

我國應用C⁴ISR系統強化作戰整合之研究

A Study of Strengthening ROC Operation Integration from C⁴ISR System

蔡志銓 (Chih-Chuan Tsai)

海軍陸戰隊學校小部隊兵器組少校戰術教官

摘 要

C⁴ISR是利用現代的科技技術與軍隊指揮相結合的產物，其概念隨著時代戰爭變遷而發展，本研究例舉波斯灣與科索沃戰爭作為現代戰爭之統一指揮、快速反應、機動作戰、隱蔽突擊、精準打擊之目標實現。國軍之C⁴ISR發展主要緣由，是因應中共軍事威脅，並以「博勝專案」作為我國仿效美軍的C⁴ISR的聯戰指管系統。然而現今歷經國防戰略的變遷，臺澎防衛以「防衛固守、重層嚇阻」作為軍事戰略的發展下，我國的C⁴ISR系統仍有改善空間。因此，在「重層嚇阻」的概念下，建議重新規劃將C⁴ISR系統鏈結我國自製的防衛與攻勢武器，以實現「精準遙攻、決勝境外」的理念。另一方面必需爭取預算的支持以加大國防現代化建設外，並須賡續「國防自主」的政策發展，透過研製新一代資電作戰裝備來加大嚇阻效能。

關鍵詞：國防自主、國防預算、網電作戰、防衛固守、重層嚇阻、C⁴ISR（指揮、管制、通信、資訊、情報、監視、偵察）

Abstract

C⁴ISR is a system combining state-of-the-art technology and military commanding. It's a product drawing lessons learned from wars at different time. This study takes the Gulf War and the Kosovo War as examples to explain how to apply united commanding, quick reaction, mobile operation, concealment assault and accuracy attack to achieve their operational objective. And because of pressing military threatening from China, this report sees the need to enhance our C⁴ISR system. Bo Sheng Program is a joint operation command and control system for C⁴ISR that we learned from the U.S. However, as our national defense strategy changed through the time, which now focuses on "resolute defense and multi-domain deterrence", there is still room for us to improve our C⁴ISR system. In this regard, under the concept of Multi-domain deterrence, this research proposes to connect C⁴ISR system with our defense and offense weapons to fulfill the idea of accuracy attack and slug enemy out beyond the border. On the other hand, while calling for more military budget to modernize our national defense, we still

need to promote Self-reliant National Defense through developing the newest electronics and information equipment to elevate our deterrence capability.

Keywords: Self-reliant National Defense, Defense budget, Cyber and Electronic Warfare, Resolute defense, Multi-domain deterrence, C⁴ISR(Command, Control, Communication, Computer, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance)

壹、前言

自1990年8月波斯灣戰爭以來，資訊作戰已成為現代戰爭的重要方式，資訊作戰的重要技術與武器系統的發展，包括電腦網路攻擊與防護手段的發展迅速、大量使用電子作戰飛機、反輻射武器系統與其他高科技干擾手段，可對敵方的指揮管制系統、防空系統、通信等設施實施強大的電子壓制，以獲取戰場優勢。由此不難看出資訊網路、電子戰裝備與精準武器已成為未來戰爭中的必備利器。然而資訊網路又與指揮、管制、通信、資訊、情報、監視與偵察(Command, Control, Communication, Computer, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance, C⁴ISR)系統息息相關。整合C⁴ISR系統其目的就在建立資電優勢之作為，以支援軍事作戰獲取戰爭勝利。美國十分注重一體化的C⁴ISR系統，把資訊網路和指揮管制作為聯合作戰的重要能力之一，從包括有效運用太空、空載、海基和陸基在內的各種偵察、監視、預警、導航等手段以確保資電作戰之持續力。

我國的C⁴ISR系統主要由國防部為核心，結合陸、海、空軍的指管系統，既可獨立運作，又可與各級指揮所相互協調。主要

設施有電腦、圖形數據處理等周邊設備以及戰略、戰術通信網路等，可提供三軍共同作戰圖像分享及聯合作戰指管能力。¹近年來中共在國防經費逐年成長挹注下，加速國防與軍隊現代化進程，並積極強化「反介入／區域拒止」(Anti-access/Area denial, A2/AD)戰力，持續強化海空聯合訓練，加速指管信息化建設，提升海空戰略投送及戰略威懾等戰力，建構具備奪取第一島鏈以西制空及制海權之能力。以近期成立戰略支援部隊，以及海、空軍持續在臺海周邊地區演訓並充分展現遠海實戰能力即是明顯例子。共軍海、空活動也考驗我國C⁴ISR系統的應對能力。

C⁴ISR系統可以降低出其不意的情況發生，讓各相關部門有更多時間應付緊急狀況，高層決策者能夠得到確切資訊而做出最妥善的決定。雖然武器系統至關重要，但是沒有一個先進的C⁴ISR系統，武器系統的功能將受限。隨著現代科技的發展，C⁴ISR系統將逐步融入體系化、資訊化、網路化、智能化、隱匿化、軍民化，儘可能呈現無人化的發展趨勢，也是現代化國防之指標。因此，我國C⁴ISR系統需朝向上述目標發展，強化指揮與監偵能力，整合國軍武器載具，爭取戰場資電作戰優勢。換言之，強化C⁴ISR系統與載具武器、資電裝備的整合以

1 呂欣懋，〈國防部：迅安系統已與衡指所完成通聯〉，《中央通訊社》，2018年10月21日，<<https://www.cna.com.tw/news/aip/201810210058.aspx>>（檢索日期：2020年3月12日）

實現「精準遙攻、決勝境外」的理念，期能嚇阻中共的武力進犯。本文主要探討C⁴ISR的發展歷程與精進作為，以作為整合提升戰力之參考。

貳、C⁴ISR系統對資電作戰之影響：以美國為例

隨著無線電報問世以及作戰中刺探軍情以求知己知彼之必要性，開啟電子戰的運用與發展。第一次世界大戰中，電子通訊技術成熟且使用廣泛，對通訊密碼的監聽與解讀成為電子戰的主要手段。第二次世界大戰初期，電子戰仍僅侷限於通信對抗，由於只運用電子偵察與電子欺騙等簡單手段，只能當作影響作戰的輔助手段，未能成為戰爭的重要組成。直到雷達、導航科技與武器射控系統的相繼問世，使電子戰的地位和作用明顯的提升。美蘇冷戰期間，隨著電腦、飛彈、航空與紅外線等科技日新月異，特別是在越戰、中東及英阿福島等局部戰爭中，各種軍用高科技裝備的廣泛運用，凸顯出電子戰在戰爭的重要性。直到近代歷經波斯灣戰爭與科索沃戰爭驗證電子戰與資訊戰的發展，在陸上、海上、空中、太空等「四維作戰空間」之外還有「資訊（網際）空間」與「電

磁空間」。² 由於電子戰貫穿戰爭全程，資訊戰開創有利態勢，故現代戰爭首重為奪取「制電磁權與制資訊權」，才能獲致戰爭的主動權。³ 然而電子戰與資訊戰的重點目標是C⁴ISR系統，運用資訊破壞與電子干擾手段，可以保護我方的C⁴ISR系統，干擾敵方的C⁴ISR系統。本文以三場戰爭之例證來探討、分析與借鏡。

一、C⁴ISR的歷史演進

美國為了防範蘇聯的戰略突襲，於1958年建立了世界上第一個軍事資訊系統「半自動地面環境」(Semi-Automatic Ground Environment, SAGE)半自動地面防空系統。首次實現資訊蒐集、處理、傳輸和指揮決策過程中部分作業的自動化，使得作戰行動過程中的指揮與管制方式由原本人工作業轉換為自動化處理。⁴ 針對C²（指揮與管制）系統在1962年古巴飛彈危機中暴露出通信能力之缺陷，美軍隨後在C²的基礎上又增加通信，使其成為C³系統。⁵ C³的概念，出現表明美軍已逐漸認識到指揮、管制與通信在現今戰爭中應融合為一體。1977年美軍首次將情報融入到C³系統中，形成了C³I一體化的綜合體制。1991年美軍將計算機加入C³I系統而演變為C⁴I系統，⁶ C⁴I系統雖為美軍贏得波斯

2 邱榮守，〈因應灰區侵略 美電磁戰重獲優勢（上）〉，《青年日報》，2018年10月2日，〈<https://www.ydn.com.tw/News/307321>〉（檢索日期：2020年3月12日）。電磁戰是在電磁頻譜內所採取的諸般軍事行動，包括通信、傳感、干擾和欺騙，作戰手段包括電子攻擊、電子防護和電戰支援。由於新型電戰系統的靈敏度、功率和精密性等性能的大幅提升，使得各系統的運作都會對其他系統產生影響。從軍事層面而言，電磁空間就像陸、海、空、太空和網際網路等領域一樣，它是一個獨立且重要的作戰領域。

3 錢高陞，〈歷代戰爭中電子戰史實與評析〉，《空軍學術月刊》，第557期，2003年4月，頁46-47。

4 John F. Jacobs, *The SAGE Air Defense System: A Personal History* (Bedford, MA: MITRE Corporation, 1986), pp. 168-169.

5 Jan Drent, "Confrontation in the Sargasso Sea: Soviet Submarines During the Cuban Missile Crisis", *The Northern Mariner*, Vol.13, No.3 (July 2003), p. 18.

灣戰爭，但也暴露出各軍（兵）種之C⁴I系統不能相互通聯的問題。

為了解決這一問題，美軍於1992年提出名為「戰士」(Warrior)的C⁴I計畫，啟動全球指揮管制系統(Global Command and Control System, GCCS)發展，使各軍（兵）種的C⁴I系統解決原本不能相互通聯的問題。⁷1997年美軍決定將監視和偵察納入到C⁴I系統中，從此開啟C⁴ISR系統的建設。2002年，GCCS軟體升級到5.0版後。具備情報分析能力；2003年，GCCS軟體又升級到6.2版而使C⁴I系統可與監視及偵察鏈結，初步形成一體化C⁴ISR系統，有效提升美軍數據共享及聯合作戰能力。美軍在經歷C²、C³、C³I、C⁴I及C⁴ISR系統，已從原本各軍獨自發展方式整合成全軍一體的模式，並在近幾場戰爭發揮功用，使美軍各軍種聯合作戰效能迅速提升。

C⁴ISR系統雖然在互聯互通方面有效提升，但其多軍種資訊共享功能仍不能滿足其要求，難以滿足未來戰爭的需求。於是美國國防部國防先進研究計劃局(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)於2001年提出C⁴KISR的新概念。由於美軍經過阿富汗與伊拉克戰爭後認為要在作戰中

以可靠性高和代價低來對付敵人的隱藏、欺騙目標和日益增多的特殊目標時，應將C⁴ISR系統與殺傷(Kill)武器緊密結合成新的作戰能力。C⁴KISR由C⁴（指揮、管制、通信、資訊）和ISR（情報、偵察與監視）以及K（殺傷與摧毀）等三大類別八大系統所組成。C⁴KISR系統的基本功能是将C⁴ISR系統的各個環節與主戰武器的殺傷過程緊密結合，透過地面、空中與太空的各種傳感器、武器平臺與指揮管制中心綜合成一體化網路，形成對目標進行搜索、定位、跟蹤、瞄準、攻擊和毀傷，利用高速網路資訊使其能更精確的遂行作戰，達成最佳作戰效果。⁸因此C⁴KISR既是一種系統，也是一種武器(C⁴ISR+Kill)。⁹

二、戰爭之借鏡

(一)第一次波斯灣戰爭

1990年的波斯灣戰爭是一場大規模、高科技戰爭，也是有史以來電子戰裝備最集中、手段最完善、作戰最激烈、影響最深刻的一場戰爭。以美軍為首的盟軍部隊之所以勝利，主要是依靠科技的廣泛應用，包括電子戰、精準武器及C³I系統，這也是決定陸、海、空戰的關鍵因素。美軍早在波斯灣戰爭

6 周家波、史良勇，〈美軍綜合電子信息系統的發展與啟示〉，《雷達與電子戰》，2007年第4期，2007年4月，頁22-23。

7 周美珍、譚紹杰，〈美軍全球指揮控制系統發展現狀和能力〉，《現代電子工程》，2003年第3期，2003年3月，頁14。GCCS區分為三個階段實施：第一階段是確定GCCS的需求與方案，制定系統標準、作戰政策和條令，使各軍種在一定程度上使數據、語音、圖像、報文和視頻系統的互通。第二階段主要任務是將所有的C⁴I系統組成一個聯合通聯網。第三階段為目標階段，最終將實現所有指揮、管制、通信、計算機系統和情報網之間最大程度的相互通聯，並將陸軍「戰術指揮管制系統」、海軍「哥白尼C⁴I體系結構」、空軍「戰區戰鬥管理系統」和海軍陸戰隊「戰術指揮管制系統」整合在一起，建立一個全球資訊管理控制體系。

8 岳松堂、王軍良，〈從C⁴ISR到GIG再到C⁴KISR：美軍綜合電子信息系統未來發展綜述〉，《國外坦克》，2007年第9期，2007年9月，頁13-14。

9 周獻中、鄭華利、田衛萍、梁維泰，《指揮自動化系統輔助決策技術》（北京：國防工業出版社，2012年9月），頁24。

爆發前開始啟用部署在高、中、低軌道上的偵察衛星以及各式電子偵察機與空中預警機等，晝夜不停地對伊軍的重要軍事設施、雷達、通信、導航和飛彈系統實施不間斷的電子偵察；另在地面上運用數十座地面偵聽站，對伊軍雷達與通信網路進行遠距離的偵察和監聽，¹⁰ 也就是說在開戰前整個波灣地區早已被美軍嚴密監控。由於透過各種電子偵察手段將所獲得具威脅的電磁信號輸入盟軍作戰飛機的電子戰數據庫，可為雷達預警、電子干擾與各式反輻射飛（炸）彈提供參數。

於是在歷時38天的沙漠風暴行動中，以美國為首的盟軍部隊始終將伊軍指揮、通信、情報、防空等軍事資訊系統作為打擊的核心，使伊軍從開戰第一天起，就處於混亂無序，甚至癱瘓的狀態，直至戰爭結束也未恢復。¹¹ 就戰爭之分析可歸納出幾項特點：第一，運用太空衛星偵察系統偵測伊軍作戰指揮機構、通信、雷達、飛彈等軍事設施之位置與訊號；第二，善用電子戰優勢對伊軍 C³I 系統干擾與破壞；第三，各種精準打擊武器摧毀伊軍防空系統，迫使地面部隊處於被動挨打的地位；第四，飛彈防禦預警系統經電子計算機處理後可對伊軍地對地飛彈提供攔截與防護措施；第五，運用電腦病毒攻擊伊軍指揮中心，世界上首次使用電腦病毒進行作戰的戰例，揭開病毒武器投入實戰的序幕。

(二)科索沃戰爭

發生於1999年的科索沃戰爭，是首

次全球一體化 C⁴ISR 系統的大規模實戰運用，從此改變傳統的作戰模式。以美國為首的北大西洋公約組織(North Atlantic Treaty Organization, NATO)以中、長程打擊的手段空襲南斯拉夫（南斯拉夫聯盟共和國），歷經78天後迫使南斯拉夫從科索沃地區撤軍。比起波斯灣戰爭，在電子戰方面確有不少進展。如美軍F-15與F-16戰機都是經過改良且加裝多功能資訊分發系統，使飛機與地面部隊能迅速傳遞音頻信號與目標數據來共享情報。早在科索沃戰爭爆發的前一年，美國與北約盟國即利用各種衛星及多種電子偵察飛機對南聯盟實施偵察，獲得近百個軍事目標的詳細情報，充分掌握制資訊權。¹² 在空襲行動前，由多架EA-6B與EC-130H電子戰飛機組成干擾機隊，至南斯拉夫防空飛彈射程之外實施電子干擾癱瘓其C³I與飛彈系統，運用反輻射飛彈摧毀雷達設施。北約在空襲行動中除使用F-117隱形戰機與AGM-129隱形型巡弋飛彈外，還首次使用高單價的B-2隱形轟炸機，由於隱形載具與武器的使用，增加北約的空中突擊能力。

雖然南斯拉夫在電子戰運用方面處於劣勢，但根據波斯灣戰爭的經驗，靈活運用戰術適時調整作戰方針期能打持久戰。因此採取一系列的反偵察及電子戰防禦措施，包括將各種重要的軍事裝備如防空雷達、防空飛彈、戰車與重型火炮等武器裝備實施疏散、偽裝、隱蔽與地下化，有效的發揮戰力保存作為，同時製造許多假目標與假設施以迷惑北約戰機。就戰爭之分析可歸納出幾

10 湯瑪士·基尼(Thomas A. Keaney)、艾略特·柯漢(Eliot A. Cohen)等著，楊連仲譯，《波灣空戰掀起戰爭革命》（臺北：國防部史政編譯局，2002年1月），頁235。

11 蔡輝榮、吳宗禮，〈面對資訊作戰之準備、發展與落實〉，《資通安全專論》，2007年，頁3。

12 同註11，頁3。

項特點：第一，南斯拉夫隱真示假設置目標使北約偵察衛星、戰機難以捕捉；第二，採用靈活電子戰術，包括控制雷達開關機與經常改變設施位置避免遭受摧毀；第三，採用燃燒釋放的紅外線輻射與濃煙可使紅外線導引的精準武器出現偏差及衛星偵測困難；第四，雙方運用電腦網路攻擊，運用各種病毒阻斷其資訊渠道。

(三)第二次波斯灣戰爭

2001年發生「911事件」是美國打擊恐怖主義的一個重要「轉捩點」，於是先期針對阿富汗的神學士政府政權與在阿富汗境內的恐怖團體「基地組織」(Al-Qaeda)進行反恐戰爭，後期更將矛頭指向「邪惡軸心」伊拉克。美國以銷毀大規模殺傷性武器為由，在未經聯合國安全理事會授權的情況下，向伊拉克發動進攻，又稱為「伊拉克戰爭」，也是一場運用科技優勢，有效運用於沙漠戰場遂行同盟作戰的一場有限戰爭。2003年3月20日，以美英為主的聯軍部隊正式對伊拉克開戰，直到5月2日宣布結束長達44天對伊拉克的軍事行動。¹³ 在戰爭初期，美軍執行斬首作戰，掌握空中戰略優勢及聯合作戰能力，對伊軍實施精準打擊。先期以空中武力大量對敵地面攻擊，後期配合地面機動作戰之戰術運用，孤立與斷絕敵人戰力。另一方面，空軍大量運用精準導引武器摧毀或癱瘓伊軍的C⁴ISR系統與指揮鏈，徹底瓦解伊拉克軍

事力量的抵抗。

就戰爭之分析可歸納出幾項特點：第一，運用科技優勢在載臺上再次強化整合能力（也就是網狀化作戰Network Centric Warfare, NCW），更添增作戰效果；第二，引發現代戰爭型態的新思維，強調完全數位化的C⁴ISR技術，大幅度強化戰場即時情資與監控，嚴密掌控作戰遂行的每一項環節；第三，指管系統在防空作戰體系中，居於神經中樞的地位，其功能發揮有賴於優異的偵蒐能力及靈活可靠的通信支援作為基礎。在上述作戰分析發現，美軍大量且系統性使用現代資訊科技及計算機，甚至利用隱形科技、遙控偵測科技、航太科技以及精準導引武器，以改變部隊作戰能力；另一方面將通訊、資訊之硬體及軟體變成具有共通性，使能即時資訊共享，讓各級美軍指揮官能夠擁有前所未有的「三維空間」，¹⁴ 並同時封鎖、壓制或干擾敵方C⁴ISR系統。

三、關鍵科技與技術

由於美軍致力於各項先進科技與技術的研究與發展，利用「質」優勢來抵銷所面對敵方之「量」的優勢，不必採購新型陸、海、空軍載臺或擴編部隊編裝；只要應用新科技與技術，即可使現有載臺與部隊獲得戰場上之優勢，在上述戰爭中獲得驗證。

(一)精準打擊武器

美軍開始擁有精準武器能力是在第

13 培森，〈歷時44天伊拉克戰爭中美軍投入多少空中力量？〉，《新浪網》，2003年5月13日，<<http://news.sina.com.cn/w/2003-05-13/12001053663.shtml>>（檢索日期：2020年3月12日）

14 Joint Chiefs of Staff, *Joint Pub 3-13, Information Operations* (Washington, DC: Joint Chiefs of Staff, 13 February, 2006), pp. I-1-I-2. 軍事活動與資訊作戰必需在三維(Dimension)空間中進行。包括實體維(Physical Dimension)由指揮管制系統、基礎設施、網路與電腦組成；資訊維(Informational Dimension)則是進行資訊收集、加工、存儲、發布、顯示與保護的空間，也就是資訊駐留與流動的空間；認知維(Cognitive Dimension)則包含決策者與目標對想思想的空間。

一次波斯灣戰爭期間對重要目標（如指揮中樞、防空系統等）實施精確打擊，進而癱瘓敵軍整體作戰效能，因此廣受全球所熟知相繼投入發展。此後，各項武器大幅提升其精度與射程，而擁有精準戰力的武器系統數量也大幅增加。由於精準打擊武器不能獨立運行，必需綜合使用（如同作戰行動中，從指揮、通信、偵察、資訊的傳輸、計算機的運算到武器載臺等一連串的結合運作），精準武器的樣式也有改變。以雷射導引科而言，由於必需依靠雷射束「照射」目標，很容易受到天候因素影響，逐漸採用衛星導引科技來取代。現今發展精準武器可識別目標（依靠毫米波尋標器、全球定位系統或合成孔徑雷達），降低平民百姓傷亡的比例，同時降低誤擊友軍的發生率。

(二)C⁴ISR系統

美軍在C⁴ISR系統方面獲得重大進展，此種系統大量搜獲的參數可轉變為圖像，據以採取行動。例如，雷達系統偵獲的情資傳送給戰場指揮官，再傳送至海軍或空軍的作戰載臺。其中最重要技術發展是能夠傳送加密寬頻資料的Link-16數據鏈路系統，成為美軍的標準配備，使軍種間能夠進行作業互通，¹⁵如今已發展為Link-22數據鏈路系統，並可與Link-16相容及互通。美軍全般目標是希望建立一套龐大的「全球資訊網」，利用此種無間斷、可加密與聯合網路，將必要資訊提供給各軍種系統。

(三)資電系統

在第一次波斯灣戰爭時，在開戰前幾個月，美軍使用偵察衛星、空中偵察機及地

面偵測站監視伊軍動向，截獲伊軍的雷達、通信設施和電磁波信號，透過電腦和情報分析人員分析處理，最終確定伊軍的指揮中心、通信和雷達系統的各種參數。以致聯軍部隊在開戰後即對伊軍C³I（指揮、管制、通信、情報）系統實施干擾，使伊軍對聯軍之攻擊時機、方式與目標均一無所知，導致伊軍作戰部門與情報機構處於癱瘓的狀態，在戰爭中處於被動挨打的地位。

(四)作戰載具

無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)早在1980年代就已開始發展，在歷次衝突中使用頻率不斷提高，成為現今軍事作戰不可或缺之一環。其中掠食者(Predator)無人飛行載具擁有更高的飛行高度與更長的滯空時間，擁有聯合監控暨目標攻擊的能力。另外一種載具F-117「夜鷹」隱形戰鬥機，是世界上第一款完全以隱形技術設計的飛機，可憑隱形性能突破敵方防空火網，壓制敵方防空系統，摧毀嚴密守防的指揮中心、戰略目標或執行偵察任務，也是當時唯一一款可避開敵軍雷達監視、突破密集防空火網的戰機。

(五)通訊系統

通信衛星首次使用在第一次波斯灣戰爭中，對於軍隊部署、軍種支援與指揮掌握過程產生重大作用，甚至連精準打擊武器與各式作戰載具必需依賴高速數據處理才能取得戰果，使得軍事指揮對於通信系統的依賴性與日俱增。美軍運用衛星通信技術和數位化通信網路技術，把各國研製、生產和裝備的各種戰略、戰區及戰術通信網路和設備全

15 艾利諾·史龍(Elinor Sloan)著，黃文啟譯，《軍事轉型與當代戰爭》（臺北：國防部史政編譯室編譯處，2010年6月），頁38。

面融為一體，以確保美軍與多國部隊和基層作戰部隊之間的聯繫、各軍（兵）種之間、飛機、艦艇和坦克等作戰平臺之間的通信和資訊交換。

參、我國C⁴ISR的發展歷程

從上述這三場戰爭可以發現，世界軍事科技領先的美國在作戰中展現各種精準打擊武器外，凸顯在C⁴ISR系統的現代化軍事技術的優勢。由於現代戰爭要靠C⁴ISR系統整合，方能發揮資電優勢戰力及精準武器威力，美軍在這三場戰爭開始運用衛星、無人機及各種監偵系統，掌握伊軍及南盟軍的動態，透過資訊系統整合C⁴ISR使能運籌帷幄。反觀伊軍及南斯拉夫軍隊在戰爭過程中，C⁴ISR系統早已被美（盟）軍癱瘓而處於處處挨打的局面。如此使得C⁴ISR系統的發展，逐漸受到各國軍隊的重視。

一、共軍攻擊我C⁴ISR手段與模式

本文前述三場戰爭使共軍得到啟發，隨著經濟發展與崛起，積極進行軍事武器與軍備現代化。共軍戰力大幅躍進，我國國防進步有限的情況下，導致臺海軍事平衡嚴重向中共傾斜。面對兩岸軍力嚴重失衡，包括質與量均優於我國情況下，未來共軍在戰略與戰術上的運用（如打什麼，有什麼）將是我國C⁴ISR發展最大隱憂之處。

（一）無人飛行載具

無人飛行載具研製是中共航空工業的重要發展方向之一，早期仿造前蘇聯、美國及以色列的無人飛行載具已是一項公開秘密，更與其他國家技術合作，引進關鍵科技能力。觀察近年中共在無人飛行載具的發展，不僅能從事偵察、攝影、巡邏任務，更具有攻擊能力，其進步之神速，甚至與西方主要國家並駕齊驅。由於共軍積極進行軍事武器與軍備現代化後，信息化軍備武器將貫穿戰爭全程，無人飛行載具不但是載臺，也可作為武器，也是貫穿戰役全程的必要裝備。¹⁶ 中共至今已有一系列無人飛行載具列裝於陸、海、空軍及火箭軍的軍事任務。¹⁷ 於此同時，中共持續發展多種中高空、長航，包括能夠實現自主導航和自動返航的無人飛行載具，¹⁸ 用來提升共軍遠程偵察與打擊能力。

無人飛行載具具備操作簡易、價格低廉、飛行距離遠、滯空時間長等特性，已被共軍廣泛使用，並在海上建立偵察體系。¹⁹ 現階段已開始實戰部署，其部署重點在中國大陸沿海地區，將對我國軍造成軍事壓力與空防威脅。為了因應臺海情勢，共軍勢必將電子戰裝備裝載在無人飛行載具上，作為電子偵察、干擾或攜帶反輻射武器，壓制我空防、指管系統或突防攻擊任務；中共研發的

16 時先文，〈有時無人(UAV)勝有人：未來戰爭趨勢〉，《空軍學術雙月刊》，第622期，2011年6月，頁107-108。

17 鄭志凱，〈無人機浪潮捲起千堆雪〉，《天下雜誌》，2014年7月30日，<<https://opinion.cw.com.tw/blog/profile/60/article/1679>>（檢索日期：2020年3月12日）

18 Elsa Kania, *The PLA's Unmanned Aerial Systems: New Capabilities for a "New Era" of Chinese Military Power* (Montgomery, AL: China Aerospace Studies Institute, 2018), p. 7.

19 艾楊，〈俄專家：中國無人機可偵察航母 致對手無解〉，《多維新聞網》，2017年11月12日，<<http://news.dwnnews.com/global/big5/news/2017-11-12/60023148.html>>（檢索日期：2020年3月12日）

ASN-301反輻射無人飛行載具（該型號是仿製以色列「哈比」），可對我方雷達系統、防空飛彈陣地及指揮通信體系進行硬殺，達到癱瘓性的摧毀為目的。為了進一步提高無人飛行載具的隱形性能，提高戰場生存能力，共軍的無人飛行載具大量採用先進的隱形科技，朝向隱形化方向發展。包括特殊外形設計，採用複合材料、雷達吸波材料和低噪聲發動機、隔熱屏蔽等技術來降低紅外線信號特徵，以減少雷達反射面積等。

(二)隱形及各型式戰機

現今在資訊與科技現代化影響下，航太產業與資訊技術不斷推陳出新，加上中共經濟發展及對全球化事物更多參與，中共在資訊化建設取得成就，為打造現代化空軍提供基礎。中共空軍確立了「空天一體、攻防兼備」的戰略思想，建構以資訊化為基礎，提升空天體系的攻防能力，加快空軍現代化的轉型。另外，依據中共2015年《中國的軍事戰略》白皮書強調「空軍按照空天一體、攻防兼備的戰略要求，實現國土防空型向攻防兼備型轉變，建構適應信息化作戰需要的空天防禦力量體系，提高戰略預警、空中打擊、防空反導、信息對抗、空降作戰、戰略投送和綜合保障能力」。²⁰ 也就是說，中共空軍已經朝向準備建立一支能整合太空資訊與作戰，具備攻勢導向戰力的發展模式。²¹

中共空軍飛機數量在亞洲國家名列第一，雖然多數屬為第三代和第四代戰機，但

未來幾年中共空軍將持續量產第五代戰機，以期迅速縮小與西方國家空軍力量的差距。隨著多用途戰機的發展，第四代半戰機如殲-11(J-11)與殲-16(J-16)可執行對地攻擊或縱深打擊的任務，甚至可在中高空投擲精準炸彈，具有遠距精準打擊能力。另一方面，中共空軍在部分作戰支援機種上也陸續改裝成具有精確打擊能力。如殲轟-7(JH-7A)戰鬥轟炸機可攜帶鷹擊-91反輻射飛彈，以及轟-6H(H-6H)與轟-6K(H-6K)可攜帶長劍-10巡弋飛彈。中共自2009年起開始提出研發第五代戰機的計畫，將隱形科技視為空軍從「本土防衛轉型為攻防兼備」的核心要件。殲-20(J-20)的設計著重於強化隱形性及操縱性，為中共空軍提供多種前所未見的空中作戰模式，並大幅強化其投射能力。2011年1月殲-20(J-20)首飛，經過多次測試與改良。據媒體報導，首批殲-20(J-20)戰機已於2016年成軍，部署於南部戰區空軍第44師第131團；2017年續組建第二個殲-20(J-20)團裝備於東部戰區；第三個團則於2018年部署於北部戰區；2020年可望生產升級版的殲-20A(J-20A)。²² 上述部署將可對我海、空軍基地或指揮中樞實施戰略打擊，嚴重威脅我空防安全體系。

(三)彈道飛彈及巡弋飛彈

中共自1956年決定開始發展飛彈，主要受到美國戰略威脅。過去更是在國防經費逐年成長下，加速「火箭軍」部隊的組織與

20 孫力為，〈中國的軍事戰略（全文）〉，《中華人民共和國國防部》，2015年5月26日，〈http://www.mod.gov.cn/affair/2015-05/26/content_4588132.htm〉（檢索日期：2020年3月12日）

21 羅傑·克里夫(Roger Cliff)、約翰·費(John Fei)、傑夫·哈根(Jeff Hagen)等著，黃文啟譯，《21世紀中共空軍用兵思想》（臺北：國防部史政編譯室，2012年9月），頁80。

22 張謙，〈港軍事專家：大陸隱形機殲-20將成軍〉，《中央通訊社》，2016年4月30日，〈<http://www.cna.com.tw/news/acn/201604300118-1.aspx>〉（檢索日期：2020年3月12日）

裝備現代化進程，積極強化「反介入／區域拒止」(anti-access/areadenial, A2/AD)戰力，引起周邊國家疑慮。自中共國家主席習近平兼任中央軍委會主席以後，「火箭軍」的戰略打擊力量及應急作戰能力大幅提升。「火箭軍」掌控中共核子武器，在四大軍種中火力最強但人數最少，且由數個「飛彈基地」所組成。現今中共火箭軍早已部署多種武器系統，包括針對我國（臺灣本島）區域的短程彈道飛彈、用於地區嚇阻和傳統打擊行動中程彈道飛彈，以及用於戰略嚇阻可攜帶核彈頭的洲際彈道飛彈；具備先進且可在敵方打擊後能繼續生存的核飛彈部隊（其射程能覆蓋美國本土地區），持續追求對西方大國的戰略嚇阻能力。

中共自1960年代部署第一枚彈道飛彈後，其整合航太與飛彈工業的合作發展下，提升飛彈的射程、存活力、精準度與效能，採長期性與階段性的方式持續發展全球精準打擊能力，以期能對付多種目標，作為「反介入／區域拒止」戰略的核心要素。依據中共軍事革新理論思想的涵義歸納，以傳統戰術飛彈為主的精確導引武器，將對現代陸海空的主要載具及重要目標，形成致命性的威脅，如海軍主要武力船艦、空軍主力戰機、指管中樞等，均為易受攻擊之目標。儘管電子設備、電子武器、訊息（資訊）武器在未來高科技戰爭發揮極其重要，也是軍事革新的重要組成，但在戰鬥中的主要作用是進行軟殺傷；對敵方武器裝備、物資與人員等目標的硬殺傷仍需依靠傳統戰術飛彈為主體的

精確導引武器。²³ 共軍現階段部署射程600公里之短程彈道飛彈部隊，重點指向臺灣本島。短程彈道飛彈部隊（飛彈包括東風-11、東風-15）依戰略部署的駐地與戰區分布，隸屬第61基地管轄，其任務在以多軸向齊射飛彈，發動飽和攻擊來混淆與摧毀我國的飛彈防禦系統。另外，中共在2019年10月1日舉辦「建政70周年」慶祝活動首度亮相的超音速巡弋飛彈長劍-100，其特性為速度快、射程遠、作戰半徑大，能快速突破敵人防空火網，可精確打擊我方通訊指揮樞紐等高價值目標。²⁴

二、我國C⁴ISR的建立與缺陷分析

由於我國面臨主要軍事威脅，來自於對岸的共軍空中載具與各式飛彈部署，也促使國軍為強化整合指揮、管制、通信的防空指管系統，需建立一個指揮、管制與通信(C³)網來整合當時防空系統。除能擴大監視、早期預警與飛航管制等手段外，也能立即聯繫與指揮三軍部隊能在第一時間實施戰力保存與反制回擊。國軍自2004年著手建構以三軍聯合作戰指管通情系統的「博勝專案」。

我國的C⁴ISR系統以「博勝專案」作為國軍極為重要的大型資訊系統整合計畫，在整合我國三軍的C⁴ISR等裝備。以國防部「衡山」戰情資訊管理總體系統為核心，連接陸、海、空三軍指揮通信系統，進行三軍聯合作戰的指揮鏈結，除能分辨友軍、敵軍外，還能充分掌握我軍及敵軍動態，並與美軍共同分享共軍軍情資訊，是國軍主要軍事指揮聯絡網路。其運作模式為透過電子資

23 趙雲山，《中國導彈及其戰略》（香港：明鏡出版社，1999年11月），頁11。

24 楊幼蘭、楊馨，〈超音速航母殺手 陸長劍-100首現身〉，《中時電子報》，2019年10月1日，<<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20191001001547-260417?chdtv>>（檢索日期：2020年3月12日）

料通訊管道及終端機，將三軍偵蒐到敵情整合在一起，依照作戰單位需要給與足夠的資訊，適當分配接戰程序，避免重複接戰浪費火力。「博勝專案」能提供前線的即時影像及相關作戰資訊給國軍最高作戰中心「衡山指揮所」，讓最高指揮官下達最終作戰命令。²⁵

「博勝專案」的建構完成，使國軍能有效整合各式武器系統之戰力，大幅提升國軍實施三軍聯合作戰之能力。雖然我國C⁴ISR系統現代化程度和技術水準已明顯提升，且達到世界水準，但整體上來看，國軍的C⁴ISR系統仍有明顯的問題，這些問題將會在未來的臺海衝突中逐步暴露出來。

(一)偵監設施大部暴露且易受攻擊

共軍部署遠程多管火箭，配合海、空軍攻艦、對地及巡弋飛彈，火力可涵蓋我外島及本島區域。近年火箭軍採多波次實彈射擊模式，除強化首波癱瘓性突擊與威懾效果外，亦可達精準打擊，摧毀我指管中樞與軍事目標之目的。²⁶我國C⁴ISR系統中的對空及對海偵察之預警雷達多為固定站臺，大部分設施處於暴露且建立在高山或高地區域，共軍可透過衛星、空中或電子偵察等手段確定其座標，戰時極易遭受反輻射或精準武器的攻擊。加上設施的抗毀性不強，以及抗干擾能力是否符合實戰要求？極易因共軍的電子

干擾而失去作用？

(二)戰略資訊獲取受制他國

我國C⁴ISR系統中雖然裝備不少先進的雷達，但其偵察效果、範圍受到許多限制。據媒體報導，空軍樂山長程預警雷達是我國耗資數百億建造與維護，但關鍵技術與操作仍由美方實際掌握操作。如軟體使用權利，仍屬美國政府武器輸出管制法所管制之設備；另外如戰術終端機、閘道器、軍規裝備等保修，都需由美方派出技術代表提供後勤支援與技術服務。²⁷我國目前雖有自行發展的福爾摩沙衛星，但有些軍事情報仍不得不花錢向西方國家購取，²⁸在關鍵時刻易受制他國。

(三)系統智能化低且即時指揮決策難

在C⁴ISR系統中，決策支持系統是整個C⁴ISR系統實施作戰、贏得戰爭的基礎。「衡山」系統是我國最大的數據資料庫，但僅能旅級以上單位溝通，未能建立智能化的決策系統。由於智能性不強，缺乏思維、判斷和決策能力，只能按預先編好的程序工作，一旦沒有人去操作或人員的工作疏失下，將導致整個C⁴ISR系統無法運作；另一方面想要在各種情況下有效對陸、海、空三軍統一即時指揮管制難度極大。由於臺灣本島地域狹小，防禦縱深短淺，若從「發現目標→情資傳遞→進行決策→命令下達→進入戰備→接

25 黃敬平，〈幕後通資功能重 博勝案是臺美聯繫及軍情分享平臺〉，《今日新聞網》，2011年2月8日，<<https://www.nownews.com/news/20110208/563420>>（檢索日期：2020年3月12日）

26 中華民國108年國防報告書編纂委員會，《中華民國108年國防報告書》（臺北：國防部，2019年9月），頁40。

27 洪哲政，〈台美建構迅安聯戰系統十餘年 現在仍通不到衡山指揮所？〉，《聯合新聞網》，2018年10月21日，<<https://udn.com/news/story/10930/3433584>>（檢索日期：2020年3月12日）

28 李潤田、李海元，〈加入美國監聽網絡 臺軍截收大陸衛星信號〉，《人民網》，2004年1月2日，<<http://www.people.com.cn/BIG5/junshi/2278643.html>>（檢索日期：2020年3月12日）

戰目標」等作為，要在短時間內完成恐極為困難。由於系統互通性不強，使各軍（兵）種之間、戰略戰術系統之間互通能力不能滿足需要。²⁹

（四）電子戰設備少無法抵擋干擾與攻擊

共軍已建立各型電子干擾障地與部署各式干擾裝備，同時陸續完備海、空軍主戰裝備電戰能力整備，可運用電子偵察機及反輻射無人機對我C⁴ISR、陸基、防空飛彈及射控、預警等雷達實施干擾或攻擊。³⁰ 然我國電子戰設備參差不齊，許多設備由於價格昂貴，未能配套引進，作戰效益大打折扣。電子戰飛機雖經幾次改裝，輻射功率有限。地面部隊電子抗干擾能力較弱，在共軍運用各式電子戰裝備打擊下，難以發揮有效作用。

（五）空中預警機缺乏安全防護措施

我國採購引進的E-2T與E-2K空中預警機除了擔任早期預警與航空管制外，也是我國海空、陸空一體作戰的指揮樞紐。由於預警機在臺灣海峽或臺灣本島上空飛行時易遭共軍發現，也是遠程精準武器打擊的目標，由於飛行速度慢、自我防衛能力差，使得安全受到極大威脅。

（六）雷達難以發現追蹤戰術飛彈

中共的中、短程戰術飛彈的射程大約在1,000公里以內，其彈道高度可超過200公里以上，基本上超出我國傳統雷達的探測範圍，無法具備發現與追蹤戰術飛彈的能力，

在未來臺海衝突中，僅依靠傳統雷達的預警手段很難提供戰術飛彈的預警情報。我國雖然引進美國「鋪路爪」長程預警雷達，其監控測距可達3000公里，但該雷達受限於地球曲率的關係，在彈道飛彈初期發射時無法偵知，必需要等彈道飛彈到達一定高度時才能發現，最初預警可能得靠美國通知。³¹

肆、我國強化C⁴ISR系統之作爲

共軍在國家主席習近平奠定「強國夢」與「強軍夢」的戰略指導下國防及軍事現代化更朝機械化及資訊化方向建設，以期能夠打贏「信息化（資訊化）局部戰爭」。信息（資訊）作戰之軟、硬體包括籌建網軍、組建天軍、陸、海、空、太等偵監系統、遠距離精準打擊武器、隱形與反隱形技術等，新一代武器與C⁴ISR系統之資訊運用能量逐漸擴建當中，國軍必需強化現行的C⁴ISR系統應對中共軍事威脅。

一、當前困境與挑戰

C⁴ISR系統的建設是一種循序漸進、逐步發展的過程，期間需投入相當資源，如財力、技術、人力等方面。我國在「重層嚇阻」戰略的指導下，需以資訊戰與電子戰為考量場景，以平戰時結合之理念，戮力建軍備戰強化我C⁴ISR系統，方能於臺海衝突關鍵戰役剋敵機先。然而國軍在C⁴ISR系統的規劃與執行上仍存窒礙難行之困境，亟待我

29 呂禮詩，〈為臺灣軍力陷落診脈〉，《亞洲周刊》，2013年12月15日，〈http://www.yzzk.com/cfm/content_archive.cfm?id=1386214756627&docissue=2013-49〉（檢索日期：2020年3月12日）。陸軍AH-64E攻擊直升機雖具有多目標接戰能力、惡劣天候下的作戰能力、先進電戰防護能力與射後不理的地獄火飛彈，但戰術資訊無法透過Link-16鏈傳，亦無法與現有的AH-1W攻擊直升機構聯。

30 同註26，頁40。

31 張國威，〈鋪路爪監控 初期預警得靠美〉，《中時電子報》，2017年9月17日，〈<http://www.chinatimes.com/newspapers/20170917000297-260119>〉（檢索日期：2020年3月12日）

政府高層重視。

(一)使用預算偏低

國家安全是國防必要支出，近年來我國國防預算占GDP比率未能達到3%的標準。由於我國政府致力控制預算赤字，使得國防預算呈下降趨勢，衡量國家財政吃緊、舉債不斷攀高，此一標準是否能夠持續維持實不樂觀。特別是我國面對中共軍事威脅始終存在，臺海情勢依然緊張，國軍重大軍事投資預算編列需以國家安全為首要考量。政府應需檢討資源統籌分配，以維護我國家安全。

(二)對外採購困難

軍購武器裝備是我國高科技武器裝備的主要獲得來源，在中共壓力與阻擾下，往往被列為國防最高機密。而C⁴ISR系統重整需要適當投資，採購新型裝備之建設尤所費不貲。由於我國國防預算緊縮，衝擊最鉅者為軍事採購；在我國外交孤立與困境，對外軍購更是不易。因此，我國必需達成內部共識與團結，突破對外政治與外交困境，強化與友邦安全合作關係，以獲得高科技防衛性武器或裝備。

(三)國防自主困境

我國由於科技實力不足，財力資源有限，高端裝備種類多投資大，本身需求量大，外交孤立出口困難，無法有效達成經濟規模。以我國二代兵力整建計畫為例，主要包括經國號戰機、成功級飛彈巡防艦與勇虎戰車等，但關鍵技術如發動機、航電、武器系統等需從外國進口，尤其這些關鍵技術裝備具有高度政治敏感性的商品要進出口並不容易。這些武器載臺具有長期使用壽命，使

二代兵力整建計畫完成後，人員、設備無以為繼而散置，加上軍民通用不如預期，而無法形成產業外溢的效果。³²

二、我國應有之作為

未來資訊化戰爭，具有目的有限、作戰速決、毀傷最小、空間多維、手段一體等特點。隨著高科技武器裝備的迅速發展及其在現代戰爭中的運用，C⁴ISR系統不僅是現代戰爭的「神經中樞」，作戰載具及精準武器更成為現代戰爭的「主戰兵器」，資訊及電子戰攻防裝備成為武器系統的「守護神」與「效能倍增器」。這三種軍事系統、武器與裝備已成為現代戰爭的三大關鍵角色，國軍在科技與財力資源有限下，可在這三大角色重點發展。

(一)在C⁴ISR系統方面

1.強化各軍資（通）訊裝備與系統的鏈結

資訊與裝備發展運用技術與國家工業基礎相吻合，又能跟上日益發展的腳步，還能做到各軍通用，人員與載具資訊融合，實現資訊與裝備的標準化、系統化與通用化。國防部將委託國家中山科學研究院將陸軍作戰部隊打造成數位化部隊，建構「人員攜行式」、「車載式」及「指揮所層級」三種模組化系統。在人員攜行方面，由最前線負責作戰或偵察士兵配備，穿戴360度的擴增實境鏡頭、生理監測系統等裝置，除讓現場指揮官瞭解戰場實境，連官兵傷亡及心理狀態，都可經此套系統回傳作戰指揮中心，供指揮官瞭解戰況。

除官兵穿戴裝置，陸軍現有的主戰

32 歐錫富，〈臺灣發展國防產業的困境〉，《蘋果日報》，2016年11月21日，<<https://tw.appledaily.com/headline/daily/20161121/37458874>>（檢索日期：2020年3月12日）

裝備如M60A3、CM11等戰車、CM21、M113等裝甲運兵車及M109自走砲等裝備，都裝上數位化系統，以提升陸軍火炮射擊精準度，讓指揮官依當時戰況，直接下令前線戰車、火炮支援作戰官兵或直接摧毀敵軍。建構完成後，可整合及接收國軍現有或建置中的情蒐與指管等系統及資安防護與監控系統，使作戰區、作戰分區、旅、營級指揮所共享情資，形成共同作戰圖像，可完全掌握敵軍攻防。預計2021年由駐守北部的第六軍團完成戰備，逐步推廣到各作戰區。³³ 未來需逐次擴及三軍各部隊，透過有線、無線、衛星通訊的資料鏈結，分層別類的傳遞給每一個戰機或直升機的飛行員、軍艦的艦長、戰車的車長，砲陣地的砲長及戰地指揮官，使其清楚明瞭敵我兵力部署、部隊動態、戰場環境等情資。

2. 預警偵察多樣化與全方位警監系統

世界多數國家以運輸機作為運載平臺，我國空軍也不例外，空軍以C-130運輸機改造成C-130HE作為我國電子作戰飛機。³⁴ 一些國家還發展以直升機為平臺的預警機，³⁵ 由於直升機具備經濟實用、機動靈活等特性，特別適用於海軍艦隊對空預警，可與其他預警機實施高、低空搭配使用。此外先進國家還研製新型高性能小型化的預

警雷達系統，與其他的電子設備（如紅外線追蹤、電子干擾系統）安裝於吊（莢）艙內，³⁶ 可掛載於戰鬥機與其他戰機一起行動、編隊飛行，達到空中預警作用。另一方面，可發展多用途無人機搭載預警系統，鏈結衛星、雷達與預警機，協助空中預警指揮任務。

由於臺灣本島地理條件限制，國軍作戰具有「預警短、縱深淺、決戰快、持續難」等特點，必需建立即時、高效的指揮系統來掌控戰場態勢以扭轉處於被動的局面。我國目前已初步建立一個由雷達（「鋪路爪」長程預警雷達）、預警機（E-2空中預警機）和衛星（福爾摩沙衛星）組成的地面、空中和太空立體配置，區分近、中、遠程探測手段相結合的全方位預警系統。未來需鏈結無人機、艦載雷達各式防空（反艦）武力以形成一體化的多維預警、偵察與攔截系統，也就是全方位的警戒監視網。有效探測臺海周邊各式戰機、船艦、飛彈等海空目標，儘早獲取預警資訊，贏得更長的攔截反應時間。

(二)在國防研究發展領域方面

1. 賡續發展軍民通用之武器研製能量

由於發展高科技武器裝備價格昂貴，我國在研製、開發和生產武器裝備的費

33 王焯華，〈國軍砸23億 造數位化部隊〉，《蘋果日報》，2016年3月16日，<<https://tw.appledaily.com/new/realtime/20160316/817416/>>（檢索日期：2020年3月12日）

34 王焯華，〈空軍最神秘天干電戰機 陳月芳駕駛過〉，《蘋果日報》，2016年5月15日，<<https://tw.appledaily.com/new/realtime/20160515/861822/>>（檢索日期：2020年3月12日）

35 李琨，〈英國新一代海上直升機載預警系統發展綜述〉，《搜狐網》，2017年10月6日，<http://www.sohu.com/a/196520917_610290>（檢索日期：2020年3月12日）

36 Tyler Rogoway, "Infrared Search And Track Systems And The Future Of The US Fighter Force," *Foxtrot Alpha*, March 26, 2015, <<https://foxtrotalpha.jalopnik.com/infrared-search-and-track-systems-and-the-future-of-the-1691441747>>（檢索日期：2020年3月12日）

用極為有限。需結合國家各部會（機關）資源與民間產業能量，共同帶動國防產業發展，達成滿足我國防需求及創造經濟效能之雙贏目標。國防工業與民生工業在技術發展與產品生產上要一體化，確保軍民結合、平戰結合之原則。國家中山科學研究院是我國三軍高科技和系統裝備研製的核心機構，該院成立於1969年，過去曾在「成功」級巡防艦及「經國」號戰機等海空軍用裝備、飛彈系統、電子戰系統的研發中發揮關鍵作用。雖然現已轉型為行政法人機構，將聚焦於整合民間產業能量轉而投入國防科技與先進武器研製。

基於國際軍售不確定因素、中共的干預抵制及「國防自主」不能完全仰賴外購因素考量下，對於重要、關鍵性的科技能量、武器技術仍需自行開發、掌握，以免受制於他國。國防部必需強化與國家中山科學研究院的合作，提升國防科技能力、建立自主國防工業、拓展國防及軍民通用技術等雙贏目標邁進。由於武器裝備發展許多關鍵

技術主要來自民間產業（如電腦軟體、印刷電路、通信器材和先進材料技術等），我國電子產業發展蓬勃，具體的硬體包括虛擬實境(Virtual Reality，簡稱VR)裝置、穿戴式產品、智慧汽車、機器人等產品；軟體的產品如物聯網、第五代行動通訊技術(5th generation wireless systems，簡稱5G)、行動服務、人工智慧(Artificial Intelligence，簡稱AI)等技術與服務也都相應而生。

尤其5G及AI技術不但有廣泛民用前景，也具備相當大的軍事潛力，是一種足以改變未來戰爭面貌的科學技術。³⁷與現有通信系統相比，5G在傳輸速率和穩定性方面，可滿足未來戰場通信任務需求，可改變未來戰場的指管體系。5G可即時快速傳遞戰場情報（如對目標進行方位的識別、遠程偵察和預警等），迅速提供戰場資訊，提升指揮網路化、即時化、一體化的戰場控制。5G可應用在虛擬實境(VR)和擴增實境(Augmented Reality，簡稱AR)等軍事領域上，³⁸我國未來可嘗試開發VR精確射擊訓練模擬器和AR的

37 5G將應用較高的通信頻段，將使數據傳輸速率得到大幅提升，不但可以提高戰場各類數據的傳輸速率，還能創新資訊應用模式，提高指揮管制效率。AI除能在情報偵察、指揮管制等領域的運用外，還具有資訊處理能力、數據處理效率、精確打擊能力和精準管理能力等。2018年12月，美國「國際戰略研究中心」(Center for Strategic and International Studie, CSIS)發布題為《5G技術將重塑創新與安全環境》(How 5G Will Shape Innovation and Security)的報告，將5G定義為新軍事能力的基礎技術；2019年4月，美國「國防部國防創新委員會」(Defense Innovation Board)發布題為《5G生態系統：國防部的風險與機遇》(The 5G Ecosystem: Risks and Opportunities For DoD)的報告，全面分析了美國國防部發展5G技術的重難點問題和安全挑戰；2019年6月，美國智庫「情報與國家安全聯盟」(IntelligenceandNational Security Alliance, INSA)發布《5G移動通信技術對國家安全的影響》(The National Security Challenges Of Fifth Generation Wireless Communications)的報告，指出5G技術在自動駕駛、指揮管制以及情報、監視和偵察等領域具有巨大軍事應用潛力；2019年11月，美國「國會研究處」(Congressional Research Service)發布《人工智能與國家安全》(Artificial Intelligence and National Security)的報告，指出人工智慧對國家安全領域帶來的影響將是革命性的，未來將逐步朝向軍事化發展，勢必將會引起新式武器裝備、作戰方式、部隊編制和作戰能力等面向發展，進而引起新一代的軍事革命。

38 洪煥周，〈美軍志在獨步全球 各大軍事基地結合5G、AR/VR相關應用〉，《DIGITIMES》，2020年2月10日，<https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&cat1=20&cat2=130&id=0000577004_350lhn514zyga3gzgany>（檢索日期：2020年3月12日）

指揮與管制訓練模擬器，以提升單兵和部隊的作戰能力。因此，國防部應持續關注民間企業及技術、產業動態等，以便建立國防產業供應鏈，確保將最先進技術即時引入武器裝備發展領域。

2. 發展各式不對稱武器與作戰載具

「嚇阻」與「防禦」何者優先，及能有效因應共軍的威脅，乃我國安全政策所持續探討的焦點，有不少學者提出應思考發展「有限攻擊能力」來嚇阻中共。我國《2017年國防報告書》指出國軍將依「防衛固守，重層嚇阻」之軍事戰略，武器系統發展以「機動、隱匿、快速、價廉、量多、損小、效高」為方向，作為投資的重點，³⁹ 重點發展精準打擊的不對稱武器，以提升整體作戰效益。不對稱武器負有打亂敵方作戰節奏之任務，以增加共軍進犯的困難度與不確定性，爭取戰力重整以遂行抵抗反擊的時間。國軍過去曾研製出性能優異、相對價廉不對稱武器，如巡弋飛彈、攻艦飛彈、水雷等，未來除持續維持研製新一代反輻射飛彈外，無人飛行系統也是另一研製要項。國軍應積極配置小型無人機到基層作戰單位，以強化國軍在資電作戰中戰場資訊的整合。如果能持續研究發展，國軍無人機可以替代攻擊直升機的功能，成為戰場偵搜及打擊的主要力量。

另一方面，可研製或採購在敵第一擊突襲下存活的可恃戰力，如潛艦與垂直或

短場起降戰機。我國期望獲得F-35B垂直起降戰機以改善機場跑道被攻擊後飛機起降的問題，該型戰機也具備隱形能力，可對中國大陸沿海軍事設施造成威脅，但價格不菲而且維修及營運成本極高。F/A-18戰機通過隱形改進和強大電戰干擾手段，可以降低甚至於破解隱形戰機的優勢，且對於跑道的長度要求較小，可以降低機場跑道被攻擊後飛機起降的衝擊。⁴⁰ 我國建（採）購新一代戰機將可執行雷達反制、通信干擾和發射反輻射飛彈等任務，有利壓制敵人的空中優勢，尤其具高機動性的隱形戰機搭載精準武器可實施對敵重要目標的突擊。另需尋求國內外廠商的協助與合作，改善現有戰機的「隱匿性」、戰機雷達航電的性能、視距外（空對空、空對地、空對海、防區外）打擊能力以及空中加油設備。⁴¹

（三）在資訊及電子戰攻防裝備方面

1. 持續建（採）購電子戰攻防系統

由於共軍近年來大力提倡「科技強軍」戰略指導與在「複雜電磁環境下打贏局部戰爭」之目標推動下，全面提升電子戰能力，已具備奪取「局部制信息（資訊）權」進攻作戰能力及電磁頻譜管控能力，使國軍電子戰能力已無優勢存在。加上國防財力與資源有限下，無法全面提升技術與裝備水準，需集中現有的人力、物力、財力在重要層面上研究開發關鍵技術與資訊裝備，有效提升國軍電子戰裝備的實戰水準。鑑於上述

39 中華民國106年國防報告書編纂委員會，《中華民國106年國防報告書》（臺北：國防部，2017年12月），頁74。

40 劉暢，〈求購F-35無望臺灣準備在F-15與F/A-18中二選一？〉，《鳳凰網》，2018年2月13日，<http://news.ifeng.com/a/20180213/56012654_0.shtml>（檢索日期：2020年3月12日）

41 蔡翼，〈另類觀點檢視臺灣本島防禦作戰〉，《臺北論壇》，2014年1月28日，<<http://140.119.184.164/view/118.php>>（檢索日期：2020年3月12日）

情況，國軍一方面要提升C⁴ISR系統的智能性、抗毀性和互通性；另一方面需發展可對敵C⁴ISR系統造成癱瘓的殺手鐮武器之研製，以期加大嚇阻效能。

為因應共軍癱瘓指管系統，我國配合新一代雷達換裝，各型雷達陸續裝設「電子誘標系統」，以在遭遇反輻射飛彈攻擊時，藉由電子干擾方式使飛彈偏離攻擊目標，提高「第一擊」下的防護能力。另外，自行研發的「天劍-2A」反輻射飛彈也與IDF戰機進行空電系統整合，具備攻擊敵指管系統之能力，⁴²以持續向美國爭取購買AGM-88高速反輻射飛彈掛載在F-16戰機。⁴³另一方面，為反制中共建構「北斗衛星」系統，國家中山科學研究院成功研發「單兵導航衛星干擾系統」、「衛星導航干擾系統」及「合成孔徑雷達衛星反制系統」，以電子頻譜干擾方式讓飛彈無法命中目標。另設置輔助導彈誘標系統讓共軍攻擊假目標，以降低我方設施傷損。⁴⁴未來電子對抗將擴展電子干擾頻譜，我國必需發展多波道干擾技術，提高干擾功率，採用隱匿、偽裝技術，此外需增強我方電子設備的電子反制能力。

2.發展各式癱瘓設備之電腦病毒

在軍事上，電腦病毒可作為新型電子戰應用手段，也是最經濟及有效方

式。相較於傳統武器的研發與製造，電腦病毒及攻擊程式具備低成本、高效益及無限制等特點。由於網路迅速發展，電腦病毒可攻擊網電空間和所有外圍設備，包括電腦、PDA與手機，其感染的載體有磁片、USB、CD、DVD、網路、網站、電子郵件等。⁴⁵以科索沃戰爭為例，以電腦病毒攻擊為重要手段的「網路戰」更為激烈。「網路戰」以電腦病毒攻擊、硬體摧毀等手段，對敵方資訊網路系統進行干擾、破壞、摧毀或控制，以此影響、破壞以資訊網路為基礎的軍事系統及國家資訊基礎設施，同時保護我方以資訊網路為基礎的軍事系統及國家資訊基礎設施不受敵方類似行動影響作戰行動。

戰爭期間美軍將大量病毒和欺騙性資訊輸入南斯拉夫電腦網路與通信系統，以阻塞其資訊傳播管道；南斯拉夫駭客使用各種病毒進攻北約的指揮通信網路，導致北約通信陷入癱瘓。⁴⁶國軍應以此為借鏡，積極發展各式電腦病毒干擾或破壞敵方武器控制系統之中樞，使其指揮系統癱瘓或操作失靈的新型電子戰手段，將資訊戰、駭客攻擊、網路攻擊等納入未來各項演習的範疇。運用發展方向可朝利用電磁波及附屬系統進行傳播與擴散，尤其電子設備具有附屬設

42 子木，〈美助臺組電戰部隊 妄擁有攻擊大陸能力〉，《中國網》，2003年3月21日，<<http://big5.china.com.cn/chinese/junshi/297552.htm>>（檢索日期：2020年3月12日）

43 洪哲政，〈國防部長：我對美採購高速反輻射飛彈政策不變〉，《聯合新聞網》，2017年9月26日，<<https://udn.com/news/story/6656/2724601>>（檢索日期：2020年3月12日）

44 王烱華，〈臺製干擾車 癱瘓中共北斗衛星〉，《蘋果日報》，2017年3月13日，<<https://tw.appledaily.com/headline/daily/20170313/37581173>>（檢索日期：2020年3月12日）

45 文彻(Daniel Ventre)著，胡生亮、賀靜波、劉忠、王旭東、卞小林、李軻譯，《信息戰》（北京：國防工業出版社，2013年5月），頁162-163。

46 吳敏文、楊鐵虎，〈美軍為何青睞計算機病毒武器？〉，《人民網》，2005年1月19日，<<http://www.people.com.cn/BIG5/junshi/1078/3131196.html>>（檢索日期：2020年3月12日）

備，包括天線、電源系統、傳感系統與驅動系統等，這些附屬設備直接或間接與主機相聯接，不具備抗病毒能力。研發病毒發射裝置可將電腦病毒，藉雷射光束或電磁波進入到敵方無線通訊接收設備系統中擴散與蔓延。⁴⁷

4. 重視人才培訓與資訊保密安全

為整合國軍現有資電作戰與民間能量，於2017年7月1日編成「資通電軍指揮部」，整合陸、海、空三軍資通電能量，平時維護國軍各式資通電系統及防衛國防資訊網路，支援國家層級網際防禦為任務；戰時確保國軍指管網路、資訊安全及情監偵系統有效運作，捍衛國家安全。⁴⁸由於國軍強調資通電的發展使專業與技術人才越顯得重要，不能只是把目光焦點放在資電裝備的更新，忽略人才對作戰勝負產生關鍵性的作用，尤其資訊人才培育（訓）、證照等相關問題皆需透過跨界整合方能解決。為培育「熟悉資訊技術、明瞭管理理念、發展資訊系統、提升資訊應用」之國軍基層資管人才，以支援國軍資管系統發展及國軍資訊基礎建設之需要，在人才培育（訓）上鏈結政府機關如教育部與經濟部，結合國內大學院校的教學能量，培養實務應用人才，提供國軍各項資電人才之所需。

另一方面，在未來資訊化戰爭，敵我雙方為爭取資電優勢，資訊安全保密至關重要。由於各式資訊洪流透過傳播媒體流動於人與人、國與國之間，不論是平板電

腦、智慧手機，都為我們日常生活帶來便利及豐富的資訊洗禮之同時，國軍應更加提防軍事機密與安全防護上可能漏洞。除了通信保密、文書保密外，新型態網際網路保密問題更應重視，諸如網際交談、電子郵件等衍生許多安全漏洞。因此，國軍各單位在資訊設備運用日趨廣泛之際，更應著重於駭客入侵、病毒擴散與資料安全等問題之防範，強化資安保密紀律以維國軍資訊安全。

伍、結 論

美軍在數次戰爭中，憑藉著先進的C4ISR系統，從陸地、海洋、天空、太空等多層次多角度對敵軍實施大規模的精確打擊。對某些特定目標（如敵方指揮中樞、防空體系）進行硬摧毀和軟殺傷，達成震撼敵軍的作戰效果，有效控制戰爭節奏，把握戰場主動權。缺乏科技力量的伊拉克或是南斯拉夫軍隊，根本無力在新型作戰領域與美軍有效抗衡，只能在地面戰場被動尋求應對之策。直到第二次波斯灣戰爭，美軍採取C⁴KISR的新概念，實現戰場資訊與火力打擊一體化，美軍統一指揮和調度戰機，統一分配目標和火力，一旦發現敵情，立刻調動空中待命戰機或巡弋飛彈實施打擊。指揮、管制、通信、資訊、情報、監視與偵察，即C⁴ISR系統對我國來說至關重要，強化該系統不僅可以應付來自中共軍事威脅，在災害搶救方面也能發揮重要作用。近年來國軍積極推動「博勝專案」建構戰場資訊化下，

47 賀雪晨、陳林玲、趙琰，《信息對抗與網路安全》（北京：清華大學出版社，2010年5月），頁109。病毒發射槍作為一種新式電腦病毒發射武器，其載體為運輸工具式激光或電磁波，其原理與發射生物病毒砲彈相同（生物病毒的運載工具式砲彈，將裝有病毒或細菌的空心砲彈發射到敵軍陣地或後方，使其迅速傳染，殺傷敵人有生力量；病毒發射槍則利用載有電腦病毒的激光或電磁波，發送到指定位置）。

48 同註39，頁61。

已實現聯合作戰指揮、數據鏈及網路整合工作，提供三軍共同作戰圖像的分享及聯合作戰指管能力已初具成效，未來可針對戰爭型態與作戰需求，有效遂行戰場管理。

研究發現現階段國軍部隊在資訊共享與數位化指揮領域仍有很大的缺口，尤其在戰時，共軍將會積極取得三權（制空、制海及制電磁權）優勢。國軍要有效掌握戰場態勢及時作出決策，勢必困難。各軍種雖建立各自的資訊鏈，且藉由「博勝專案」加以整合，但相互之間的通聯仍有缺陷，對三軍統一指揮機制造成影響。這將影響聯合作戰效能，國軍面對「首戰即是決戰」下，必需建構有效率的防禦力量。首先，必需強化 C⁴ISR 系統，及早掌握敵方動態，透過網路通信的整合平臺，進行有效戰場指揮管理。如果無法看到敵軍來襲動向、無法監控戰場景況、沒有即時通訊來調度兵力、無法進行即時性的指揮作戰、無法協調各軍（兵）種聯合（協同）作戰，在作戰節奏極為迅速現代化戰爭當中，只能處於被動挨打的局面（就如同本研究列舉三場戰爭為例）；第二，C⁴ISR 系統需採軟硬殺結合為手段，軟殺即為資訊與電子戰等系統裝備，硬殺即為作戰載具與精準武器；第三，國軍必需有效運用有限資源，強化與中科院合作來提升國防科技實力，藉由各項武器裝備研製來帶動國軍整體的進步，進而提升三軍 C⁴ISR 系統，嚇阻敵輕啟戰端。

未來國軍必需規劃 C⁴ISR 系統的發展願景，利用累積多年發展及整合經驗，發展未來所需通信網路、情資處理、指管輔助、敵我識別等關鍵技術，充分掌握三軍系統整合及戰場管理的能量。C⁴ISR 系統在戰場中佔有舉足輕重的重要地位；國軍需要建構

一套符合「防衛固守、重層嚇阻」作戰指導的 C⁴ISR 系統，讓戰場指揮官可以「運籌帷幄、決勝千里」。由作戰中心透過有（無）線網路通訊系統，運用各式偵蒐載具及資訊處理設備，提供早期預警，隨時掌握敵情，強化戰場資電優勢，整合三軍武器系統網狀化作戰理念，提供戰場指揮官下達適切作戰命令，能有效遂行克敵制勝的作戰任務。

（收件：108年10月2日，接受：109年3月27日）

參考文獻

中文部分

專書

- 中華民國106年國防報告書編纂委員會，2017/12。《中華民國106年國防報告書》。臺北：國防部。
- 中華民國108年國防報告書編纂委員會，2019/9。《中華民國108年國防報告書》。臺北：國防部。
- 周獻中、鄭華利、田衛萍、梁維泰，2012/9。《指揮自動化系統輔助決策技術》。北京：國防工業出版社。
- 趙雲山，1999/11。《中國導彈及其戰略》。香港：明鏡出版社。
- 賀雪晨、陳林玲、趙琰，2010/5。《信息對抗與網路安全》。北京：清華大學出版社。

專書譯著

- 文彻(Daniel Ventre)著，胡生亮、賀靜波、劉忠、王旭東、卞小林、李軻譯，2013/5。《信息戰》。北京：國防工業出版社。
- 湯瑪士·基尼(Thomas A. Keaney)、艾略特·柯漢(Eliot A. Cohen)等著，楊連仲譯，2002/1。《波灣空戰掀起戰爭革命？》。臺北：國防部史政編譯局。
- 艾利諾·史龍(Elinor Sloan)著，黃文啟譯，2010/6。《軍事轉型與當代戰爭》。臺北：國防部史政編譯室編譯處。
- 羅傑·克里夫(Roger Cliff)、約翰·費(John Fei)、傑夫·哈根(Jeff Hagen)等著，黃文啟譯，2012/9。《21世紀中共空軍用

兵思想》。臺北：國防部史政編譯室。

期刊論文

- 周家波、史良勇，2007/4。〈美軍綜合電子信息系統的發展與啟示〉，《雷達與電子戰》，第4期，頁22-27。
- 周美珍、譚紹杰，2003/3。〈美軍全球指揮控制系統發展現狀和能力〉，《現代電子工程》，第3期，頁13-19。
- 岳松堂、王軍良，2007/9。〈從C⁴ISR到GIG再到C⁴KISR：美軍綜合電子信息系統未來發展綜述〉，《國外坦克》，第9期，頁11-14。
- 蔡輝榮、吳宗禮，2007。〈面對資訊作戰之準備、發展與落實〉，《資通安全專論》，頁1-27。
- 錢高陞，2003/4。〈歷代戰爭中電子戰史實與評析〉，《空軍學術月刊》，第557期，頁46-64。
- 時先文，2011/6。〈有時無人(UAV)勝有人：未來戰爭趨勢〉，《空軍學術雙月刊》，第622期，頁87-119。

網際網路

- 子木，2003/3/21。〈美助臺組電戰部隊 妄擁有攻擊大陸能力〉，《中國網》，<<http://big5.china.com.cn/chinese/junshi/297552.htm>>。
- 艾楊，2017/11/12。〈俄專家：中國無人機可偵察航母 致對手無解〉，《多維新聞網》，<<http://news.dwnews.com/global/big5/news/2017-11-12/60023148.html>>。
- 王焜華，2016/3/16。〈國軍砸23億 造數

- 位化部隊》，《蘋果日報電子報》，〈<https://tw.appledaily.com/new/realtime/20160316/817416/>>。
- 王烱華，2016/5/15。〈空軍最神秘天干電戰機 陳月芳駕駛過〉，《蘋果日報電子報》，〈<https://tw.appledaily.com/new/realtime/20160515/861822/>>。
- 王烱華，2017/3/13。〈臺製干擾車 癱瘓中共北斗衛星〉，《蘋果日報電子報》，〈<https://tw.appledaily.com/headline/daily/20170313/37581173>>。
- 李琨，2017/10/6。〈英國新一代海上直升機載預警系統發展綜述〉，《搜狐網》，〈http://www.sohu.com/a/196520917_610290>。
- 李潤田、李海元，2004/1/2。〈加入美國監聽網絡 臺軍截收大陸衛星信號〉，《人民網》，〈<http://www.people.com.cn/BIG5/junshi/2278643.html>>。
- 呂禮詩，2013/12/15。〈為臺灣軍力陷落診脈〉，《亞洲周刊》，〈http://www.yzzk.com/cfm/content_archive.cfm?id=1386214756627&docissue=2013-49>。
- 呂欣懋，2018/10/21。〈國防部：迅安系統已與衡指所完成通聯〉，《中央通訊社》，〈<https://www.cna.com.tw/news/aip/201810210058.aspx>>。
- 邱榮守，2018/10/2。〈因應灰區侵略 美電磁戰重獲優勢（上）〉，《青年日報電子報》，〈<https://www.ydn.com.tw/News/307321>>。
- 吳敏文、楊鐵虎，2005/1/19。〈美軍為何青睞計算機病毒武器？〉，《人民網》，〈<http://www.people.com.cn/BIG5/junshi/1078/3131196.html>>。
- 洪哲政，2017/9/26。〈國防部長：我對美採購高速反輻射飛彈政策不變〉，《聯合新聞網》，〈<https://udn.com/news/story/6656/2724601>>。
- 洪哲政，2018/10/21。〈台美建構迅安聯戰系統十餘年 現在仍通不到衡山指揮所？〉，《聯合新聞網》，〈<https://udn.com/news/story/10930/3433584>>。
- 洪煥周，2020/2/10。〈美軍志在獨步全球 各大軍事基地結合5G、AR/VR相關應用〉，《DIGITIMES》，〈https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&cat1=20&cat2=130&id=0000577004_35olhnh514zyga3gzgany>。
- 張國威，2017/9/17。〈鋪路爪監控 初期預警得靠美〉，《中時電子報》，〈<http://www.chinatimes.com/newspapers/20170917000297-260119>>。
- 張謙，2016/4/30。〈港軍事專家：大陸隱形機殲-20將成軍〉，《中央通訊社》，〈<http://www.cna.com.tw/news/acn/201604300118-1.aspx>>。
- 黃敬平，2011/2/8。〈幕後／通資功能重 博勝案是臺美聯繫及軍情分享平臺〉，《今日新聞網》，〈<https://www.nownews.com/news/20110208/563420>>。
- 歐錫富，2016/11/21。〈臺灣發展國防產業的困境〉，《蘋果日報電子報》，〈<https://tw.appledaily.com/headline/daily/20161121/37458874>>。
- 劉暢，2018/2/13。〈求購F-35無望臺灣準備在F-15與F/A-18中二選一？〉，《鳳凰網》，〈http://news.ifeng.com/a/20180213/56012654_0.shtml>。
- 蔡翼，2014/1/28。〈另類觀點檢視臺灣本

島防禦作戰》，《臺北論壇》，<<http://140.119.184.164/view/118.php>>。

培森，2003/5/13。〈歷時44天伊拉克戰爭中美軍投入多少空中力量？〉，《新浪網》，<<http://news.sina.com.cn/w/2003-05-13/12001053663.shtml>>。

鄭志凱，2014/7/30。〈無人機浪潮捲起千堆雪〉，《天下雜誌》，<<https://opinion.cw.com.tw/blog/profile/60/article/1679>>。

孫力為，2015/5/26。〈中國的軍事戰略（全文）〉，《中華人民共和國國防部》，<http://www.mod.gov.cn/affair/2015-05/26/content_4588132.htm>。

楊幼蘭、楊馨，2019/10/1。〈超音速航母殺手 陸長劍-100首現身〉，《中時電子報》，<<https://www.chinatimes.com/real-timenews/20191001001547-260417?chdtv>>。

外文部分

專書

Jacobs, John F., 1986. *The SAGE Air Defense System: A Personal History*. Bedford, MA: MITRE Corporation.

Joint Chiefs of Staff, 2006/2/13. Joint Pub 3-13, Information Operations. Washington, DC: Joint Chiefs of Staff.

Kania, Elsa, 2018. *The PLA's Unmanned Aerial Systems: New Capabilities for a "New Era" of Chinese Military Power*. Montgomery, AL: China Aerospace Studies Institute.

期刊論文

Drent, Jan, 2003/7. "Confrontation in the Sargasso Sea: Soviet Submarines During

the Cuban Missile Crisis," *The Northern Mariner*, Vol.13, No.3, pp. 1-19.

網際網路

Rogoway, Tyler, 2015/3/26. "Infrared Search And Track Systems And The Future Of The US Fighter Force," *Foxtrot Alpha*, <<https://foxtrotalpha.jalopnik.com/infrared-search-and-track-systems-and-the-future-of-the-1691441747>>.