通指管系統構成嚴重威脅。

### （四）海底電纜破壞

2023年2月2日，從馬祖東引連接新北市淡水的台馬2號海纜，被中國籍漁船勾斷；6天後，台馬3號海纜又因中國籍貨輪行經下錨而故障。互為備援系統的兩條台馬海纜，首度在極短時間內相繼遭破壞，導致馬祖對外通訊中斷。作為四面環海的島國，台灣無法藉陸纜外連他國，海纜成為與世界保持聯繫的關鍵要道。海纜一旦遭到破壞，不僅會影響軍事通信，

14 閱政治，〈網路戰爆發 台灣應如何反制〉，刊登日期：2022年8月17日，<https://www.readgov.com/10271/>，檢索日期：2024年2月12日。



還會對經濟造成巨大衝擊。美國華府智庫「新美國安全中心」CSNA 在 2021 年發布兵推報告指出，若臺海衝突爆發，國際海底纜線與登陸站很可能將是共軍首要攻擊的目標設施，意圖切斷台灣對外連網，<sup>15</sup> 造成資訊孤島，影響作戰能力甚鉅。

## 二、頻寬不足無法支應作戰運用

國軍目前通資平臺傳輸骨幹以資通電軍光纖固定站臺為主，並以機動性站臺如載微波機動車、無線電中繼臺、衛星系統及區域通信系統等為輔助通資備援，然上述通資平臺戰時易遭敵鎖定破壞，現有無線電波設備因傳波的方向性、機動中傳輸頻寬低及頻率資源等因素，使得國軍在作戰任務中失去即時傳輸能力而受限制。<sup>16</sup>

近來三軍各用戶資訊、視訊等電路需求量大增，以往支援電路以語音（總機）、資訊及專線 T1（1.544Mbps）型態電路為主，現因新式指管或專用系統建置，所需頻寬為 10Mbps 以上寬頻電路或是 VPN 專用網路，造成網路頻寬使用需求量大增，評估國軍早期建置的 SMOCS

（Synchronous Multiplex Optical Communication System, 環島光纖通信系統）系統，其系統頻寬僅為 OC-12（622.08Mbps），僅能同時支援約 60 條專用網路，明顯已不敷支援當前高速網路運用的環境。<sup>17</sup> 現階段國軍通資指管系統作業隨著各軍種新式建案裝備陸續籌補到位及增加，對於指管資訊傳遞的品質、流量及需求也隨之大增，現有國軍通信骨幹系統頻寬容量、電路交換能力已顯不足，無法確實滿足未來作戰所需。<sup>18</sup>

現代化戰爭朝向立體化、數位化及網狀化等複合作戰模式發展，行動通信系統從第一代演進至第五代，從原本語音發展迄今包含多媒體服務的各式應用，傳輸速度與數據流量日益提升，現階段民間企業投資的規模、速度及運用，遠比國防軍事的調整與反應快，且蘊藏大量即時更新的資通處理能力。<sup>19</sup> 2011 年 11 月 7 日至 10 日在美國的軍事通信會議（MILCOM）中提及，快速發展的商用標準和美國軍事無線電系統在峰值資料速率上的差距，

15 公視新聞網，〈水面下的臺海危機？海底電纜：中國灰色地帶戰略新章〉，刊登日期：2023 年 7 月 30 日，<https://news.pts.org.tw/projects/taiwan-submarine-cable/>，檢索日期：2024 年 2 月 12 日。

16 張堯銘，〈行動通信導入國軍通資平臺之初探〉，（陸軍通資半年刊，2021 年 10 月），頁 17。

17 李建鵬、高仲良，〈運用 5G 行動網路以強化國軍通信骨幹系統效能之研究〉，（國防管理學報，2023 年 5 月），頁 45。

18 同註 17，頁 46。

19 同註 17，頁 33。

於 2020 年民用行動通信系統速率（LTE，最高速率 1Gbps）將是美軍用通信系統（JTRS，最高速率 23Mbps）的 50 倍。<sup>20</sup>

對比民用行動通信科技，發現軍事通信龐大的資訊傳輸需求，可藉由民用行動通信的關鍵技術來加以解決，行動通信技術結合軍事運用，可成為提升海軍作戰指揮與控制系統通信頻寬的有效手段。

### 三、系統功能結合科技發展有限

資通指管系統的功能與科技發展的結合面臨著多重挑戰，以下是幾個原因分析：

#### （一）硬體升級和兼容性問題

各軍種所使用之各式通資電系統架構複雜，國軍通信骨幹系統對於使用單位新增需求及需求單位的特性未能確實規劃，儘管需經過各層級的現地勘查、測試、分析、研討、試機及測評等，惟仍有許多功能無法符合用戶實際需求的問題。現用 SMOCS（環島光纖通信系統）系統建置時，光多工機的電路交換矩陣模組具有當能力可以滿足當時電路交換需求，然而經過多年的通訊技術演進，舊式裝備相較於目前傳輸環境的支援能力受限，無法支援

高承載的電路交換，因此造成電路交換矩陣能力的限制；然而系統管理者在網路頻寬擴充時，如果無法同步規劃提升跨環路的電路矩陣交換能力，而僅規劃擴充終端接取設備，將造成電路流大量匯入單一節點而無法分散配置，因而導致網路遲緩與中斷現象。<sup>21</sup>

#### （二）軟體架構的靈活性不足

國軍通信骨幹系統就像是軍中的電信服務業者，近年來雖致力在加強系統複式配置、備援環路保護及提升系統妥善率等工作已有成效，但使用者仍需在固定的區域或有線的環境下運用，尚無法達到即時傳遞、隨時可用的系統效能，導致影響作戰運用時效。<sup>22</sup>

#### （三）數據整合與處理能力限制

我國國軍通訊器材老舊、技術水準受限，導致所用裝備需佔用大量頻寬，現有系統在數據整合、處理和分析方面的能力往往受限於其設計和技術水平，難以高效處理來自多方的大量數據，這直接影響了指揮決策的時效性和準確性。

20 李建鵬、葛鑑靈，《行動通信技術發展對軍事應用之研究》，（空軍學術雙月刊，2021年8月），頁91。

21 同註17，頁46。

22 同註17，頁33。



#### (四) 網路安全技術與威脅

隨著網路攻擊手段的不斷演進，系統也應具備強大的防禦能力。然而，現有的安全技術往往難以及時跟上威脅的發展，導致系統無法有效防禦網路攻擊。

#### (五) 政府政策的影響

政府制定相關軍事科技發展之政策，可以引導研究機構和民間企業聚焦於對系統發展技術領域，從而加快系統功能的現代化進程。而現階段國軍通信骨幹系統維持網路實體隔離政策，主以避免資料外洩以及阻絕外部駭客攻擊，雖然強化了保密作為，但遲滯了運用先進科技的機會，也封閉及抑止與外界互動與鏈結。<sup>23</sup> 目前中科院仍擔當了國防科技研發與技術轉移的中流砥柱，但民間在此環節反而投入有限。少了由下而上的創新，台灣國防產業只能遵循既定脈絡發展，不但難以突破國外廠商早已掌控的技術與定義的標準，更難以締造新的應用場景。<sup>24</sup>

#### 四、綜合分析與建議

上述失能態樣直接影響到海軍的指揮與控制能力，為了解決遭受攻擊導致裝備

受損的問題，建議加強對系統的硬體安全性進行改進，採用先進的防禦措施，如防火牆、入侵檢測系統和加密技術，以最大程度降低侵入風險，並加強對系統的定期維護和檢測，及時發現潛在問題，進行修復。針對頻寬不足的問題，可藉由行動網路的發展及運用結合軍事通信，以提升通信能力。

系統功能結合科技發展有限的困境，除建議系統更新軟體架構，以實現更好的靈活性和擴展性。另鼓勵民間資源開發參與，引入創新技術和功能。第四章介紹資通指管的備援手段，包括運用行動網路提升指管能量、無人機支援通信中繼，以及民用通信設施的應用，這些手段將為系統提供更多的選擇和支援，增強系統的穩定性和適應性。

### 肆、資通指管備援手段運用

#### 一、運用行動網路提升指管能量

隨著時代科技的演進發展，現代戰爭講求統一指揮、快速反應、機動作戰、隱

<sup>23</sup> 同註 17，頁 49。

<sup>24</sup> 風傳媒，〈觀點投書：半導體強國，為何打造不出世界級國防產業〉，刊登日期：2022 年 5 月 25 日，<https://www.storm.mg/article/4347563?mode=whole>，檢索日期：2024 年 2 月 25 日。

蔽突襲、精準打擊等為主要基本訴求，為強化國軍聯戰指揮管制效能，我國效仿美軍建立 C4ISR (Command、Control、Communications、Computers、Intelligence、Surveillance、Reconnaissance) 系統。<sup>25</sup> 指管系統可提供作戰部隊有效的戰場即時情資，可充分提高作戰指揮與管制的效能。

當前與資訊化作戰相輔相成的 C4ISR 系統在戰爭中的地位和作用變得越來越重要，然而現有軍事通信系統發展緩慢，仍主要依靠高頻、超高頻等窄頻通信技術，已無法有效滿足 C4ISR 系統對戰場大量資訊即時高效可靠傳輸的需求，迫切需要引進新技術以加快實現軍事行動通信系統的高速化、寬頻化與網路化發展，以取代舊有的、受限的有線網路。<sup>26</sup> 國軍目前通資平臺傳輸骨幹以資通電軍光纖固定站臺為主，並以機動性站臺如載微波機動車、無線電中繼臺、衛星系統及區域通信系統等為通資備援，然上述通資平臺戰時易遭敵鎖定破壞，現有無線電波設備因傳波的方向性、機動中傳輸頻寬低及頻率資源等因

素，使得國軍在作戰任務中失去即時傳輸能力而受限制，故瞭解民間行動通訊最新技術發展與應用，運用本島涵蓋綿密且具可攜性及機動性高之民間電信無線網路系統作為備援，<sup>27</sup> 以提高我軍指管效能靈活度。

### (一) 行動通信發展現況

行動通信從最初第一、二代 (1G、2G) 類比、語音簡訊之服務，經第三代 (3G) 應用程式及社群軟體等資訊運用發展，至第四代 (4G) 雲端影音巨量視頻服務，技術漸已成熟，多項應用通訊、社群及影音軟體廣為人們所用，更由於近年智慧型手機普及，改變人們的生活型態，連網流量需求大幅增加，驅使更多電信業者投入智慧物聯網服務研發以藉此開闢新戰場，可知未來行動網路通訊將擴展至人與物、物與物之間的通訊，除了傳輸速度和容量提升外，在可靠度、低延遲等網路品質需求皆須達到一定水準 (如圖一)。

5G 行動通訊運用最新一代蜂巢通信技術，相比於前代移動通信技術，在速率、延遲、連接密度等方面都有質的飛躍，更

25 馬忠義、陳宗恒，《國軍指管系統導入智慧型無線通訊系統之研究》，(空軍學術雙月刊，2023年12月)，頁25。

26 李建鵬、葛鑑霆，《行動通信技術發展對軍事應用之研究》，(空軍學術雙月刊，2021年8月)，頁90-91。

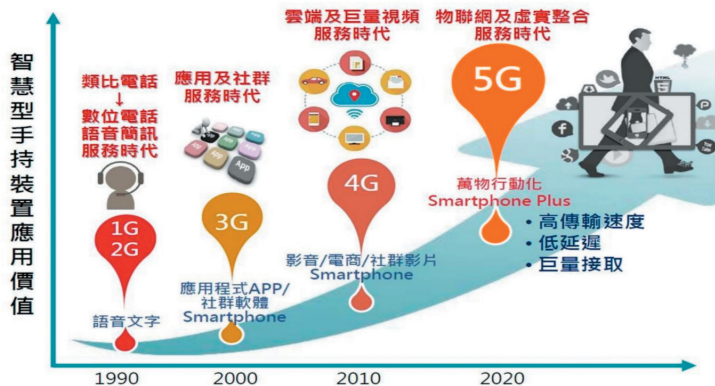
27 同註16，頁17。

強化了「無線傳輸速率」，具有頻寬大、連接性佳之特性，可大幅降低資訊傳輸往返延遲和能耗，且同時對認證授權、隱私保護、資料傳輸安全、網路架構和互通安

全等進行了優化或增強（如表二）。<sup>28</sup>

行動通訊目前已成為世界各國發展重點項目之一，包括中國、美國、日本、韓國、歐洲等國家，中共認為 5G 行動通信具備

圖一：行動通信發展歷程



資料來源：參考行政院《臺灣5G行動計畫(2019-2022年)》〈臺北：行政院，2019年5月〉，頁1。

「強化軍事指管傳遞效能」、「落實通信保密」及「解決通信設備的電源能耗」等 3 項優點。

「強化軍事指管傳遞效能」主要包含作戰全程的語音通聯、圖像及視訊傳輸，5G 行動通信網路的頻寬與速度較 4G 更大、更快，可確保戰場高效的傳輸速度及品質；「落實通信保密」是使軍隊

表二：行動通信發展及差異

行動通信發展演進及差異						
類別	年份	頻率	峰值速率	通信技術	服務運用	特點
1G	1980	800-900MHZ	2Kbs	分頻多工 FDMA	一般語音	1.保密性不佳，系統容量有限 2.類比，無法傳輸數據資料
2G	1990	850-1900MHZ	10Kbs	分時多工 TDMA	簡訊 數據 部分上網	1.保密性較佳 2.系統容量可逐步擴充 3.可傳輸部分數據資料
3G	2000	1.6-2.5GHZ	3.8Mbps	分碼多工 CDMA	高速上網 視訊	支援影像電話及多媒體服務
4G	2010	2-8GHZ	0.1-1Gbps	正多分頻多工 OFDMA	視訊 直播	具體實現高數據傳輸速率
5G	2020	3-300GHZ	1-10Gbps	寬頻分碼多工 WCDMA	物聯網 智慧生活	大數據、大流量、大頻寬、可靠度高、保密性佳

資料來源：參考李建鵬、高仲良，《運用5G 行動網路以強化國軍通信骨幹系統效能之研究》〈國防管理學報，2023年5月〉，頁36。

28 同註 17，頁 35。

能擁有特定頻段，經由專屬軍用特殊頻段傳輸資訊可提高軍事通信的安全性；「解決通信設備的電源能耗」意指未來在 5G 行動通信網路運用的理想狀況下，可提高數據傳輸速率，且大幅降低數據傳輸過程中的能耗，提高無線電通信設備的電源使用時間及效能，確保戰場通信傳遞效率及持續性。

## (二) 軍事應用探討

美國海軍採用先進的行動通信系統，以促進艦艇內部、艦艇間以及艦艇與直升機

之間的行動寬頻通信。此系統融合了軍用無線電、無線網絡和衛星通信技術，形成了一套全面的手持式機動部隊管制系統。該系統不僅支持應急救援操作，還提供了包含地理標記的互動白板、即時聊天和消息傳遞等功能，從而實現了在緊急情況下的即時合作、協調和指揮，確保了共享的作戰圖像和訊息流暢交換，以支持決策制定和作戰行動的高效進行。

## (三) 行動通信發展願景

行政院於 2019 年 12 月就「我國 5G 頻

圖二：5G專網頻譜規劃



# 5G專網頻譜政策規劃



經內政部、經濟部、通傳會與交通部等多次跨部會研商，在確認既有警消通訊業務可持續的前提條件下，同意進行移頻作業，以騰出部分頻譜供 5G 專網與第二階段的商用頻譜釋出。相關規劃如下：

- ☑ **以4.8-4.9GHz頻段(100MHz)供5G專網使用，自即日起供各界申請進行場域實驗，並於民國110-111年間(2-3年內)擇期開放執照申請**
  - 政府相關單位完成移頻前，本頻段以和諧共用方式開放。
  - 5G專網申請者應遵照通傳會所訂之干擾處理規範辦理。
- ☑ **第二階段5G商用頻譜以3年後釋出為原則**
  - 中頻部分以4.4-5GHz頻段為主：規畫釋出300MHz頻寬供商用與專網頻譜分配使用，保留300MHz頻寬續供警消通訊使用。
  - 高頻部分優先評估37-40GHz頻段。
- ☑ **5G專網使用專頻仍應繳交頻率使用費**
  - 請通傳會研議有關5G專網頻譜之申請資格、頻率使用費、資安義務等條件。
  - 頻率使用費收費之計算並應參考相近頻段行動通信拍賣底價，以拉近5G專網頻譜與5G商用頻譜的使用成本為原則。

12

資料來源：參考行政院《5G專網頻譜規劃》2019年12月5日，<https://www.ey.gov.tw/Page/448DE00807A1971/3d06fd55-f6f2-4743-a6f8-fa44476487cc>，檢索日期：2024年2月13日。



譜政策與專網發展」報告案（5G 專網頻譜政策規劃如圖二），決定指配 4.8 ~ 4.9GHz 頻段內 100MHz 的頻寬以「專網專頻」方式獨立運作，作為我國 5G 專網頻譜，提供各界申請各種專網場域實驗。<sup>29</sup>

其運用可將軍事網路和民用網路實體隔離，軍民網分開建立各自獨立，從而不會受到民用行動服務提供商的限制。此種配置方式確保了軍用專網數據在一個與民用網路完全隔離的環境中運行，保障數據傳輸的安全性。

國軍在未來若能完全整合第五代行動通信，就能滿足 C4ISR 運作構想，達到戰力整合、靈活指揮、集中運用之目標。以下幾點為未來發展重點：

（一）增強遠程控制與無人作戰能力：利用 5G 網絡的低延遲和高頻寬，遠程控制無人作戰平台成為可能。這包括無人機、無人艦艇等，在複雜海域環境下進行偵察、監視、甚至執行打擊任務，同時減少人員傷亡和提升作戰靈活性。

（二）戰時固定通信設施易成為摧毀目標，為了提升網路節點在戰場上的生存率，建立可移動的無線電通信平臺尤為重

要。通過利用民用無線網路資源，並整合民間的固定臺和移動基站，可以有效保障戰場上的通信生存率，確保國軍的指揮控制系統暢通無阻。

（三）開發針對國軍專用的雲端技術及客戶端應用程式 APP，從政治戰略、軍事戰略到實際作戰層面，以及情報收集、作戰執行、訓練演練與後勤支援等相關軟硬體的研究與開發。構築一套具備戰場感知、資料鏈接、資訊交換、友敵識別、定位導航、視訊會議、數位地理資訊、模擬演練與數據管理等功能的雲端作業平台，以創新的方式重塑未來戰爭的作戰模式。

（四）以專線構接系統業者機房至國軍光纖資訊網路之間，先透過系統業者設定 MDVPN（Mobile Data Virtual Private Network）安全群組，管控專屬 SIM 卡之 IP 位址、門號，可將智慧型行動裝置序號（如 IMEI）與 SIM 卡序號（如 IMSI）配對並加以綁定，以防止使用者更換私人 SIM 卡，以連接至網際網路。於智慧型行動裝置至資訊網路入口閘道端自行建立 VPN（Virtual Private Network）安全通道，運用符合國際標準規範 FIPS 140-2 及國安局認證之保密裝備，並輔以資安防

<sup>29</sup> 同註 17，頁 39。

護機制，如 PKI 憑證及存取權限管控等，以確保傳輸及通信安全。

(五) 為了滿足戰場環境的特殊需求，採用軍規和工業級別的智能行動設備，具備防水防塵、耐高溫防摔等特性，在設備上安裝了自主研發的指揮控制或災害防護應用程序，並藉助內建的 GPS、相機、數位羅盤和陀螺儀等感測器，快速部署專用的移動寬頻通信通信網；並遵循國際標準 FIPS140-2 和經國家安全局認證的加密技術，保障戰時的生存率和通信安全，通過連接至雲端基礎架構的虛擬化指揮控制系統，能夠動態分配數位地圖資料，為地面部隊提供情報偵查、導航、監視、火力支援、災害預防、航空協調和射擊指導等多項功能。<sup>30</sup>

為達聯合作戰需求，各單位須透過資訊共享，系統裝備必須依賴 IP 基礎建設及軟體化方案，並運用行動通信的高兼容性，整合戰場各種異質通信網路（語音、圖像、數據等），為部隊創建一個覆蓋範圍廣、傳輸速率高、兼容性強共同作戰圖像平臺，以消弭現用聯成系統、迅安系統頻寬不足資訊傳輸有限之問題，有利指揮

控制和情報資訊的傳遞。

## 二、無人機支援通信中繼

鑒於戰時我軍地面之指管通情監偵在遭敵破壞後，面臨戰場通訊的重大挑戰，無人機為不對稱作戰利器，尤其在臺海防衛作戰構想中，對於制海、反登陸、國土防衛作戰之指管通資情監偵之備援，可謂至關緊要。若能充分運用無人機通訊中繼的功能，將有助於增進、維繫或恢復戰場管理效能。

對於無人機飛行控制與訊息傳輸，不外乎透過衛星或者空中、地面通訊進行。控制站與無人機之間進行的即時訊息交換便需要通過通訊鏈路來實現。因此，無人機彼此之間可為通訊中繼，僅需配備通訊裝備，即可擔任無線電通訊中繼站，相當於充當空中基地台，俾利克服陸上地形複雜狀況及海上、空中遠距通訊不繼之狀況，延伸通訊距離，以彌補衛星通訊之不足，故可謂「窮國的衛星」。<sup>31</sup>

與建設固定基地臺相比，無人機可以迅速到達指定地點進行通信中繼部署，特別適合應對緊急通信需求或災後通信恢復。近年所見多為災防時，透過無人機

30 同註 16，頁 27。

31 陳欣倫，《UAV 納入陸戰隊情監偵運用之研究》，〈海軍學術雙月刊，2017 年 4 月 1 日〉，頁 25。



飛到災區，提供 WIFI、LTE (Long Term Evolution, 長期演進技術)、4G 的通訊環境，形成空中網路熱點讓災民可以取得通訊。2021 年河南遭遇嚴重洪災時，中共利用改裝的翼龍 2H 救災無人機，配合地面控制站和攜帶的緊急通訊設備，在完全斷電、斷路和斷網的災區中執行救援任務。該無人機飛越近 1200 公里，建立了一個移動的空中信號中繼台，迅速恢復了公共網路通信，覆蓋範圍約 50 平方公里，在不到兩小時的時間為 2572 名用戶提供服務，並產生了 1089.89M 的數據流量。<sup>32</sup>

無人機於災區建立通訊中繼的概念，是在遭遇敵攻擊導致基地台、基礎網路建設損毀時，無人機隊建立機對機通信連結，可延伸並擴大訊號覆蓋範圍，在空中形成一個「多跳」(multi-hop) 無線中繼骨幹網路，可依布建範圍需求而採多台串接延伸至戰區內，在基礎網路建設被破壞的戰區，達成戰區資訊的即時傳輸。無人機隊將在戰區建立「網狀」(mesh) 的空中無線中繼骨幹網路，若需要連線至對外網路時，無人機將使用捷徑路由技術，以

距離最近的對外通訊之無人機進行數據傳輸。在無人機需緊急迫降或者本來提供對外連線之無人機無法提供網路時，運用容錯轉移技術，自動切換到其他可對外連線的無人機，等待迫降之無人機重新上線之後，將自行恢復無人機之間的通訊鏈路，以增強通訊韌性。<sup>33</sup>

軍用無人機可酬載相關通信設備飛行做通信中繼的節點，與地面(海上)通信節點建立戰術範圍內寬頻網路，可實現節點間的數據、語音、圖像高速傳輸，以完善各級部隊垂直與橫向指管通聯。無人機傳輸應用的主要頻段為 300MHz~3000GHz，因為微波鏈路有更高的頻寬，可傳輸影像，不同的微波波段適用於不同的傳輸類型。VHF，UHF，L 和 S 波段較適合於低成本的短程無人機傳輸；X 和 Ku 波段適用於中程和遠程無人機傳輸和空中中繼；Ku 和 Ka 波段適用於中遠程的衛星中繼。

美海軍於 2023 年 6 月提前從諾斯羅普·格魯曼公司購買了第 4 架 MQ-4C (海神) Triton 高空遠程無人偵察機，MQ-4C 是

32 華西都市報，〈“四川造”翼龍無人機為災區送去手機信號〉，刊登日期：2021 年 7 月 23 日，<https://e.thecover.cn/shtml/hxdsb/20210723/157165.shtml>，檢索日期：2024 年 2 月 25 日。

33 康又升、何承運，〈無人機救災通訊應用〉，(電腦與通訊，2020 年 9 月)，頁 47-48。

由 RQ-4（全球鷹）改良而來，體積大、飛行高、速度快、隱蔽好，機上裝置通信中繼設備與 Link-16 戰術數據鏈路，能夠進行視距內與超視距範圍的情報、監視與偵察資料傳輸，無縫連接海軍空中平台，構建訊息優勢。國家無人機研製雖未達到仿製全球鷹之水準，但工業技術可以慢慢建立，或籌購類似機型以支援本軍通信中繼及鏈路傳輸需求。

無人機在執行通訊中繼任務時，其性能會因為某些限制而受到影響：

### （一）無人機通信中繼面臨的威脅

1. GPS 信號干擾：敵發射與 GPS 同頻的干擾信號或偽冒的 GPS 信號，使得無人機無法獲取準確的位置信息。這種攻擊是通過分析 GPS 信號的公開資料，包括信號格式、通信鏈路和協議，計算出要發送的 GPS 信號的具體位置和時間。利用無人機傾向於選擇信號強度較高的特點，發送大功率的偽冒 GPS 信號，從而達到欺騙的目的。

2. 信網路安全問題：由於無人機依靠無線通信來進行控制，且其信號頻道和網路拓撲（即網路的結構）變化迅速，使得

敵對方能夠通過發射大功率的干擾信號來覆蓋正常的通訊，導致通訊品質下降或通訊中斷。此外，還必須警惕惡意的中繼攻擊和中間人攻擊，這種攻擊手段包括創建假無人機身份識別和偽造信號，以及利用數據路由分配的機制，在兩個惡意節點之間建立數據傳輸隧道，替代原有的通訊渠道，從而控制大部分數據路由和攔截信號。在未加密的通訊管道下操作無人機，可能會使敵方輕易地攔截、修改、偽造影像和數據，甚至完全奪取控制權，導致無人機偏離任務目標或被徹底癱瘓。<sup>34</sup>

### （二）無人機通信中繼限制

無人機在執行通信中繼任務時，主要面臨頻譜限制和酬載與續航力的限制。商用無人機的運作主要依賴於國際電信聯盟無線電通訊部門（ITU）劃定的 ISM（工業、科學及醫療）頻段，這些頻段包括了 13.56 MHz、27.12 MHz、40.68 MHz、433 MHz、915 MHz、2.4 GHz 和 5.8 GHz 等。與此同時，軍用通訊系統通常會被分配到專門的頻段上，但隨著商業通訊需求的增加，這些專用頻段面臨擠壓。軍用無人機在執行任務時，經常需要傳輸距離

34 林俊佑，《論無人機商用服務與整合技術》，（中國工程師學會會刊，2020 年 12 月），頁 90。





遠、資料量大的高解析度影像，這需要充足的頻寬來支持這類數據傳輸。如果頻譜資源限縮，導致更多裝置共享同一頻譜，無人機的通訊就可能面臨更嚴重的干擾問題。儘管透過技術如跳頻和展頻來提高無人機通訊的抗干擾性，但考慮到無人機網路（MANET）的特性，這些技術的效果仍受到頻寬和網路容量的限制，<sup>35</sup> 即便是個別節點具有高度機動性，其通信能力也會受到影響。

當無人機通信中繼時，除了考慮到其攜帶設備的能力（酬載）和持續運作時間（續航力）之外，還需注意通訊設備的電源負載、散熱能力、體積大小及成本等因素。

無人機在臺海防禦作戰中扮演著關鍵角色，能夠在制海、反登陸及國土防禦作戰中作為指揮通信情報監控的重要後備力量考慮到無人機在酬載能力和電池壽命上的限制，以及可能遭受敵方攻擊的風險，建議部署足夠數量的無人機及相關通訊設備，以保證戰場通訊的後備韌性。

### 三、民用通信設施應用—漁業電臺

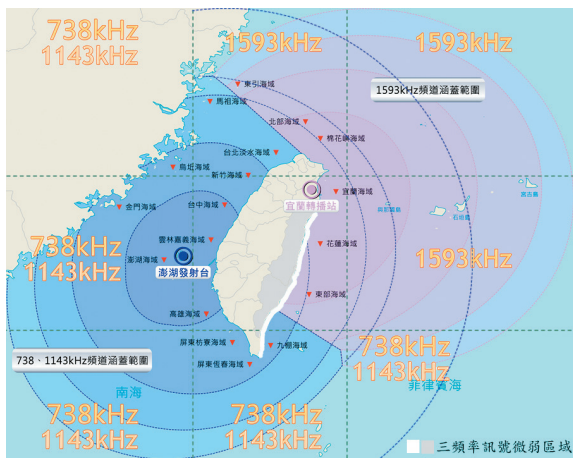
漁業電臺為海上通信的重要組成，其在軍事通信方面的潛在應用價值不容忽視。台灣地區目前有高雄區漁會漁業專用電臺、基隆區漁會漁業電臺、蘇澳、新竹、台中、高雄、東港、花蓮、綠島、澎湖、金門及馬祖區漁會漁業通訊電臺等 12 處。<sup>36</sup> 漁業通訊電臺初期先後設立高雄及基隆漁業專用電臺，其主要目的在於漁船動態之掌握、漁船動員能量之儲備、戰時安全航道之引導及海空情報之蒐集，並滿足漁船通信之需要，當時係以電報通信，其通信範圍涵蓋全球各海域，後續為滿足沿近海作業之漁船通信需求，政府於 69 年間開放無線電對講機（DSB）通訊頻率（通訊距離約 20 浬），民國 76 年解嚴後，政府再開放單邊帶無線電話機（SSB）通訊頻率（通訊距離約 2000 浬）供高雄及基隆漁業專用電臺使用，並從 81 年起開放供台灣地區其他岸台使用，服務範圍由沿近海擴至經濟海域、並延伸至全球三大洋。隨著現代通訊科技發達，遠洋漁船可使用衛星電話，船舶如有裝設特高頻、中

35 曾怡碩，〈無人機與戰場通訊中繼〉，（國防情勢特刊，2022 年 3 月），頁 32。

36 農業部，〈台灣地區漁業通訊電臺營運及漁船救護體系〉，刊登日期：2001 年 9 月，<https://www.moa.gov.tw/ws.php?id=2179>，檢索日期：2024 年 2 月 12 日。

頻或高頻數位選擇呼叫接收機依「船舶無線電臺設置使用管理辦法」律定之頻率守聽，由於地形影響，臺灣沿近海各海域訊號狀況有所不同（如圖三）。

圖三：漁業電臺收聽範圍



資料來源：參考漁業署《漁廣收聽範圍》，2019年2月，[https://www.frs.gov.tw/view.php?theme=web\\_structure&id=249](https://www.frs.gov.tw/view.php?theme=web_structure&id=249)，檢索日期：2024年2月12日。

另為落實海洋漁業管理措施，國際組織要求漁船安裝結合衛星定位與通訊的「漁船監控系統（Vessel Monitoring System, VMS）」，以隨時掌握其位置動態。

漁業電臺保持 24 小時守值，主要為漁船提供通信支援，包含天氣預報、漁場資訊、緊急救援以及漁船間的日常通信等。這些電臺通常裝備有強大的發射設備和廣覆蓋的接收能力，能夠在廣大的海域範圍內進行有效通信。

由於漁業電臺主要為民用目的設計，其

通信加密和安全防護措施可能無法滿足軍事通信的高安全要求。因此，在利用漁業電臺進行軍事通信時，需採取適當的加密和安全措施，以防訊息洩露或被敵方監聽。

綜上，漁業電臺廣泛的覆蓋範圍和在海上的通信能力，使其成為海上作戰和監控、搜救以及情報蒐集不可或缺的一部分。為了充分利用漁業電臺在軍事應用中的潛力，還需對現有的通信設備和協議進行適當的調整和改進。包括提高通信安全、信號穩定以及優化訊息的處理和傳輸效率，確保在需要時能夠迅速且有效地利用漁業電臺進行通信。

## 伍、結語

隨著科技的不斷進步和戰爭形態的演變，對資通指管系統的要求也會不斷提高。因此，持續的創新和改進，以及對新興威脅的快速響應能力，將是確保資通指管系統能夠有效支持未來海軍作戰任務的關鍵。通過本研究的分析和探討，期望為海軍資通指管系統的未來發展提供有價值的見解和建議。🇺🇸🇨🇵