



美國聯合全領域指揮管制發展 及運用

作者簡介



李威錫少校，空軍航空技術學院電子戰軍官班105年班；曾任分隊長、隊長、教官，現任資通電軍資電訓測暨準則發展中心教官。

提要>>>

- 一、聯合全領域指揮管制(JADC2)是美軍為整合陸、海、空、太空及網路空間等多個作戰領域而設計的新型指揮管制系統，旨在提升跨領域協同作戰的效能與應變能力。
- 二、現有的指揮管制架構難以應對現代戰場的全域作戰需求，因此美國正投入龐大資源開發JADC2，視其為未來戰場中的關鍵趨勢，以維持作戰優勢。
- 三、本文分析JADC2的發展背景及其對美國軍事戰略的重要性，並探討此系統對我國未來軍事發展的影響，為制定建軍備戰政策提供參考依據。

關鍵詞：全領域作戰、共同作戰圖像、多領域任務部隊、聯合全領域指揮管制、低軌道衛星、反介入／區域拒止、軍事物聯網

前言

世界正進入一個高速便捷，卻又同時帶有可怕與威脅的現代高科技戰爭時代，美國在《2018年美國國防戰略》強調了軍事戰略新方向，基此美國國防部及所有軍種均達成共識，在面對競爭對手時需要在陸、海、空、太空及網路空間等所有作戰領域展開新型的全領域作戰，儘管美國持續開發最先進的技術，且不斷聲明保持與競爭對手同等競爭力的重要性，然美軍現有的指揮管制架構並無法完全滿足此一趨勢，且美國國防戰略將原本對抗全球恐怖主義，調整為應對未來2025～2050年間具備與美軍同等能力的俄羅斯與中國大陸，並指出「俄」、「中」兩國正以非常規軍事化戰爭競爭之模式，抵消美國及其盟友的各項能力及優勢，以動搖區域安全穩定導致戰略失衡，產生決策上的延遲或策略上的改變。基此，美國國防部提出聯合全領域指揮管制概念及多領域任務部隊等新興思維，並對軍隊指揮方式實施現代化改造，期運用人工智慧、網路技術、軍事協議及指揮管制來應對新式威脅，「聯合全領域指揮管制」(Joint All-Domain Command and Control, JADC2)就

是美國國防部為此打造的新型聯合作戰概念。¹

聯合全領域指揮管制定義與發展現況

一、聯合全領域指揮管制定義

美國現今的主要假想敵是中國大陸和俄羅斯，兩國均已研發出複雜且先進的多領域防禦技術，對美軍未來的戰場掌控與控制構成了重大挑戰，這些技術包括網路武器、防空系統、電子戰技術和遠程導彈。其中，中國大陸的「反介入／區域拒止」(Anti-Access/Area Denial, A2/AD)戰略尤其引人注目，該戰略利用精準導彈、先進感測器及感應技術，旨在防止美國干預中國大陸近海衝突或對其本土的攻擊。

根據美國國防戰略報告，在「反介入／區域拒止」(「A2/AD」)的作戰環境下，美軍將面對擁有電磁頻譜、網路戰、長程導彈以及先進防空系統作戰能力的對手，這些威脅將嚴重影響美軍的全球部署能力及作戰靈活性。在此背景下，雙方面臨的共同問題是如何即時、準確地獲取關鍵情報，以幫助指揮官做出正確決策。²

為應對這一挑戰，報告中提出的解

1 “What Is Joint All-Domain Command and Control (JADC2)?”，Trenton Systems Blog，2020年12月9日，<https://www.trentonsystems.com/blog/what-is-jadc2>，檢索日期：2023年5月1日。

2 〈美軍全領域指管 肆應未來戰場〉《青年日報—軍事論壇》，2021年12月3日，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1466336&type=76>，檢索日期：2023年6月11日。



決方案是「聯合全領域指揮管制」(Joint All-Domain Command and Control, JADC2)能力，這是一種超越傳統C⁴ISR系統的指揮管制模式。傳統的C⁴ISR系統主要針對單一或少數領域進行訊息整合與傳輸，而JADC2則是一個全域整合的作戰概念，旨在將陸、海、空、天、電磁與網路等多個作戰領域聯合起來，形成跨領域的作戰指揮與協同。

JADC2的核心特徵在於其快速、精確的訊息傳輸能力，能夠有效解決訊息傳遞延遲的問題，為指揮官提供即時作戰需求所需的情報支持，使其能夠靈活運用多領域能力部隊，並迅速與敵方決戰以求取勝。在這樣的作戰環境下，JADC2不僅提供了指揮管制的即時性與準確性，還具備高度的靈活性，能夠根據戰場情勢的變化進行彈性調整，這是其相較於傳統C⁴ISR的優勢所在。

二、聯合全領域指揮管制特徵要素

為了進一步釐清聯合全領域的核心特徵，並為後續的論述提供焦點，以下是其關鍵特徵要素：

(一)跨領域整合能力：能夠將各作戰領域的訊息(如空中、地面、海上和網路)統合到一個統一的作戰框架內，實現各領域的即時協同與聯合作戰。

(二)即時訊息傳輸與決策支持：依賴5G、大數據和低軌道衛星等技術，聯合全領域能夠實現毫秒級的訊息傳輸，並

利用人工智慧(AI)進行即時分析和決策支持，縮短從訊息感知到行動決策的時間。

(三)自動化指揮與控制：JADC2通過AI、大數據等技術，能夠自動化地處理海量的戰場數據，快速制定作戰方案並下達指令，這使得指揮管制系統在面對高強度作戰時具備極高的效率和靈活性。

(四)多層次安全保障：聯合全領域指揮管制必須具備強大的訊息安全防護機制，確保戰場上的數據不會被敵方干擾或竊取，同時保證情報的精確性和傳輸的可靠性。

(五)全球作戰範圍：透過低軌道衛星和其他通訊技術，JADC2能夠在全球範圍內協同各作戰單位，並實現跨地域的作戰指揮與控制。

三、聯合全領域指揮管制發展現況

人類從陸地作戰發展到海權時代，花費了數百年的時間，但在20世紀初期跨入天空後，不到一百年內，就已創造出虛擬網路、電磁空間，再踏上太空衛星，各國紛紛成立太空部隊，戰爭從傳統之陸、海、空作戰，進入網路與太空領域。面對戰場空間之大幅擴張，目前在軍事科技與戰略理論發展領先世界各國的美軍，也從過去所強調的三軍聯合作戰，進一步發展出「聯合全領域作戰」(JADO, Joint All-Domain Operation)之概念。

「聯合全領域作戰」作戰概念是聯合部隊將陸地、海上、空中、網路、太空及電磁等作戰領域中所採取之作戰行動，整合到作戰規劃中，並在執行過程以所需的速度和規模同步展開，以取得戰場優勢並完成任務；自2016年美國相繼提出多項作戰概念如「多域戰」(Multi-Domain Battle, MDB)、「多域作戰」(Multi-Domain Operation, MDO)及「全域作戰」(All-Domain Operation, ADO)³等多項作戰概念。觀察其發展可看出美國將立足所有作戰領域，融合所有作戰領域空間並整合所有作戰領域的力量實施聯合作戰，美國自2019年提出「聯合全領域作戰」後，得到美國國防部及各軍種重視，並在2020年3月首次將其概念加入空軍規範(如圖1)，正式成為官方認可作戰概念，其發展歷程如下：

隨著科技進步與戰場日趨複雜，陸、海、空三軍的既有框線已逐漸被打破，如直升機技術越來越成熟後，反而出現陸軍飛機比空軍多，艦艇比海軍多的情況，主

因美國陸軍擁有龐大直升機部隊，各式直升機數量加總已超過空軍，各式登陸艇與運輸船數量，也超過海軍作戰艦艇，美國海軍陸戰隊甚至擁有軍種編制的戰機、地面裝甲部隊與船艦，幾乎已等同為小型三軍部隊，可說現代化軍種原本就已擁有部分跨領域作戰能力，隨著未來軍事科技發展日新月異，這種情況只會越來越普遍與明顯。

美國國防部日前公布「聯合全領域指揮管制」全面性戰略，內容中指出將所有軍用感測器及武器系統互相連接之願景，同時列出未來武器供應商生產國防裝備時，需要作出相對應準備。美國各軍種也已就「全領域指揮管制」為目標進行合作，未來「聯合全領域指揮管制」將會取代

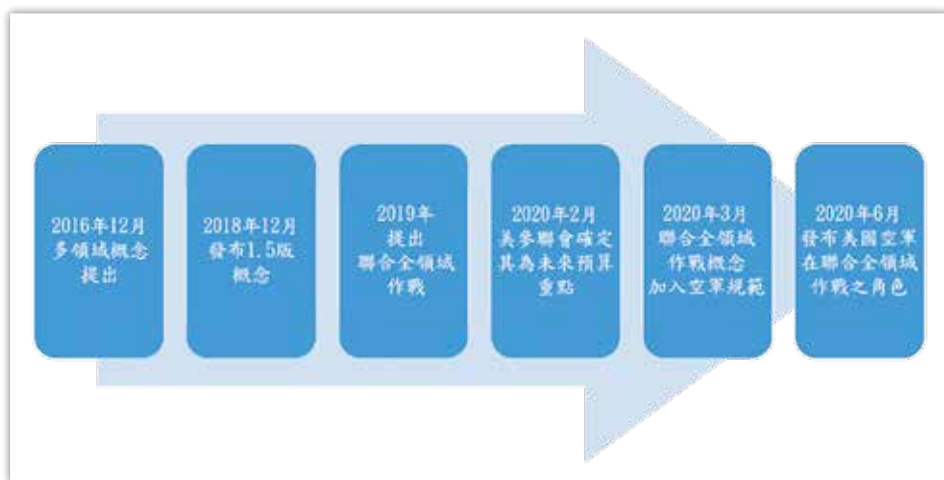


圖1 JADC2發展歷程

資料來源：筆者自行繪製，綜整自<https://min.news/zhtw/military/d44e2ec482683737ea0e08ba3657d75d.html>。

3 〈美軍聯合全域作戰(JADO)〉《頭條匯》，2021年11月10日，<https://min.news/zh-tw/military/d44e2ec482683737ea0e08ba3657d75d.html>，檢索日期：2023年5月22日。



現有的指揮管制系統，將陸、海、空、陸戰、太空等軍種整合在單一架構下，至於如何實施「聯合全領域指揮管制」項目，需要時間協調及整合，美國國防部正主導一個跨職能聯合小組，從基本概念摸索「聯合全領域指揮管制」，發展現況分項說明如後：

(一)結合作戰擊殺鏈

美國聯合參謀部已將「聯合全領域指揮管制」添加到五角大廈聯合作戰概念，並指派空軍主導「聯合全領域指揮管制」技術開發，目前美國軍方首要「聯合全領域指揮管制」發展項目為空軍「先進戰鬥管理系統」(Advanced Battle Management System, ABMS)。ABMS是實現全領域協力作戰的網路構型，除具備「聯合全領域指揮管制」概念之外，並結合陸、空、海、太空及網路領域傳感器、武器系統技術人員；第一次ABMS展示在2019年12月舉行，內容針對美國巡航導彈威脅如何反制，展示過程中，空軍飛機、海軍機艦、陸軍雷達系統、機動型火炮系統以及商用地面和空間感測器等都能成功地蒐集、分析和共享數據，這些數據提供各級指揮官整合式操作畫面及共同作戰圖像，使其有效應對威脅，並在2020年9月

進行訓練演習中，允許操作員使用該系統來識別和反制使用超高速武器的敵方巡航導彈，訓練操作員面臨著大量傳入之戰場數據時，能綜合整理這些具威脅以及未知的訊息，並相對應作出具體戰術決策。

(二)軍種合作協議

美國陸軍和空軍在2020年簽署為期兩年的合作協議，開發「結合聯合全領域指揮管制」概念，增加「結合」字眼意味將「聯合全領域指揮管制」概念結合所有軍事部門，包括陸軍、海軍、空軍、陸戰隊及太空部隊的感測系統，連接至單一網路中。各軍種已同意在2022年制定共享資料標準，美陸軍參謀長與空軍參謀長亦曾討論如何有效整合各軍種的資源，兩位高階將領一致同意在協議中定義數據共享和軍種介面共同標準，在最「基礎層級」上建立全領域聯合指管。⁴

(三)增加數據傳輸效益

「聯合全領域指揮管制」計畫結合陸軍的「融合計畫(Project Convergence)」，目的在建立由感測器至武器載台的網路，使長程精準導彈、空中或飛彈防禦等陸軍系統都可在其網路中分享資訊。2020年9月，美國陸軍在亞利桑那州

4 “US Army, Air Force sign agreement to develop joint all-domain concept”，IT/Networks，2020年10月6日，<https://www.c4isrnet.com/battlefield-tech/it-networks/2020/10/05/us-army-air-force-sign-agreement-to-develop-joint-all-domain-concept/>，檢索日期：2023年5月21日。

猶馬(Yuma)試驗場，完成為期5週的「融合計畫」演習，測試人工智慧(Artificial Intelligence, AI)，以及從空中、太空和地面感測器傳輸訊息的能力，讓部隊能夠以相對應系統快速蒐集、分析和傳輸數據，協助指揮官迅速作出正確作戰決策，另陸軍也成功測試了「低軌道衛星」和「無人載具」，能同時感知地面和空中目標，提供地面和空中資料用於打擊目標。⁵

基此，過去的三軍聯合作戰強調陸、海、空三軍情報交換及互相配合聯合行動，這也是美軍不斷發展三軍通用資料鏈之主因，在此觀念原則下，各軍種仍應負責既有的主要作戰領域，不同之處在能獲知戰區友軍動態，並獲得友軍已蒐集之敵方情報，在匯集情報後，讓指揮官得到一個更清晰的戰場情勢，破除「戰場霧霾」掌握敵我雙方的動態與強弱點，可以迅速制定聯合作戰計畫，進而獲得絕對的作戰優勢。

聯合全領域指揮管制架構運作與限制

一、聯合全領域指揮管制架構

「物聯網(Internet of Things, IoT)」就是運用各種傳感設備生成的數據，利用網

際網路互相連接，「物聯網」亦指事物帶有終端，將可以對其進行定位、識別、追蹤及監控，而「軍事物聯網(Internet of Military Things, IoMT)」就更好理解，在軍事用途上，以單兵或每一單項裝備為基礎單位，將蒐集到所有數據匯集成為龐大戰術網路，指揮官可掌握所屬部隊每一個即時動態。運用這些訊息網路可直接對部隊及裝備進行調動部署，甚至能將最高指揮官之命令直接下達至最底層單兵。現今，實力強大國家均全力研發類似「軍事物聯網」，因其已意識到現代戰爭中，掌握訊息和傳輸效率更為重要，勝負往往在瞬間決定，缺乏資源訊息整合能力，是無法做到此一特點。在「軍事物聯網」開發國，美國無疑是最積極、成果也是最為豐碩的國家，美國正在研發運用「聯合全領域指揮管制」系統以符合物聯網架構思維，以滿足現代化作戰構想。⁶

「聯合全域指揮管制」是美國耗資數十億美元的高額計畫，運用各種感知器和陸、海、空軍建置網路，提升軍方當前的指揮管制(C2)基礎設施，進而實現集體、即時跨陸、海、空、海軍陸戰隊和太空部隊，或跨陸、海、空、太空和其他作戰領域的決策。換句話說，「聯合全領

5 “Joint All-Domain Command and Control (JADC2)”，Congressional Research Service，2023年1月21日，<https://sgp.fas.org/crs/natsec/IF11493.pdf>，檢索日期：2023年5月8日。

6 〈專門用來打仗的網路，未來戰爭的「靈魂」，軍事物聯網之JADC2〉《資訊咖》，2021年10月11日，<https://inf.news/zh-tw/military/63757aadf4576cd9f6906c5b0328ba08.html>，檢索日期：2023年6月2日。



域指揮管制」建立了一個來自軍隊各部門的綜合技術和區域組成的戰術網路，並透過提高集體感知能力來創建陸、空、空間和海上資源，「聯合全領域指揮管制」概念是一個相對較新的概念，美軍各部門均有各自的「聯合全領域指揮管制」計畫，目前開發、測試和運用仍在試驗中，例如空軍的「先進戰鬥管理系統(ABMS)」和陸軍「融合計畫」，「美國國會研究服務(The Congressional Research Service, CRS)」報告指出，「聯合全領域指揮管制」參考架構將使指揮官能夠快速處理由軍事物聯網(IoMT)設備蒐集的數據，進而提供更好、更快的決策建議。美國國防部表示，指揮官和作戰人員能即時分析關鍵數據，迅速做出關鍵決策之能力，將是未來作戰成敗的重要決定因素，與目前分析作戰環境和下达命令的費時冗長流程相比，未來作戰需要短時間內作出決策，獲取訊息的準確及即時性將是未來戰勝關鍵。

二、聯合全領域指揮管制運作

為使「聯合全領域指揮管制」有效運作，美國國防部正在研究「自動化和人工智慧」及「新穎通信方法」兩種新興技術，美軍提出全新的全領域聯合作戰概念，要讓每一個軍種的部隊都可以跨領域作戰，並利用跨領域能力，將各作戰領域中

的資訊，快速整合至第一線打擊部隊。除傳統的資料鏈外，更包括衛星圖像、電磁數據、無人機與各部隊的蒐集情報等，但在這個資訊爆炸時代，並不是將資料全部傳輸至第一線部隊即可，因作戰部隊往往缺乏判讀與分析能力，過去這種彙集多方資訊的過程曠日費時，不易爭取作戰時效，而美軍匯流計畫除引進新型偵察蒐集系統，更提到其能在近數分鐘內，利用人工智慧與大數據分析，將蒐整的所有資訊，立即轉變為可用之作戰利器。

此概念計畫可看出，全領域聯合作戰更重視指揮管制，亦讓全領域聯合作戰指揮管制成為美國各軍種最新發展重點，從「聯合全領域指揮管制」的概念可看出未來將改變美軍指揮官在所有領域快速及全球化作戰中管理作戰模式，為符合模式計畫核心之資訊管理及資訊共享，其本質為自動化模式，提升戰爭「觀察、定向、決策、行動」(Observe Orient Decide and Act, OODA)等決策程序。

2022年3月15日美國國防部公布的《聯合全領域指揮管制戰略摘要》中，定義了「聯合全領域指揮管制」的三項重點，感知(Sense)、理解(Make sense)及行動(Action)(如圖2)：⁷

(一)感知(整合跨領域及跨電磁頻譜的資訊)

7 於下頁。

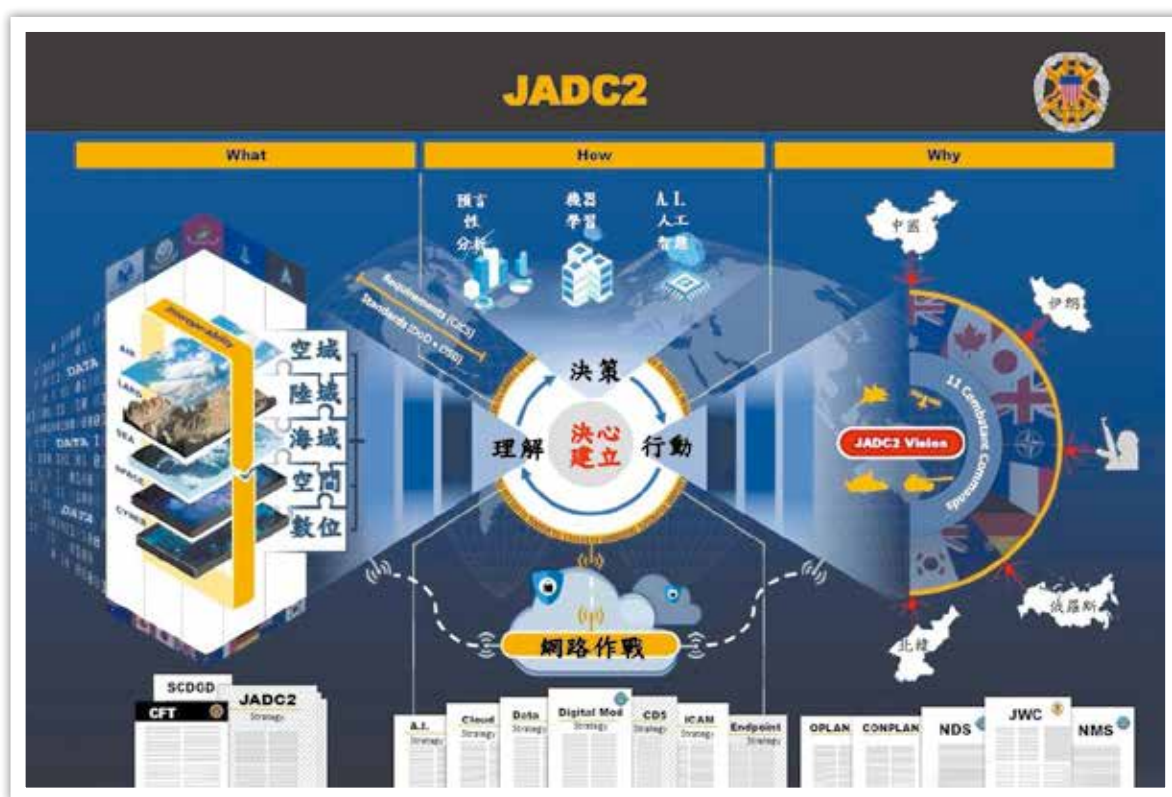


圖2 JADC2運作概念圖

資料來源：<https://media.defense.gov/2022/Mar/17/2002958406/-1/-1/1/SUMMARY-OF-THE-JOINT-ALL-DOMAIN-COMMAND-AND-CONTROL-STRATEGY.PDF>.

以先進的感測技術及資訊管理技術，改善作戰環境中的資訊蒐集流程，「聯合全領域指揮管制」將支援聯合部隊透過多重情報感測及資訊分享網路等創新技術，利用長程感測器、情監偵系統、開放資源，整合來自所有領域的資訊，使聯合部隊指揮官獲得資訊及決策優勢。

(二)理解(瞭解作戰環境)

自動分析資訊使部隊更易理解，

以利預測後續作戰環境與敵人企圖，並深入理解我方與友軍行動，在此過程中數據須轉化為資訊，資訊則須轉化為知識，有效的理解須要融合、分析及呈現來自所有領域及電磁頻譜的數據及資訊，這必須在安全環境中執行，並能即時提供給整個聯合部隊及任務夥伴對作戰環境的理解，「聯合全領域指揮管制」所發展的能力，可藉由人工智慧(AI)、機器學習等技術，在

7 “SUMMARY-OF-THE-JOINT-ALL-DOMAIN-COMMAND-AND-CONTROL-STRATEGY”，DOD，2023年3月15日，<https://media.defense.gov/2023/Mar/17/2002958406/-1/-1/1/SUMMARY-OF-THE-JOINT-ALL-DOMAIN-COMMAND-AND-CONTROL-STRATEGY.PDF>，檢索日期：2023年5月18日。



指揮官的決策循環中提供協助。

(三)行動(決策及傳遞)

向聯合部隊及友軍提供決策並傳遞情報，這結合決策者的人為因素及技術手段，以認知、瞭解、預測對手行動及意圖並採取行動；行動必須依賴決策快速傳遞及指揮官的意圖明確，並由先進、彈性及可靠的通訊系統、無障礙且全面的通訊設施，確保訊息準確及快速傳遞。

三、聯合全領域指揮管制運用技術與限制

(一)聯合全領域指揮管制運用技術

每一個新概念或理論都伴隨著它的實際挑戰，聯合全領域指揮管制也不例外，舊有的訊息技術及基礎設施使用，將是軍隊必須克服的最大障礙，為長期有效地實施聯合全領域指揮管制，與既有平台連接導致的問題已經出現。美國第16空軍司令蒂莫本·豪(Timothy D.Haugh)中將表示，空軍已無法面對現有基礎設施帶來困境與執行「聯合全領域指揮管制」所產生的巨大挑戰。

目前用於蒐集戰場空間數據的情報、監視和偵察傳感器的專有瓶頸問題也出現了，由於這些目前應用中大部分技術都歸私營公司所有，很容易被供應商壟斷，因此空軍和其他軍隊部門將面臨一場艱

苦的挑戰，如何有效達成傳輸並確保網路安全保護，這是另一個需要克服的障礙，軍方或許能夠使用這個全新獨特的網路在全領域之間傳輸關鍵數據，但是在處理和儲存這些數據時，是什麼阻止了敵方搜尋、攔截、刪除、破壞或暴露這些數據呢？因此在「聯合全領域指揮管制」中，網路戰除了擔當武器載台的角色之外，在其他方面也有著舉足輕重的地位，例如5G、大數據、AI、雲端及衛星等，以下針對各技術概述。⁸

1.5G通訊技術

是第五代行動數據技術，專為提升速度、減少延遲，並改善無線服務彈性而設計，理論上5G技術的速度最快可達20Gbps，可有效改善商務應用程式的效能及其他數位體驗。

2.大數據技術

可分為4個特性：「資料量大」、「資料多樣性」、「資料即時性」及「資料真實性」，均為其獨具之優勢。

3.人工智慧

在聯合全領域指揮管制(JADC2)中，人工智慧技術的應用成為關鍵，AI的主要優勢在於它能夠即時整合來自陸、海、空、天等多個領域的訊息，並透過自動

8 “Information Warfare and Joint All-Domain Operation”，AIR & SPACE POWER JOURNAL，2020年1月15日，https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/ASPJ/journals/Volume-34_Issue-4/V-Pirolo.pdf，檢索日期：2023年5月8日。

化系統來協助指揮官進行戰場態勢的全方位掌控，這一技術已經被運用於JADC2的先進戰鬥管理系統(ABMS)中。該系統利用AI技術從無人機、衛星和其他感測器中快速蒐集數據，並自動生成作戰建議，例如，在ABMS系統中，AI能夠自動識別和分類來自各類傳感器的數據，進一步縮短從數據分析到戰場行動的反應時間，這樣的自動化處理，不僅減少了人工干預的需求，還提升了訊息傳遞的精確性，能夠有效應對現代戰場上突如其來的威脅，AI還可以利用深度學習技術，通過歷史數據來預測敵方行動，並提出最佳作戰方案，這一技術將為JADC2提供更靈活且高效的指揮管制能力，使未來戰場上的多領域作戰更加協同、即時。

4.雲端

意指透過網際網路存取伺服器及在伺服器上執行之軟體和資料庫，雲端伺服器位於世界資料中心，透由雲端運算讓使用者及單位不必在自身系統上，自行管理實體伺服器或執行軟體應用程式。

5.衛星

在聯合全領域指揮管制(JADC2)中，強調跨越陸、海、空、太空、網路等領域的無縫協同，其核心目標是實現跨領域的資訊共享、即時決策和協同行動，這要求通訊系統必須具備高頻寬、低延遲、高

可靠性、廣覆蓋和安全性等多重特性。低軌道衛星(Low Earth Orbit, LEO)通訊系統，以其獨特的技術優勢，在滿足全領域指管需求方面展現出巨大潛力，與傳統的地球同步軌道(GEO)衛星相比，低軌衛星的軌道高度較低(通常在300~2,000公里之間)，這帶來了一系列顯著的優勢：

(1)低延遲：由於訊號傳輸距離大幅縮短，低軌衛星與地面站之間的通訊延遲通常小於50毫秒。這對於需要即時互動的應用(例如：遠端操控、視訊會議、戰場指揮)至關重要，相比之下，地球同步軌道衛星的延遲通常超過250毫秒。

(2)高頻寬：低軌衛星通常使用較高的頻段(例如：Ka頻段、Ku頻段)，並且可以採用更先進的調變和編碼技術，從而實現更高的數據傳輸速率，這使得低軌衛星能夠支援傳輸大量感測器數據、高畫質影像和語音通訊。

(3)強訊號：由於傳輸距離較短，低軌衛星的訊號在到達地面時的強度較高，這意味著可以使用更小、更輕便的地面接收設備，這對於機動部署的部隊尤其重要。

(4)廣覆蓋：通過部署大量的低軌衛星，可以形成覆蓋全球的通訊網路，消除傳統通訊系統的盲區，這對於在偏遠地區或海上作戰的部隊至關重要。⁹

9 於下頁。



(二)技術運用主要限制

人們不僅關注聯合全領域指揮管制的強大程度，並再度思考安全性問題，當涉及到移動或傳輸中的數據時，如軍事上的雲端數據，依然使用傳統的加密演算法和公鑰，雖然如何正確使用傳統技術固然很重要，但目前他們的保護措施並沒有因時間而改變，如今每個人都可能使用虛擬專用網路(Virtual Private Network, VPN)連接到辦公室，這些是客戶端到服務提供者的技術，這些技術都發展完整，但當要加上如何保護通連安全時，這將要提前確定使用的演算法以及如何驗證，以下針對各技術限制概述如後。¹⁰

1.加密技術

長期以來加密和保護傳輸數據一直是個難解問題，越來越多的網路攻擊、更精細的攻擊方式，都給數據戰場增添了待解決的問題，國際駭客或內部威脅都可能威脅或攔截靜態數據、動態數據和物理技術，尤其最近五角大廈簽訂了價值100億美元的雲服務合同，對象是極富盛名的微軟和亞馬遜，原因是由於需求的不斷變化，進而促使該公司日益精進其雲計算能力。美國國防部規劃向這兩家科技巨頭徵求

該計畫的替代品，即聯合作戰人員雲端能力，這個新項目將成為「聯合全領域指揮管制」的核心支柱，這是五角大廈連接所有軍種建構的雲情報、監視和武器系統的計畫，保護數字資產與實物資產密不可分。在軍事系統的背景下，美國希望保持其技術優勢，當網路攻擊的數量正在上升，2020年互聯網犯罪報告顯示，互聯網犯罪投訴數量同時增長69.4%，通常建議使用多個安全層級進行加密和身分驗證，相關技術包括用戶名、密碼、多重身分認證。

2.數據保護

數據保護的另一個注意事項是硬體可能被帶走的風險，此威脅的範圍已擴大到作戰人員或攜帶的每台筆記型電腦或手機，因為這些設備連接到感測器或跨區域聯網，並與其他系統共享數據，實體設備中都儲存了大量數據如感測器、無人機、車輛、攜行式系統等都有，如何確保數據安全並隔離關鍵數據，是目前尚未克服的議題。

3.硬體保護

為了防止對手或攻擊者竊取軟體，許多公司在自身產品驅動器上附上特殊編

9 〈馬斯克也瘋狂！史上最大低軌衛星競賽來了〉《數位時代》，2021年6月10日，<https://www.bnext.com.tw/article/63091/air-space-satellite-business>，檢索日期：2023年7月1日。

10 “Bad Idea: All Sensors, All Shooters, All the Time”，Defense360，2020年12月15日，<https://defense360.csis.org/bad-idea-all-sensors-all-shooters-all-the-time-a-joint-all-domain-command-and-control-system-that-prioritizes-centralization/>，檢索日期：2023年5月11日。

碼，以防止資料遭篡改，然而像這樣的預防措施也只能保護數據安全並在資料存取權限造成影響。這可以追溯到加密、多層安全和各通用標準的相容性，因此想讓聯合全領域指揮管制網路與一個機密網路分隔，卻要在一個地方同時查看兩種訊息，在過去要做到這一點，需要準備一台非機密電腦與另一台具有機密情報電腦，然後這個硬體配置將非常複雜，如一堆顯示螢幕及糾結的電纜，因此我們關注硬體安全時，目的是將所有資訊虛擬化在一部電腦中，而不是大量電腦上顯示多種類型的操作。¹¹

聯合全領域指揮管制應用分析

一、聯合全領域指揮管制應用實例

(一)美軍「2022勇敢之盾」演練島鏈防禦

2022年6月6～17日，美國印太司令部集結各軍種兵力實施「2022勇敢之盾」聯合軍事演習，聚焦於陸、海、空、網路以及太空等各種不同環境的整合式聯合作戰訓練，具有參演兵力龐大多樣、演練項目涵蓋全面、演習目的針對性強等特色。聯合演習以關島為中心，輻射向北馬里

安納群島、帛琉群島和加羅林環礁飛彈試射場的廣大區域，涵蓋水下、水面、陸地、空中、網路和太空的龐大空間，訓練項目包括聯合反飛彈作戰、聯合反潛作戰、網路戰以及太空戰；對遠距離目標進行偵察、定位、追蹤和交戰；透過共同作戰圖像(Common Operational Picture, COP)實施情資分享；在各種不同作戰環境對目標採取精準、致命和壓倒性打擊，展示美軍全球聯合打擊能力。¹²

(二)情資動態掌握精確

美國國家情報首長海恩斯(Avril Haines)與國防情報局(DIA)局長柏瑞爾(Scott Berrier)指出，從俄羅斯2022年2月24日入侵烏克蘭以來，俄羅斯在戰爭中已折損8到10位將領，死亡率高得異常，已遠遠超過美軍在阿富汗20年期間陣亡的將領數量，因此試想將軍遭獵殺全過程，各將領出行前無線電聯繫必定不少，出行車隊陣仗應不小，若經大數據分析屬重要人物，開始全程跟監、鎖定、辨識，所經路線的武器裝備及單兵皆受到指令待命襲擊，這不得不探究，將軍由出發到目的地多久時間被鎖定？是否運用人臉、語音識別系統？是在途中受到襲擊？還是在前線指

11 “Cyber battlegrounds: trusted computing, cyber warfare, and cyber security for national defense”，Trusted Computing，2023年1月10日，<https://www.militaryaerospace.com/trusted-computing/article/14223322/trusted-computing-security-cyber-warfare>，檢索日期：2023年6月12日。

12 〈美軍「2022勇敢之盾」演練島鏈防禦〉《上報》，2022年6月19日，https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=2&SerialNo=146887&utm_source=newsshare-link，檢索日期：2023年7月9日。



揮所被定點斬首？是步槍狙擊還是導彈襲擊？或是火砲精準覆蓋，所以所謂的戰爭迷霧已不存在，已進入到全天候透明化的戰爭模式，而JADC2的威力，在於同步移動、同步行動及發起突襲的能力，這基本已可實現全過程的實況轉播了。¹³

(三)莫斯科號巡洋艦被擊沉

烏克蘭政府在2022年4月13日聲稱，烏克蘭海軍在黑海沿岸的敖德薩(Odesa)發射兩枚海王星反艦飛彈擊中莫斯科號並引發大火，其後土耳其及羅馬尼亞有消息稱莫斯科號沉沒，又稱該艦載有485名俄羅斯海軍人員，包括66名軍官，反觀俄羅斯政府在4月14日聲稱莫斯科號因為火災引發舷側的彈藥發生爆炸，已將艦上人員撤離，同時否認該艦被烏克蘭軍發射的飛彈擊中，但沒有交代起火原因。同日稍晚，俄羅斯政府宣布，因為拖救莫斯科號期間遇上風暴，該艦在風浪下沉沒，然而據天氣網站的數據，當天當地海域的天氣甚佳，只有一點小雨，據相關人員披露，攻擊發生前，烏軍發現一艘俄國軍艦在敖德薩南部的黑海海域航行，便向美軍詢問，而美方人員在通話中證實，這艘軍艦就是莫斯科號，且協助烏軍確認其所在位置，烏軍隨後瞄準莫斯科號發動攻擊

，因此若非JADC2何能有如此神不知鬼不覺的精準效果，甚至可懷疑美軍動用海豹分隊，攜帶具有隱形功能的反艦巡弋飛彈在不明之處偷襲得逞。¹⁴

(四)融合21演練

美國網路媒體「Breaking Defense」報導，美國正在進行測試中的跨軍種「融合21」(Project Convergence 21)演練，目前成功整合F-35戰機與地面火砲雷達系統，可以讓戰場指揮官更機動靈活運用區域內各項武器，發揮精準打擊的能力，為美軍組建聯合全域指揮與控制作戰概念更推進一步。報導指出，全球最大雷達製造商諾斯洛普·格魯門公司(Northrop Grumman)為美國陸軍設計的「綜合防空導彈防禦作戰指揮系統」，在演練中成功融合自F-35戰機回傳的數據，據以識別和跟蹤地面目標，並將該數據提供給陸軍，後由陸軍開火擊毀目標。以個案F-35成為戰場偵察機為例，在高速機、飛行高度高的狀態下，數據能有效回傳並被運用，意即其他如低慢速偵察機、直升機、無人機都可比照提供更有效的攻擊數據，另外，若敵軍發射中遠程彈道導彈，則可由最前線陸軍雷達、航空器雷達、艦艇雷達甚至低軌道衛星在第一時間探知，並掌握射程

13 〈俄烏之戰對現代戰爭的啟示〉《風傳媒》，2023年5月21日，<https://www.storm.mg/article/4337134?mode=whole>，檢索日期：2023年7月9日。

14 〈美軍提供莫斯科號位置情報助烏軍成功打擊〉《ETtoday新聞雲》，2022年5月6日，<https://www.ettoday.net/news/20230506/2245141.htm>，檢索日期：2023年7月7日。

高度、速度等相關數據，較導彈防禦系統，雷達能爭取更多的反應時間，也能更精準、更多層次設置攔截點，避免對政經設施危害，即各軍種不再各行其道，而是「全域聯合」運作的概念。¹⁵

二、各國聯合全領域指揮管制發展能力分析(如表1)

(一)美國發展能力

美國已將JADC2用於實戰檢驗，僅在烏克蘭這場代理人戰爭就已發揮如此威力，若美直接參戰，全球800多處軍事基地及設施，在JADC2統一整合指揮調度

下發起攻擊，遭受攻擊國家恐怕都不知道該從哪個方向實施反擊。以美國戰場感知、武器研發、後勤補給、軍工生產、商業互聯網平台整合、媒體整合、能源礦產糧食、金融貨幣等，在混合戰、超限戰及以萬物互聯，萬物皆可成為武器的理念下，JADC2以隱密、精準、快速、有效之能力，整合戰區人員武器裝備，一經鎖定即可指揮最近及最有效武器實施打擊，導彈為主，地面武器為輔，因此戰果輝煌，如擴大打擊面，對另一大國行全方位攻擊，其威懾震撼實不下於核彈了。

表1 聯合全領域指揮管制關鍵技術發展表

技術 國家	5G	人工智慧	衛星	無人機
美國	5G FAST Plan	2016年10月，國家人工智慧研究和發展戰略計畫	3,722顆	XQ-58A女武神 MQ-25刺鯨
俄羅斯	與中國簽訂合作協議	剛起步階段	810顆	獵戶座 獵人 阿提烏斯
中國大陸	中國製造 2025	2017年7月，新一代人工智慧發展規劃	535顆	無偵-8 攻擊-11 彩虹 翼龍
臺灣	2019年5月10日「臺灣5G行動計畫」	發展階段	18顆	許多技術發展仍在測試階段 UAM領域國內則尚未投入

參考資料：1.筆者自行製表。

2.https://so.toutiao.com/s/search_wenda_pc/list/.

3.<https://news.cts.com.tw/cts/local/202112/202112162065892.html>.

4.<https://dronesplayer.com/tag/>.

5.<http://military.people.com.cn/BIG5/n1/2021/0624/c1011-32139525.html>.

6.<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/57087647>.

7.<https://blog.udn.com/H101094880/171635235>.

8.<https://big5.sputniknews.cn/20220609/1041841464.html>.

15 〈打群架！JADC2概念推進 美陸軍野戰砲兵運用F-35數據擊毀目標〉《Newstalk新聞》，2022年1月21日，<https://newtalk.tw/news/view/2023-01-21/699911>，檢索日期：2023年7月7日。



(二)俄羅斯發展能力

美國在各領域均積極打造各種排斥中、俄的聯盟體系，期望未來打造形成美國與非美國互不聯通、互不隸屬的系統，我們可以從以下六點逐一檢視其具備的能力與手段：

1.全球定位及高速數據鏈傳輸系統

目前僅中國、美國、俄羅斯、歐盟擁有自己的全球衛星定位系統，另高速數據鏈傳輸系統美國領先全球，中國及俄羅斯次之。

2.尖端科技

陸海空天四位一體雷達監偵、武器研發及生產體系，中國、美國、俄羅斯、歐盟均具有相等能力。

3.6個統一

雲端大數據資料庫、安全保密網路系統、電子作戰地圖、無線電台、射頻收發天線及軟體操作系統，美國具有首屈一指的發展能力，中國仍在發展中，惟能力如何尚待實戰驗證；另俄羅斯在此次侵烏行動中，已證明其難堪檢驗，其能力實有待加強。

4.AI人工智能決策系統

中國、美國激烈競爭中，俄羅斯尚無發展能力。

5.傳統高效能的特種部隊及情報系統

美國、俄羅斯均強勢發展中，互有特色，中國低調且無特殊戰果展示。

6.三軍武器、裝備先進的戰場感知系

統

美國用敵人無法匹敵的速度在所有作戰領域中同步發展、監控及發起突襲的能力，俄羅斯多有欠缺，中國無實戰案例。

以目前俄羅斯保守緩戰之戰術作為研判，對戰場形勢的變化已有所警惕，武裝直升機不輕易出擊，戰轟機不再行低空俯衝轟炸，陸空火力均行遠距離精準打擊為主，先進電子戰直升機已預先部署，地面部隊戰術行動似乎在做某種調整，強攻不成則迅速脫離戰鬥。這也反證，烏軍方面似乎能獲得戰場精確情報，對俄軍戰術行動產生有效制約，因此俄軍在戰場感知能力方面應有一定實力，只是屢遭奇襲陷入被動看來，較之美軍JADC2的能力顯然有一定差距，如此亦可理解，為何俄羅斯視其核武為純粹威懾手段，並一再提出核戰警訊，至於北約東擴，也只是表象，真正威脅實來自於JADC2的碾壓實力，如俄羅斯動用電磁脈衝打擊力量對付複雜電子設備平台與設施，特別是敵方的指揮、控制與通訊系統和敵方的空防系統時，那離核戰爭就真的不遠了。

(三)中國大陸發展能力

大陸十年來的整軍經武，展現在各方面的形象與實力，全球有目共睹，在衛星發展方面，中國大陸在2022年7月13日成功發射天鏈2號，大幅提升衛星及橫跨太空與地面的數據通訊與測控能力，強

化中國大陸在推動覆蓋全球的天地一體化資訊網路，更提升其太空狀況感知能力。軍事運用方面利用軍民融合太空技術，強化北斗衛星覆蓋率與競爭優勢，可見其技術能量正在大幅成長中，在萬物互聯方面，因5G建設領先全球，6G研發超前部署，疫情期間，個人手機定位，路邊、路口公私監視器均可連網，配合人臉識別系統，匡列潛在風險人員甚為精準；以所有尖端科技均優先用之於國防，此千古不變之定律而論，大陸應具有將物聯網軍事化之能力，且追蹤美軍JADC2能力多時，當俄烏之戰一啟，戰略支援部隊應當極為忙碌，外行人看的是熱鬧，專業人員肯定進入實戰情境，對中國大陸來說，這是難得「知彼知己」探明虛實的機會。¹⁶

(四)我國發展能力

經檢視臺灣各技術相對都大幅落後，例如太空戰場，臺灣的想法與企圖心都相對保守，政府宣誓的第三期十年太空發展計畫，花費高達251億，每年要發射一枚衛星，主要集中在遙測領域，並沒有考慮到國軍最迫切需要的自主軍用通訊衛星，沒有通訊衛星，國造無人機的發展就會嚴重受限，特別三軍聯合作戰最重要的通訊能力，也不能永遠受制於人。另美國為了防堵中共的崛起，找遍了各種理由在

亞洲增加軍力，其中最具戰略性的莫過於長程預警雷達，長程預警雷達向來是美軍偵測洲際飛彈的王牌，如今卻一口氣在亞洲及澳洲部署了數座，這其中還包括了臺灣新竹樂山雷達站，軍方對外宣稱可有效偵測中共發射導彈。我國長期向美軍軍購重要裝備時，軍購期程都在數年之久，何以美國願把高科技的戰略性長程預警雷達賣給我國，耐人尋味。

國防安全研究院聲稱如果樂山雷達無法發揮功能，或者資料無法即時傳送美軍，將減弱美國攔截與反擊能力，隨著解放軍巨浪潛射彈道飛彈射程的提升，樂山雷達站成為美國本土防衛前哨功能日益重要，沒有臺灣樂山雷達站，美國將無法有效嚇阻中國大陸的核武威懾，就整體而言，臺灣是否成為美國的外島地區，亦成為美軍對中國大陸的感知器，可隨時偵獲中國大陸飛彈發射、飛機起降及搜索隱形戰機，值得認真思考。

國軍聯合全領域指揮管制發展 具體建議

一、整合多領域情資

國軍現各單位情報體系的合作體制應進一步完善，這是整合所有情報資訊、實現JADC2(聯合全領域指揮管制)成功運

16 〈俄烏之戰對現代戰爭的啟示〉《風傳媒》，2022年5月21日，<https://www.storm.mg/article/4337134?mode=whole>，檢索日期：2023年7月9日。



行的關鍵。JADC2情資分享機制應由上級單位下達具體指令，並成立專門的資訊蒐集與分析中心，其主要功能是針對感應器蒐集的戰場資訊進行問題處理與判斷。這些訊息由前線人員提供，分析人員進行相關研究後，發布分析結果與建議給所有作戰單位，未來應建立一個跨職能的參謀協同機制，通過「共同作戰圖像」(Common Operational Picture, COP)，提供指揮官一目瞭然的戰局圖像，確保指揮官能夠即時做出戰略決策，參考美軍的BMS(戰場訊息管理系統)，該系統能夠實現多領域情報的即時共享，有助於提升國軍的情資整合能力。

二、電子參數分析研判

國軍現有的電戰系統能夠儲存已知的電子戰威脅，並在偵測到威脅時自動搜索資料庫以應用適當的對策，然而隨著威脅變得更加動態和多變，應引入人工智慧(AI)技術來協助參數分析，特別是在未知威脅的識別和分類上。未來應結合軍、民資源，推動自動化電子威脅辨識與追蹤定位系統的研發，從而提升電子戰反制能力，這可參考美軍的SIGINT和ELINT系統，這些系統已具備自動化分析和分類電子威脅的功能，對我軍的電子戰能力發展具有借鑒意義。

三、引入人工智慧技術

資訊是未來戰爭取勝的關鍵，然而在真實的戰場環境中，通信頻寬有限且時

間緊迫，無法及時從大量資料中找出關鍵訊息可能危及部隊安全。國軍目前尚未在人工智慧領域有具體發展，但未來應積極推動人工智慧和機器學習技術的應用，特別是在目標自動識別、打擊平台智慧匹配、戰場毀傷評估等方面，建議國軍成立AI研發中心，與產官學研合作，加速人工智慧技術的發展，並吸納業界人才，並在發展C2系統時，引入先進的AI技術，並積極推動AI在實戰中的應用，例如引入基於AI的自動化目標識別系統、智能匹配打擊平台以及戰場圖像構建系統，這將確保指揮官能夠快速獲取和分析戰場訊息，提升決策的即時性與精確性，參考美軍OODA(觀察—定向—決策—行動)決策模型中的AI應用，國軍應構建AI支持的作戰決策體系，確保資料分析的效率。

四、建構5G專屬通訊網路

為滿足聯合作戰指揮需求，應強化各軍種與單位之間的資訊共享。我軍雖有5G建案進行中，但未來不應只著眼於傳輸量的提升，應更加聚焦於多元發展的通信平台。建議國軍運用5G網路的高相容性，將戰場中的異質訊息網路進行深度整合，以提升部隊的通信能力和軍事通資系統的進步，國軍應制定5G通訊安全防護機制，預防敵方利用網路攻擊破壞通信網路，並與民間技術企業合作，共同推動5G技術的應用，這可以參考美軍「國防

創新計畫」中的5G技術應用標準，如數據傳輸速率與延遲容限等。

五、建設衛星通訊網路

我國在衛星通信技術方面起步較晚，現階段仍須仰賴國外技術。然而，為了滿足未來戰場通訊需求，國軍應積極推動低軌道衛星技術的自研發展，並加強國內太空產業的參與，參考Starlink等低軌道衛星技術的應用，我軍應引入類似的衛星通訊方案，尤其是延遲小於50毫秒的數據傳輸特性，能有效支持跨領域作戰的即時訊息交換。此外，我軍可以借鑒美軍Link-16衛星通信技術，突破現有通信系統的瓶頸，提升遠距通信能力，相關衛星技術若成熟，可運用方面如下：

(一)Link-16介接

Link-16是美軍最主要的戰術資料交換網路，亦是我國軍現用技術，其允許作戰人員共用敵我位置資訊，是美軍掌握戰場態勢的一大法寶。然而Link-16終端只能與視距內的其他Link-16終端進行通信，這意味著無法將遠方人員和裝備的資料納入Link-16網路，為突破這一瓶頸，美空軍研究實驗室(AFRL)從2019年開始與Viasat公司合作開發搭載Link-16終端的衛星，以便從太空為Link-16網路提供超視距通信節點，綜觀上述我軍未來發展或

許可借鏡相關經驗，精進我衛星通訊技術。

(二)陸區通信備援

國軍陸區系統屬於陸軍的通信延伸節點，戰時擔任陸軍各作戰區之間的通信連接，其主要功能為連接作戰區指揮部與骨幹網路，或是骨幹網路中斷時建立各作戰區的通信連接，連接方式分為有線通信及微波通信，若戰時有線通信受阻或微波通信被敵方干擾時，可嘗試在陸區系統新增5G衛星連線設備與低軌道衛星連接進而恢復通信，增強通信韌性。

六、籌建無人機行動網

在衛星技術發展受限的情況下，國軍應考慮利用無人機技術來彌補戰場通信需求。無人機行動網具備快速部署、高視距通信距離的特性，並且不受地形限制。這樣的技術可在戰時通信網路受損時快速布建，延伸訊號覆蓋範圍，作為聯合作戰的通信備援，未來可將無人機行動網應用於臺海防衛作戰中，保障指揮管制的通信穩定性，參考美軍無人機通信網的運用標準，我軍應建立一個完整的無人機行動通信體系，提升戰場感知與通信能力。¹⁷

七、錘煉網路攻防能力

中共在網路戰和資電作戰領域發展

17 〈無人機與戰場通訊中繼〉，網路安全與政策研究所，2020年1月15日，<https://indsr.org.tw>，檢索日期：2023年7月11日。



迅速，我軍應加強對網路攻防技術的研究與培訓。目前我軍已建立網路攻防訓練平台，但未來應進一步參與國際網路安全演習，培養網路作戰人才，應建立更具實戰化的網路攻防演練計畫，模擬真實的網路攻擊場景，測試我軍的應對能力，可參考美國「國防高級研究計畫局」(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)在自適應網路防禦技術(Active Cyber Defence, ACD)方面的研究，建立我軍的自適應網路防禦體系，增強未來戰場中的網路作戰能力。

結語

在未來的戰爭中，有能力處理和分享關鍵的、時間敏感的目標數據和戰爭訊息，並能果斷採取行動的部隊方能取得戰場優勢。雖然目前JADC2仍然還在概念與發展階段，但在可預見的未來，將會成為改變戰場生態的新型作戰理論，隨著軍事科技的快速發展，戰場領域正快速擴張到虛擬空間與太空軌道上，國軍的因應與反制策略發展已明顯落後，未來臺灣的國防科技發展應先認清自身定位，全力發展優勢項目，朝向高精準武器發展，並積極接受新型軍事科技革新，改革方向更應該要從硬體、人員、編制與後備

動員，走向軟體、素質、效率與作戰觀念。¹⁸

在以美軍為師之前，應該要知其然，美軍因應不同威脅，發展對應策略、系統、武器、人員及思維，且從數個世代的作戰經驗總結後，顯示指管與情資的重要性有增無減，其差異在於作戰節奏，隨現代戰爭節奏越變越快，指管手段與情報交換也隨之不斷演進，「聯合全領域指揮管制」即是集其大成，能否有效且安全的運用將決定作戰是否成功。現今探討聯合全領域指揮管制固然有諸多益處，但絕不能忽視其所以然，而全盤接受之，更好的解方應該是置重點於人才培育、營造開明的風氣，並接納廣泛討論，以形成接地氣且統一的戰術思想，方能知彼知己，克敵制勝。

(113年8月23日收件，114年5月19日接受)

18 〈正在成形的軍事革命：全領域聯合作戰與美軍轉型計畫〉《鳴人糖》，2021年1月8日，<https://opinion.udn.com/opinion/story/120873/5154887>，檢索日期：2023年5月22日。