

建立LINK-22數據鏈路 對我國防衛作戰戰力發揮研究

空軍少校 賴建儒 空軍中校 陳宗恒

提 要

Link-22數據鏈路是一種先進的戰術數據鏈路技術，旨在增強跨軍種的聯合作戰及通信協同能力，於各種控制平台和武器平台之間共享監視、指揮和控制資訊，產生共同作戰圖像，以提升態勢感知和作戰效能。在全球軍事技術日益發展的背景下，我國面臨日益複雜的安全威脅，亟需導入新型通信技術應對現代化戰爭的挑戰。本研究從Link-22數據鏈路的技術特點出發，與Link-11及Link-16等數據鏈路分析差異，針對Link-22數據鏈路的技術特性、應用價值及其在我國國防體系中的導入策略，分析其在國防應用中的優勢，並探討其導入對我國軍事戰力的影響。透過綜合分析，Link-22數據鏈路的引入將顯著提升我國國防通信能力與聯合作戰效能，並對我國國防現代化及防衛作戰能力發揮提供重要支撐。

關鍵詞：Link-22、數據鏈路、聯合作戰、通信技術

前 言

隨著全球安全環境的變化，現代戰爭形態不斷演變，傳統的防衛作戰方式已無法滿足現代戰爭的需求，現今資訊技術和軍事科技的迅速發展，也讓資訊化作戰逐漸成為軍事行動的核心，並依賴精準的資訊傳遞和跨軍種的高效協同作戰，提升戰場態勢感知、精準指揮與控制。為了因應現代軍事作戰要求在複雜且多變的戰場環境中能夠快速獲取準確的情報，並且不同作戰單位之間能夠相互傳遞共享，戰場環境中的通訊網路與數據鏈路技術成為影響戰爭結果的關鍵因素之一，各國軍隊逐漸轉向以數據鏈路為核心的資訊化作戰模

式，數據鏈路技術能夠在戰場上實現跨平台、跨軍種的即時數據交換與協同指揮，使軍隊在高強度作戰中擁有更快的反應能力和更高的戰場透明度。自20世紀80年代以來，Link系列數據鏈路在北大西洋公約組織(North Atlantic Treaty Organization，以下簡稱NATO)的軍事行動中發揮了核心作用，Link-11和Link-16等傳統數據鏈路系統在過去的作戰中已經證明了其有效性，但隨著戰爭模式的演變，對於更高效、更安全的通信需求也愈加迫切，促使NATO成員國共同研製新一代數據鏈路系統，即Link-22數據鏈路。當前，我國軍隊雖已部署Link-16數據鏈路系統，但在傳輸速度、通信範圍及抗干擾能力上，與

Link-22數據鏈路仍存在一定差距。本研究旨在探討Link-22數據鏈路的應用對我國防衛作戰能力的影響，並針對其技術特性、戰術應用以及對多軍種聯合作戰協調能力的提升效果，探索其在我國防衛作戰中的應用潛力，對於提升我國軍事戰力和應對未來威脅具有重要意義。

數據鏈路發展

在數據鏈路出現之前，美軍及盟國部隊間通信方式主要仰賴無加密的無線電通信方式，僅能語音連絡用，限制了除聲音以外的戰術數據傳輸能力。隨著科技發展及戰爭規模逐漸擴大，軍種聯合作戰對戰場資訊共享的需求日益增長。同時，配備射控雷達的先進戰機出現，使戰機機群間的情資傳遞和目標分配需求更為明顯，為了配合戰術應用，也加速了數據鏈路的發展，後續也透過各種理論及實戰的證明，具備數據鏈路的作戰機群，其作戰效能明顯優於未具備數據鏈路的機群。¹

數據鏈路早期是為了防空系統自動化所研發的，將所有預警雷達系統及控制中心連結起來，透過數據鏈路自動傳輸雷達預警訊息。之後美國與北約成員國於50年代後期開始研發數據鏈路。最早研發出來是美軍Link-4A數據鏈路系統，該系統主要用於海軍水面艦及其艦載機資料傳輸使用，由於當時資訊量及戰場干擾程度不

同於現今戰場，因此，該系統已能滿足美軍協同作戰需求。

數據鏈路技術的廣泛應用是近二十年來才逐步成型的成果，但伴隨著資訊和網路技術快速發展，其重要性逐漸在軍事領域上獲得重視。例如，1983年的格瑞那達行動中，美國陸軍由於通信系統的不相容，導致未能獲得海軍有效支援，美軍才深刻體認到通信能力不足在軍事行動帶來的影響。而後在1991年的波灣戰爭，初步的數據鏈路技術首次於實戰中應用，美軍使用了愛國者飛彈成功攔截了伊拉克的飛毛腿飛彈，實際展現了數據鏈路的效能。然而，在當時的應用範圍仍然有限，三軍之間的橫向通信問題還是未能有效解決，作戰命令還是無法透過通信網路來順暢下達，這也成為促進數據鏈路進一步發展的關鍵動力。²

一、數據鏈路概述

數據鏈路是一種採用無線網路的通信技術並結合通信協定，以提供站台、載台及各式武器系統間作為資訊交換及傳輸的系統，除了靠通信系統傳輸外，以資訊系統來處理通信系統所要傳遞的情資，來控制武器或是偵蒐系統，建立共同作戰圖像(Common Operational Picture, COP)呈現給指揮官或相關作戰及情報人員，來達到情報傳遞、指揮及管制(如圖1)。

而「共同作戰圖像」是依據數據鏈

1 朱盈豪，〈數據鏈路整合運作之安全性探討〉，《陸軍通資半年刊》，110期，2008年9月10日，頁3。

2 同註1。

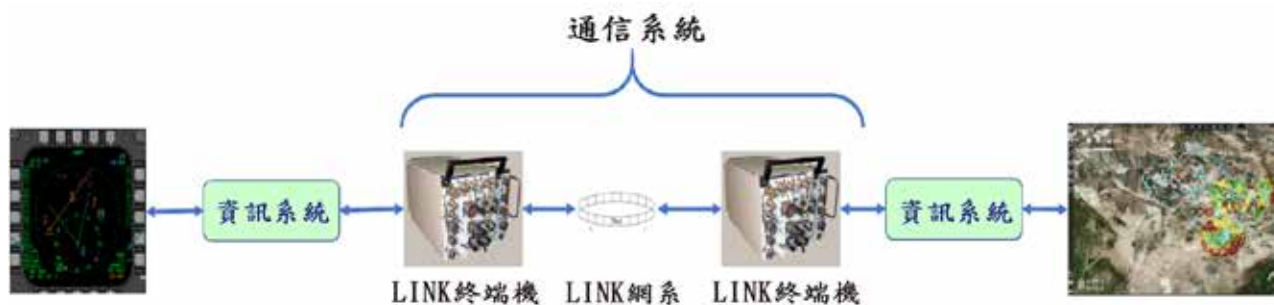


圖1 建立共同作戰圖像。

資料來源：陳高智，〈建立地面指管共同作戰圖像基礎作業環境架構之研究〉，《陸軍通資半年刊》，第111期，民國2009年4月，頁4。

路的運作模式構建而成，也就是說，各武器載臺將自己本身所偵獲情資透過數據鏈路分享出去，其他配備數據鏈路載臺亦可將其他載臺情資接收後來達成戰場「共同作戰圖像」。³各作戰中心、偵察系統以及武器平台間的資訊系統則可透過數據鏈路傳遞與接收資訊來實施整合，⁴以實現情資共享，提升戰場態勢感知的能力，從而建立統一的「共同作戰圖像」，使指揮官可透過共同作戰圖像來快速掌握戰場動態及完整情報，再藉由指管系統下達決策，進而提升整體的作戰效能(如圖2)。⁵

二、數據鏈路種類

數據鏈路使整個作戰體系達到即時資訊傳輸、分享和處理，在聯合作戰中提供指揮官遂行指揮及管制，在資訊化及智

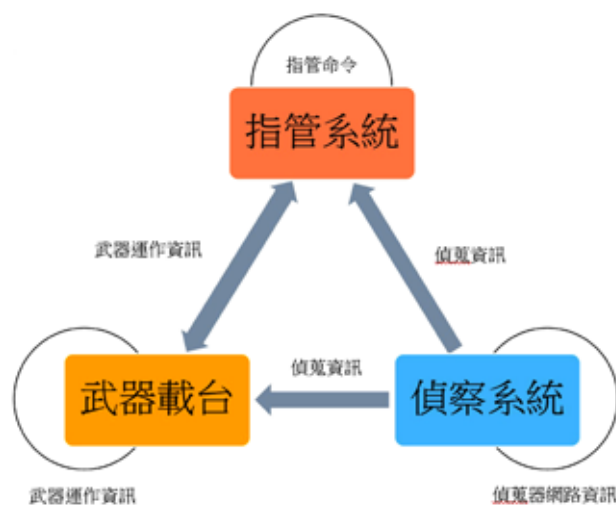


圖2 數據鏈路運用示意圖。

資料來源：參考羅振瑜、吳慕強，〈中共數據鏈路發展與運用研析〉，《海軍學術雙月刊》，第53卷第6期，2019年12月1日，頁104，由作者重新繪製。

3 曾智修，〈Link-16戰術數據鏈路同步時間源之研究〉，《陸軍通資半年刊》，121期，2014年4月1日，頁26。

4 羅振瑜、吳慕強，〈中共數據鏈路發展與運用研析〉，《海軍學術雙月刊》，第53卷第6期，2019年12月1日，頁103。

5 《思想坦克》，〈<https://voicettank.org/link-22數據鏈路對我聯合作戰之影響1/>〉(檢索日期：2024年11月29日)。

慧化戰場上，數據鏈路將是軍隊中不可或缺的作戰元素之一，美軍根據不同的用途與需求研製Link-1、Link-4A、Link-11、Link-14、Link-16等數據鏈路系統，其功能分述如下：

(一)Link-11數據鏈路

Link-11數據鏈路於1970年代服役，係作為早期戰術數據鏈路的重要系統之一，是一種HF/UHF戰術數據鏈路，它是海軍艦艇之間、艦-地之間、空-艦之間和空-地之間實現戰術數字信息交換的重要戰術數據鏈路，⁶曾經為美軍及NATO盟軍在聯合作戰中發揮了關鍵作用，其主要目的是實現各種作戰單位之間的戰術數據共

享，與Link-4數據鏈路相比提高作戰效率和態勢感知能力，具保密與超視距傳輸能力，但相較於Link-16數據鏈路，其傳輸速率及抗干擾能力較弱。⁷

Link-11數據鏈路由戰術資料系統電腦(Tactical Data System Computer)、通信加密設備(KG-40A)、數據終端以及高頻或特高頻無線電台所構成(如圖3)，⁸這是一種具備自動化、高速傳輸特性的電腦對電腦通信系統。其功能可對水面艦艇、空中戰機及陸基站臺之間進行情報分享和戰術數據的交換，同時亦能夠協調作戰區內各武器載臺的作戰行動，有助於提升聯合作戰指揮效能。另Link-11數據鏈路使用

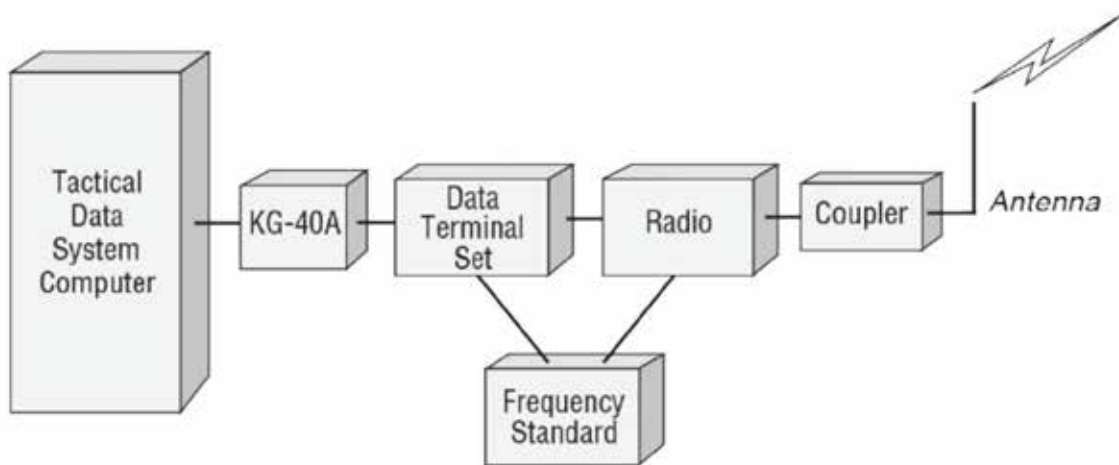


圖3 Link-11數據鏈路系統架構圖。

資料來源：United States, "Northrop Grumman's Guide to Secure Tactical Data Links", December 2014, Section3, Page3-3。

6 《美軍數據鏈(Link-4/11/16/22)介紹》，〈<https://kknews.cc/zh-tw/military/69kymq.html>〉(檢索日期：2024年11月29日)。

7 《深度剖析：美国战术数据链，现代战争的信息中枢？》，〈<https://zhuanlan.zhihu.com/p/23940545444>〉(檢索日期：2025年4月21日)。

8 Northrop Grumman, "Northrop Grumman's Guide to Secure Tactical Data Links", December 2014, Chapter 3, P.3-3。

兩個頻段，一個是高頻 (High Frequency，HF) 頻段，另一個是超高頻 (Ultra High Frequency，UHF) 頻段。運用 HF 頻段資料傳輸最遠可達 1,000 哩；運用 UHF 頻段資料傳輸最遠可達 150 哩，一般艦對空資料傳輸主要以 UHF 頻段為主，我國目前僅海軍使用 Link-11 數據鏈路。⁹

以下是 Link-11 數據鏈路的主要技術特點、應用範疇及侷限性：

1. 主要技術特點

(1) 通訊模式

Link-11 數據鏈路使用高頻 (HF) 和超高頻 (UHF) 作為通訊媒介，採用網路控制站 (Net Control Station，NCS) 技術執行數據鏈路的網路管理和協調，並透過輪詢 (Polling) 方式控制其他節點的通信，並在其通信網路內分配通訊時段，讓數據傳輸可以有條序地進行，確保了多個單位間的通訊都能保持著有序性；另外，Link-11 數據鏈路使用多頻頻率偏移調變 (Multi-Frequency Shift Keying，MFSK) 的傳輸技術。¹⁰

(2) 資訊傳輸格式

Link-11 數據鏈路使用特定的數據傳輸格式，稱為 M-Series 格式，主要將戰術資料系統電腦 (Tactical Data System Computer) 內的戰術資訊，在數據傳輸時

透過加密設備 (KG-40A) 來確保其傳輸的安全性。¹¹

(3) 作戰平台支援

Link-11 數據鏈路用於多種軍事平台，包括艦艇、飛機、地面站和指揮中心；另外亦能夠協調作戰區內各武器載臺的作戰行動，進行敵情報告等戰術資訊分享，有助於提升聯合作戰指揮效能。¹²

2. 應用範疇

(1) 海軍作戰

Link-11 數據鏈路主要在海軍艦隊中應用較為廣泛，在艦艇之間或與岸置單位的戰術協同及目標情資共享，對於艦隊防空和反潛作戰中尤為重要，可確保各單位能夠對威脅採取快速反應。

(2) 聯合作戰

除了海軍之外，也可支援跨軍種作戰，透過多個作戰平台間的資訊共享 (例如海空或海陸協同作戰)，來提升整體作戰效能。

(3) 指揮與控制

透過 Link-11 數據鏈路的資料交換功能，可以幫助指揮官快速獲取各項態勢資訊，並及時做出決策，實現指揮鏈的高效運作。

3. 侷限性

(1) 數據傳輸速率較低

9 同註5。

10 《everythingRF》，〈<https://www.everythingrf.com/community/what-is-link-11/>〉(檢索日期：2024年12月3日)。

11 同註8。

12 同註5。

以UHF通信來說，Link-11傳輸速率為1,090 bps(低速)或1,800 bps(高速)；Link-16可達26,880 bps至107,520 bps；Link-22則為12,666 bps，¹³所以Link-11數據鏈路的數據傳輸速率相較於現行數據鏈路，傳輸速率顯著落後，且系統資料傳輸必須由主控站使用半雙工通信和集中式輪詢機制，更新頻率較低，易造成傳輸延遲，在快速變化的作戰環境中無法滿足高數據量傳輸的作戰需求。

(2)抗干擾能力有限

Link-11數據鏈路雖然有加密技術支持，但其系統採定頻傳輸模式，抗干擾性能(如頻譜跳頻技術)相對較弱，數據鏈路頻率容易受到敵方電磁干擾攻擊。

(3)網路控制站

網路架構運行需高度依賴網路控制站(NCS)，一旦網路控制站無法運作，整個數據鏈路將無法有效運行。

(4)作戰受限

由於Link-11數據鏈路系統架構較為老舊，難以適應現代作戰中日益複雜的需求，因此許多國家正逐步將其系統升級為Link-16或Link-22數據鏈路。

(二)Link-16數據鏈路

Link-16數據鏈路於1980年代服役至今起源於美軍於1970年代為因應未來作

戰需求所研製的「聯合戰術資訊分發系統」(Joint Tactical Information Distribution System, JTIDS)，所制定之新一代數據通訊標準，和以往的數據鏈路系統相比，Link-4只能提供管制中心和戰機的聯繫；Link-11只能提供艦對艦的聯繫；而Link-16可使網路內的陸、海、空等平臺可藉由這套系統來相互交換敵方目標追蹤資料、乙方成員位置、電子偵察、各平台狀況、危險警告、導航、控制與引導訊息等(如圖4)。¹⁴在1999年科索沃衝突中，美軍斯托特號驅逐艦(USS Stout DDG-55)已可透過Link-16系統與NATO盟軍其他載台進行情資共享與戰術管制交換。¹⁵

對美國的海軍而言，Link-16數據鏈路發展始於JTIDS Class II終端機，當時使用分散式分時多工存取協定(Distributed Time Division Multiple Access, DTDMA)，而美國空軍現行採用的Link-16數據鏈路，係於1985年以分時多工存取協定(Time Division Multiple Access, TDMA)所取代，而後續於1994年1月，在美國星座號航空母艦(USS Constellation CV-64)完成安裝，此為美國海軍艦艇第1次安裝Link-16數據鏈路系統，並於1995年開始執行全量產建置。¹⁶

另外，有別於Link-11數據鏈路的

13 Northrop Grumman, "Link 22 Guidebook Overview", July 2013, Section C, Page 1-37

14 萬濟人，〈數據鏈路對空軍指揮管制系統運用之影響—以Link-16為例〉，《國防雜誌》，第20卷第4期，2004年3月29日，頁112。

15 同註3。

16 《戰術數據鏈路簡介-Link-16歷史與背景》，〈<http://datalink-connect.blogspot.tw/2010/09/link-16.html>〉(檢索日期：2024年12月8日)。

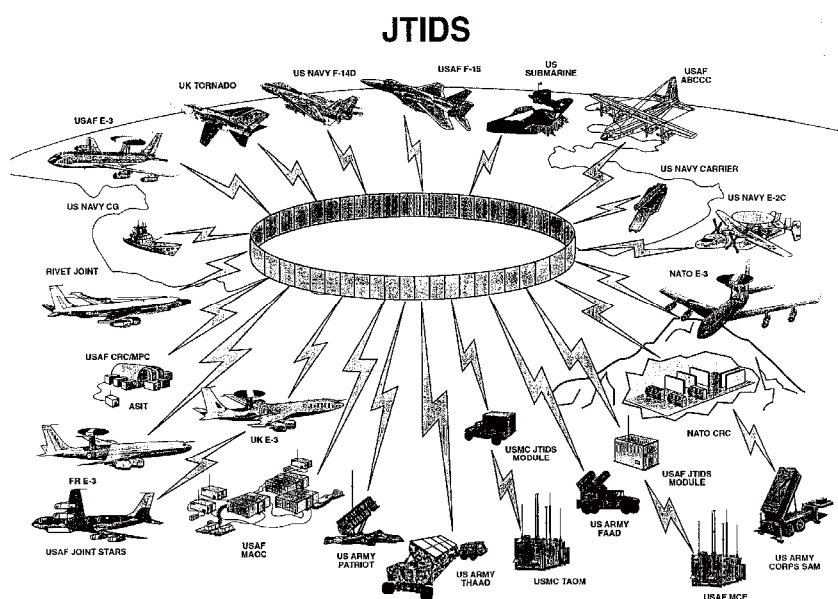


圖4 聯合戰術資訊分配系統(JTIDS)連結示意圖。

資料來源：《Joint Tactical Information Distribution System (JTIDS)》，〈<https://man.fas.org/dod-101/sys/land/jtids.htm>〉(檢索日期：2024年12月8日)。

「網路主控站」架構，Link-16數據鏈路採用「無節點」的網路架構，不受地面接收站或載臺遭攻擊而影響數據鏈路正常運作，¹⁷可滿足偵察、電子戰、任務執行、武器分配和控制等數據，並提高多軍種、多國作戰單位的態勢感知和協同能力，使Link-16數據鏈路內的成員可以將敵方追蹤資料、位置、電子偵察、各平臺資訊、危險警告、導航、控制與導引等訊息做即時情資的交換分享，Link-16數據鏈路以其高數據速率、低延遲和抗干擾能力成為現代化聯合作戰的核心。

我國於1996年台海飛彈危機後，向美國採購Link-16系統，並結合國軍指管通資情監偵(C4ISR)能力，讓國軍聯戰指揮中心、各戰略執行層級聯戰中心，同步進行聯合作戰指揮管制。由於受到裝備介面限制影響，部分系統未能整合到Link-16系統，未來透過強化指管系統互通能力，滿足聯戰指管作業需求。¹⁸

以下是Link-16數據鏈路的主要技術特點、應用範疇、優勢分析及侷限性：

1.主要技術特點

(1)通訊模式

Link-16數據鏈路使用超高頻(UHF)作為通訊媒介，主要集中於960MHz至1215MHz之間的頻段，採用分時多工存取協定(Time Division Multiple Access, TDMA)技術，將頻率資源分配到不同的時序，支持多個用戶同時通信，來減少通訊干擾。

(2)資訊傳輸格式

Link-16數據鏈路在進行戰術資訊傳輸時(如偵察資料、電子戰數據、情報、任務執行、武器分配和指揮控制

17 林克正、李建鵬，〈探討美軍戰術數據鏈路運用之研究-以Link-22為例〉，《空軍學術雙月刊》，第701期，2024年8月，頁152。

18 羅添斌，《國軍「迅安系統」聯戰效能不足 我盼美儘速助台取得LINK-22系統》，〈<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4522571>〉(檢索日期：2025年4月8日)。

等)，¹⁹係使用北約所規範的J-Series數據傳輸格式，²⁰與Link-11的M-Series相比，其在傳輸時可交換的戰術資訊量可達2到3倍之多。²¹另外，J-Series訊息格式屬於Tactical Digital Information Link (TADIL-J)標準的一部分，其訊息主要以TADIL-J編碼，這些訊息是具有明確含義的二進制數據。並按功能區域分組在網路架構上疊加了一個邏輯結構，使其能適應特定操作環境或需求，再透過虛擬電路來分配網路頻寬，然後再根據任務需求，將這些分配給網路參與小組(Network Participation Group, NPG)以維持任務效率與頻寬分配，²²最主要使用：

- A.NPG 5 & 6(精確位置與識別PPLI)
- B.NPG 7(監視與追蹤資訊)
- C.NPG 8(任務管理)
- D.NPG 9(空中管制)
- E.NPG 10(電子戰與協調)

F.NPG18(武器協調)

G.NPG 19(戰鬥機間網路鏈結)²³

(3)加密與抗干擾能力

Link-16數據鏈路加密訊息使用訊息安全加密設備(Message security, MSEC)，傳輸使用基於時間的傳輸安全(Transmission security, TSEC)進行加密。為了使一個單元能夠接收另一個單元的傳輸，必須為它們分配相同的TSEC加密變數。對於要解密該傳輸中包含的資料的單元，必須為它們指派相同的 MSEC 加密變數，²⁴並使用高級加密標準(Advanced Encryption Standard, AES)保證通訊安全性；²⁵此外，Link-16數據鏈路亦內建抗干擾功能，能夠在視距內以超高頻(UHF)頻段進行跳頻(Frequency Hopping)傳輸，跳頻模式由終端發射機以亂碼跳頻來有效降低敵方電子干擾的影響，使其具備高度的抗干擾能力與安全性，在受到嚴重干擾的

19 《各種美軍數據鏈：Link16/Link22/TADIL-J/JTIDS》，<<https://kknews.cc/zh-tw/military/qgqen8b.html>>(檢索日期：2025年4月19日)。

20 Northrop Grumman, "Northrop Grumman's Guide to Secure Tactical Data Links", December 2014, Chapter 2, Part 1, P.2-7。

21 Northrop Grumman, "Northrop Grumman's Guide to Secure Tactical Data Links", December 2014, Chapter 2, Part 5, P.2-24。

22 Northrop Grumman, "Northrop Grumman's Guide to Secure Tactical Data Links", December 2014, Chapter 2, Part 5, P.2-57。

23 AIR LAND SEA APPLICATION CENTER, "TADIL J-INTRODUCTION TO TACTICAL DIGITAL INFORMATION LINK J AND QUICK REFERENCE GUIDE", JUNE 2000, 頁16。

24 AIR LAND SEA APPLICATION CENTER, "TADIL J-INTRODUCTION TO TACTICAL DIGITAL INFORMATION LINK J AND QUICK REFERENCE GUIDE", JUNE 2000, 頁15。

25 《探秘Link 16数据链：现代战争的“信息纽带”》，<<https://zhuanlan.zhihu.com/p/18531558747#:~:text=Link%2016%20>>(檢索日期：2025年4月21日)。

環境下仍能維持通信暢通。²⁶

(4)網路架構

採用分散式網狀網路(Mesh Network)架構，即使部分節點失效，仍能保持整體網路運行，其採用「無節點」網狀架構可在任一節點遭受攻擊時維持整體網路穩定，具有高度的抗毀性與生存力，沒有像Link-11數據鏈路有集中式的網路控制站，因此不會因單一節點故障導致系統崩潰而使傳輸中斷，使得 Link-16 成為現代聯合作戰中不可或缺的核心系統。²⁷

2.應用範疇

(1)空中作戰

Link-16數據鏈路是現代戰機(如F-16、F-35)的標準配備，可用於空中戰術數據的交換，包括共享敵我識別(Identification Friend or Foe, IFF)資訊、目標位置和作戰計畫。

(2)海上作戰

海軍艦艇可以透過Link-16數據鏈路與飛機、潛艇及岸際單位共享海上態勢資訊，以提升艦隊的協同作戰能力。

(3)地面作戰

用於地面部隊和防空單位之間的數據及資訊交換，協助實現即時火力支援、戰場監控和防空攔截。

(4)多國聯合作戰

作為NATO盟軍使用的標準，Link-16

數據鏈路能夠支援多國部隊間的數據鏈路互通，特別是在大型聯合軍演或國際行動中，可以分享各項即時情資來提升協同作戰效能。

3.優勢分析

(1)態勢感知能力強

Link-16數據鏈路透過即時傳遞戰術資訊，使參與單位對戰場態勢能夠有全面性的了解，可幫助指揮官執行快速決策的作戰指揮。

(2)抗干擾與安全性高

與Link-11數據鏈路相比，其使用跳頻技術和先進加密演算法，提高了通訊時的抗干擾能力與安全性。

(3)具聯合作戰靈活性

由於Link-16數據鏈路可支援多國、多域的協同作戰，為聯合作戰帶來了穩定的即時數據交換及共享能力。

(4)具未來升級的擴展性

具備未來升級擴展性，可透過多頻段技術提高數據傳輸速率，或是與 Link-22數據鏈路系統並行運作。

4.侷限性

(1)成本較高

儘管 Link-16 數據鏈路具有高抗干擾性、低延遲與跨平台即時通訊等優勢，Link-16數據鏈路必須配備專屬的戰術終端機(如MIDS-LVT、MIDS-JTRS 等模

26 曾智修，〈Link-16戰術數據鏈路同步時間源之研究〉，《陸軍通資半年刊》，121期，2014年4月1日，頁28。

27 黃天成、李建鵬，〈從新興科技應用探討國軍聯戰指管系統精進策略之研究〉，《空軍學術雙月刊》，694期，民國112年6月，頁130。

組)，²⁸這些設備本身單價高，且部署多型平台(如戰機、軍艦、地面防空系統等)且需經過改裝、系統整合與測試認證等流程，工程成本相對可觀。此外，因Link-16數據鏈路系統係採 TDMA架構，其對於整體時間同步與網路參與規劃有較高的運維要求，²⁹需仰賴技術人員定期裝備維護與操作訓練。故建置與維護成本卻相對高昂，因此，對於小型國家或資源有限的軍事體系而言，若欲全面建置 Link-16 系統，除需投入可觀的初始成本外，亦須長期負擔系統升級、教育訓練與作戰維護運用等費用，往往是一項沉重的財政與技術負擔及壓力，尤其對於小型或資源有限的國家可能形成財政壓力。

(2) 依賴專用設備

使用專屬的多功能訊息分發系統(Multifunctional Information Distribution System, MIDS)終端設備，難以融入非標準設備的作戰單位。

(3) 頻率壅塞問題

由於Link-16數據鏈路使用頻段接近航空導航使用頻段，可能會導致電磁頻譜資源的壓力。

(4) 對基礎設施依賴性強

如果缺乏相關的指揮控制設施和衛

星支援，Link-16數據鏈路系統發揮效能可能受限。

(三) Link-22數據鏈路

Link-22數據鏈路的開發始於20世紀末，NATO為改進Link-11數據鏈路的性能，提升戰術數據傳輸能力，制定了一份任務需求聲明，該聲明成為NATO組織建立改進 Link-11數據鏈路計畫的基礎(也可稱作改進版的Link-11數據鏈路，簡稱：NILE)，其目標是由Link-22系統取代Link-11系統，成為新一代聯合作戰數據鏈路系統，當通聯條件惡劣時，Link-22可憑藉更穩定的訊號頻率以保持通連(如圖5)，³⁰使其在頻寬和通訊距離運用方面更為廣泛；另外其目的係改善Link-11系統固定使用者限制，增加盟軍的互通彈性，另外也能與現行 Link-16系統進行情資共享及戰術交換，進一步提高聯戰指揮官的作戰能力及情傳效率。它具備Link-11和Link-16等數據鏈路的優勢，同時進一步提升了數據鏈路的抗干擾能力、傳輸範圍以及系統可靠性。³¹

Link-22數據鏈路能採自動編組功能，完整呈現敵軍與友軍位置並形成共同作戰圖像(COP)，且具備更強的跳頻、展頻的抗干擾能力，有效應對電戰威脅，

28 《美軍售終端機升級案 專家：遠較國軍目前使用的系統優越 - 政治 - 中時》，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20241222002388-260407?chdtv>〉(檢索日期：2025年4月19日)。

29 曾智修，〈Link-16戰術數據鏈路同步時間源之研究〉，《陸軍通資半年刊》，121期，民國2014年4月1日，頁35。

30 林克正、李建鵬，〈探討美軍戰術數據鏈路運用之研究-以Link-22為例〉，《空軍學術雙月刊》，第701期，2024年8月，頁153。

31 同註6。

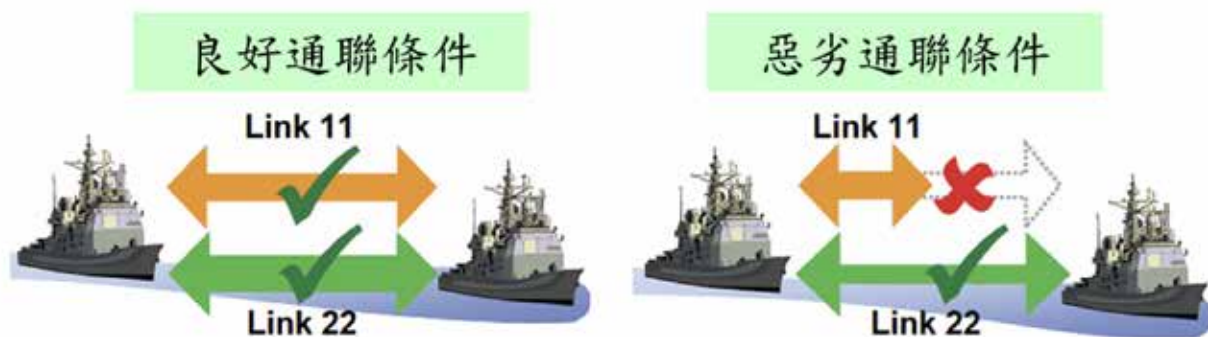


圖5 Link-22數據鏈路可以彌補Link-11數據鏈路無法執行的工作。

資料來源：NILE PMO, "Link 22 Intro and Update", October 2017, Section 4, Page 28。

另外，Link-22數據鏈路的長距離傳輸能有效延伸作戰圖像，強化戰略、作戰及戰術運用。Link-22數據鏈路最早於2000年中期在NATO盟國軍事演習中進行測試，並逐步推廣至NATO成員國的多種作戰平臺。³²

除此之外，Link-22數據鏈路的核心在於其基於無線電波段的數據鏈路技術，支持多個作戰平台之間的數據通信整合。其技術結構包括地面站、船艦、飛機等多種通信節點，通過一個高度安全的網狀結構進行信息傳遞。Link-22數據鏈路的優勢在於其可操作的多頻段傳輸和抗干擾特性，能夠在強電子干擾環境中保證數據的穩定傳輸。具體工作原理包括數據壓縮、加密以及多跳傳輸等技術，使其具備高度的靈活性和可靠性，對於區域防空和海上監事等任務，其能力顯著強於對敵情的早

期預警能力和決策效率。

以下是Link-22數據鏈路的主要技術特點、應用範疇及發展方向：

1. 主要技術特點

(1) 多頻支持

Link-22數據鏈路支援高頻(HF)和超高頻(UHF)頻段，高頻(HF)通訊適用於全球通訊，而超高頻(UHF)通訊適用於戰術場景中的近距離高速傳輸，以實現長距離和近距離通訊的靈活切換，來適應不同作戰環境的需求，克服了Link-16必須透過中繼才能超視距通信的限制。³³

(2) 網路架構

與Link-16數據鏈路一樣採用分散式網狀網路(Mesh Network)設計，沒有單一網路控制站，增強網路的可靠性與生存能力並可支援多個網路同時運行，可根據作戰需求設置優先等級，任何節點的損失都

32 《Link-22可讓國軍與美方鏈結形成共同作戰圖像》，〈<https://www.cna.com.tw/news/aip/202305250309.aspx>〉(檢索日期：2024年12月22日)。

33 許志豪，〈共軍戰術數據鏈發展對我之威脅評估〉，《陸軍通資半年刊》，第136期，2021年10月1日，頁7。

不會導致整個網路失效，極大提高了網路的穩健性；另外具備更自動化的網路配置，能適應不同的作戰需求並支持動態的網路拓撲，使得多國聯合作戰或跨軍種協同作戰更加靈活有效。

(3)數據速率

Link-22數據鏈路使用F-Series數據傳輸格式，與Link-16數據鏈路所使用的J-Series格式皆屬於J-Family訊息的一部分，³⁴F-Series是由兩種類型的訊息組成，即獨特的F訊息和FJ訊息。獨特的F-Series訊息是Link-16數據鏈路訊息的更緊湊版本，或是Link-16中不存在的訊息。FJ訊息可將Link-16數據鏈路的J-Series訊息封裝在Link-22數據鏈路的訊息中，使Link-22數據鏈路仍可接收Link-16數據鏈路傳輸的戰術訊息。³⁵而Link-22數據鏈路資料傳輸速率，在HF頻段為1,493-4,053 bps，UHF頻段為12,666 bps，相較於Link-11數據鏈路已大幅提升，雖與Link-16傳輸速率有差異，但由於Link-16僅支援單一網路，而Link-22可最多同時在4個網路上進行不同傳輸，進而增加了頻寬，³⁶使其能更有效地承載大量資料、即時目標資訊與聯合指管命令等高頻寬需求，滿足現代多維聯合作戰的高數據量傳輸及作戰需求。

(4)安全性及抗干擾能力

內建高階加密技術，可確保通信內容不被敵人截取或篡改，同時透過系統內置的驗證功能可防止未授權的節點進入網路，達成數據交換的機密性。由於現代戰爭中交戰雙方廣泛電磁干擾作為，恐造成通信、電子系統遭受電磁干擾而無法有效運作，因此Link-22數據鏈路運用跳頻(Frequency Hopping)技術強化抗干擾能力，確保在複雜電磁環境下的通信穩定性。

(5)系統連接性

Link-22數據鏈路是為替代Link-11數據鏈路，除了可支援與Link-11和Link-16等數據鏈路系統外，Link-22數據鏈路可在不倚靠衛星情況下延展通信距離，將在空機、水面艦、陸地移動載具等作戰單位納入網路相互構聯，實現戰術資訊交換(如圖6)。³⁷

(6)模塊化設計

可根據個別作戰需求可允許系統進行功能擴展，且支持AI分析及大數據處理等未來新興技術的升級。

2.應用範疇

(1)多國聯合作戰

Link-22數據鏈路適用於NATO及盟國的聯合作戰，以確保不同國家軍隊之間的戰術數據交換和任務協同作戰。

(2)支援多域作戰

34 NILE PMO,"Link 22 Intro and Update",2017,P.32。

35 Northrop Grumman,"Link 22 Guidebook Overview", July 2013,Chapter 1,Section B,P.1-16。

36 同註13。

37 同註6。

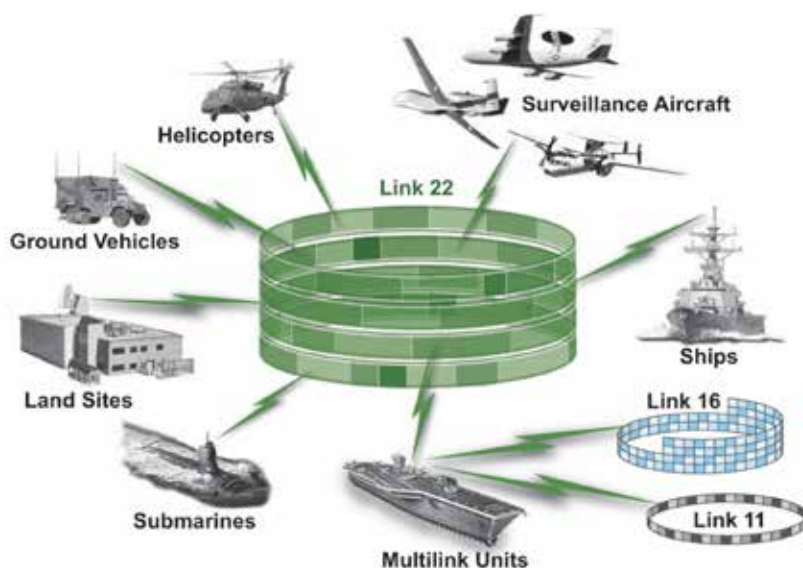


圖6 Link-22數據鏈路與其他戰術數據鏈路及作戰單位連接示意圖。

資料來源：United States, "Northrop Grumman's Guide to Secure Tactical Data Links", December 2014, Chapter4, SectionB, Page4-6。

可支援艦隊之間的戰略即時態勢共享與目標協同實施海上作戰，特別是在遠洋環境中，高頻(HF)模式下可實現全球範圍的數據傳輸，也可以提供給空中、地面作戰單位的高效數據鏈路，用以支援防空及地面作戰、火力協同和戰場態勢即時監控，除了傳統的海、空、陸作戰外，還考慮到了網路和太空領域的需求，能更好地應對未來多域作戰的挑戰。

(3)戰略與戰術通聯

Link-22數據鏈路不僅侷限於戰術層面，還能與戰略級指揮控制系統連接，提供綜合性戰場態勢支援，可提供聯戰指揮官各項即時資訊及情資，以利各項應變處置及指揮管制。

3.發展方向

(1)全球推廣與部署

Link-22數據鏈路的技術優勢使其成為NATO標準，但因開發與部署成本昂貴，系統建置需要高度投入，推廣和全面部署尚要克服各國財政和基礎設施限制，另外也因部署尚未完全普及，亦需要解決國際合作中的技術支援問題。

(2)新興技術整合

隨著人工智慧(AI)、無人系統(UAV)、第五代行動通訊技術(5G)的崛起，Link-22數據鏈路未來將與這些技術整合以提升作戰效能。

(3)對非NATO國家適應性

目前Link-22數據鏈路的使用主要集中於NATO成員國，對於非NATO國家能否兼容該技術是未來需要解決的問題。(如表)

未來發展及作戰運用

隨著現代作戰環境的不斷複雜化和資訊技術的迅猛發展，數據鏈路在現代化作戰系統中，其組成正成為軍事作戰中不可或缺的關鍵因素之一，其未來運用將深刻影響軍事作戰模式的演進、國防能力的建設與戰略布局。數據鏈路的技術進步與作戰運用的深度整合，將成為提升戰場情資傳輸優勢、指揮控制效能與作戰決策

表 Link-11、Link-16、Link-22數據鏈路功能分析及差異

LINK-11、LINK-16 及 LINK-22 數據鏈路功能分析及差異			
型號	Link-11	Link-16	Link-22
研製時期	1950-1960 年代	1970-1980 年代	2000 年代
工作頻段	HF、UHF	UHF	HF、UHF
最大傳輸距離	超視距通信 HF 300 哩 UHF 艦對艦 30 哩 UHF 艦對空 150 哩	視距通信 (250 哩)	超視距通信 HF(1,000 哩) UHF(250 哩)
語音功能	無	有	有
傳輸方式	有線 / 無線	有線 / 無線	有線 / 無線
傳輸速率	HF/VHF： 慢速為 1,090 bps，高速為 1,800bps	26,880 bps 至 107,520 bps	HF:1,493-4,053 bps UHF:12,666 bps ※Link-22 可建立有多個網路，從而可以增加頻寬。例如：3 HF 和 1 UHF (固定頻率)：24,825 bps；2 HF 和 2 UHF (固定頻率)：33,438 bps
通信技術	定頻加密傳輸	高速跳頻密碼加密	定頻 / 跳頻先進加密技術
數據格式	M-series	J-series	F-series
網路技術架構	網路控制站	分散式網路架構	分散式網路架構
抗干擾能力	差	佳	佳
導航	無	有	有
應用層級	戰術級別	戰術級別	戰略及戰術級別
備註			1. 取代 Link-11 2. 與 Link 16 互補和互通。

資料來源：1.Northrop Grumman, “Link 22 Guidebook Overview”, July 2013, SectionC, Page1-37
2. 本研究整理。

精準度的關鍵。Link-22數據鏈路相較於Link-11及Link-16等數據鏈路具有顯著的技術優勢，然而現今Link-16數據鏈路雖然已經在全球軍隊中廣泛應用，但其侷限性在於傳輸距離較短且受制於頻譜資源，Link-22數據鏈路則透過使用更寬頻段的無線電技術，能夠實現更遠距離的通訊，且其抗干擾能力更強，適合在敵方強電磁干擾下保持通訊穩定。

現今作戰多以聯合作戰為主，其定義為「凡兩個(含)以上軍種或不同領域之作戰單位，在明確的指揮關係下執行共同任務，達成同一作戰目的所遂行之作戰，不論其階層與指揮關係如何均謂之」。然而「戰術數據鏈路」與聯合作戰的關係是密不可分的，要如何使不同軍種和單位之間可以遂行作戰任務，「戰術數據鏈路」必須要有效的提供戰場上各種軍事設備間即時數據傳輸和共享的能力，才得以使不同戰術單位能夠迅速且即時的掌握同一戰場上的敵我情報、動態和指揮控制等訊息，來獲得更好的打擊效果，同時減少誤傷友軍的風險。³⁸

一、未來發展

然而現代戰爭多元發展，亦有部分戰爭逐漸往太空戰發展，在太空戰中可整合衛星通信與低地球軌道(Low Earth orbit, LEO)衛星，且隨著低地球軌道衛星技術的普及，衛星數據鏈路將更加可靠，未來我國Link-16系統若能透過低軌衛星群作

38 林克正、李建鵬，〈探討美軍戰術數據鏈路運用之研究-以Link-22為例〉，《空軍學術雙月刊》，第701期，2024年8月，頁154-155。

為通訊中繼，將不受地形與距離影響，並運用其高重訪率及高品質通信服務之優勢，可將訊息迅速轉發至視距外之載臺，即時獲得共同作戰圖像，滿足超視距傳輸之需求，提供更低延遲、更高傳輸率的全球通信能力。武器載臺可透過低地球軌道通信衛星系統構連Link-16數據鏈路，實現 Link-16系統超視距信號收發(如圖7)，另運用Link-16系統加密能力，可確保資訊傳輸機敏性。此外，未來戰場武器載臺已逐漸朝向機動化發展，因此，數據鏈路將會是防衛作戰中，不可或缺武器系統之一，同時為確保數據鏈路系統能有效發揮戰力，應以多重式網路架構，使其具備更高的韌性與動態重構能力，以應對複雜戰場環境。³⁹

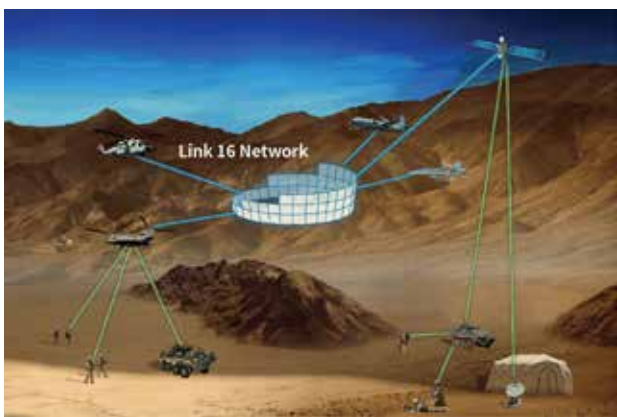


圖7 星載LINK-16終端架構示圖

資料來源：《Powered by Satellite...Making MILCOM Better: A boost for Link 16 military radio》，
<<http://www.milsatmagazine.com/story.php?number=317502457>>(檢索日期：2025年4月20日)。

而隨著科技發展快速，戰場環境中傳輸數據量的快速增長，未來數據鏈路將朝向更高傳輸速率與更大頻寬發展以及更低的通信延遲，而對於資訊量龐大且講求傳輸速度的同時，Link-22的數據傳輸速度相比現有數據鏈路有進一步的提升，以適應未來戰場對資訊傳遞速度的需求，透過人工智慧技術(AI)實現大數據整合、自動分析及決策支持等，提供指揮官參考運用，再結合Link-22數據鏈路進行分散式指揮管制，提升戰場各部隊的快速應變能力，進而提高作戰效率。

再者，Link-22數據鏈路的未來發展將更加注重與其他軍事系統的整合，來形成一個統一共同作戰平台去實現各項即時情資的全面共享，促進陸、海、空三軍之間更深度的協同作戰能力，來提高聯戰指揮官的作戰決策能力，另外，隨著資訊化程度的提高，Link-22數據鏈路也面臨著越來越多的網路安全威脅，其透過無節點網路架構來提升戰術數據鏈路系統的網路防護能力，確保系統部分節點遭到破壞時，仍可以正常運作；另外，隨著第五代無線通信技術(5G)和即將到來的第六代技術(6G)將進一步提升數據鏈路在多節點環境下的傳輸性能及速率，來滿足高密度傳輸網路和多域作戰的需求，並達到快速決策和高效聯合作戰需求。

人工智能(AI)的新興技術也將被引入

39 黃天成、李建鵬，〈從新興科技應用探討國軍聯戰指管系統精進策略之研究〉，《空軍學術雙月刊》，694期，2023年6月，頁133-134。

數據鏈路的運行管理中，用於優化頻譜資源分配、節點動態調整和干擾預測等。同時，人工智能(AI)技術可自適應通信架構，以預測通信中斷並實現自動修復，使數據鏈路在複雜電磁環境下保持高效運行；另外，亦可用於輔助資訊過濾與優化處理來幫助指揮官能快速獲取關鍵資訊，提升作戰效能及決策能力。

面對敵方日益複雜的電子干擾，數據鏈路將加強抗干擾能力與低截獲概率設計，採用更加先進的加密算法、跳頻技術以及自適應波束成形技術等。未來在技術創新上可能採用包括量子加密通信、高動態頻譜跳頻和分布式網路架構等革命性技術，來進一步提高通信安全性與穩定性以及抗干擾性能。

另外，數據鏈路的發展將從單一軍種通信轉向多軍種、多國協同作戰能力，來實現海、空、陸、太空、網路等跨領域結合，Link-22數據鏈路將能進一步提高多軍種或多國聯合作戰的相互操作性，而隨著技術的快速發展，透過與其他國家進行技術合作，Link-22數據鏈路將能引入更多先進技術，進一步提升其性能，然而Link-22數據鏈路的持續更新將需要大量的資金和人力投入，這對於軍事預算來說是一大挑戰。

二、作戰運用

在現代作戰中，戰場態勢的感知能

力至關重要，Link-22數據鏈路透過網狀結構的通信網路，能夠實現跨平臺、跨軍種的數據共享和即時情報交換，這一能力使得指揮官能夠快速掌握戰場全貌，包括敵軍部署、我軍資源位置及動態態勢變化，相關具體運用場景分析如下：

(一)多域聯合作戰的整合應用

高效數據鏈路可將分布在各戰區的雷達、無人機、電子偵察設備等多源偵察與感知數據快速整合，形成統一且高精度的戰場態勢圖，提升指揮官的即時決策能力，如Link-22數據鏈路可在海軍艦艇與空中作戰平台(如戰鬥機、預警機)間建立即時通信鏈路，實現目標共享與精確打擊；另外也可在海岸防衛行動中，將海上艦艇偵察情報快速傳遞至地面部隊，支援反艦導彈部署，有效縮短陸海聯合應對時間；另外，美國的「聯合全域指揮與控制」(JADC2)概念，也是依賴於高效數據鏈路來實現全域情報的快速融合與共享，讓戰場指揮官建構完整的戰場圖像，快速將前線作戰單位傳回的資訊即時呈現，減少資訊落差。⁴⁰

(二)反介入/區域拒止(A2/AD)環境中的應用

Link-22數據鏈路具備電子戰及反制系統能力，在電磁干擾嚴重的環境中，其電子戰防禦能力可透過跳頻和加密技術來減少敵方電子干擾影響，在電子對抗環境

40 《聯合全域指揮與控制管制JADC2》，<<https://mmedia.com.tw/聯合全域指揮與控制管制-jadc2/>>(檢索日期：2025年1月6日)。



中保持通信優勢及穩定，來保障作戰持續進行；另數據鏈路不僅支援傳統資訊共享，還在網路戰和電子戰中發揮關鍵作用，透過Link-22數據鏈路協調多國部隊執行遠程精確打擊行動，對抗敵方反介入能力，數據鏈路的精準攻擊指導，可干擾敵方通信，削弱其指揮控制能力，並強化自身縱深作戰的優勢。

(三)動態靈活的分散指揮作戰

在分散指揮作戰模式下，Link-22數據鏈路可支援各作戰單位的快速部署與即時通訊，以適應現代小規模分散的作戰模式，而分散式的火力打擊和遠程偵察系統依賴Link-22數據鏈路來進行自主分工、任務協調與即時情資共享，也可確保在各單位間的數據鏈路即使在高威脅環境下仍具備可用性。

(四)無人系統的整合

為降低戰爭耗損成本，各國逐漸開發無人系統投入戰爭使用，一來可以避免高價值武器的耗損，二來也可以執行各種作戰，另外，為了支援多平台聯合作戰，Link-22數據鏈路可與無人系統的數據鏈路做整合，來執行大規模無人機群的操作及動態調整任務分工，提供各級指揮體系下達指揮管制功能，並結合海、空軍戰術指管系統，透過數據鏈路，將偵獲到的雷達情資整合後形成「共同作戰圖像」，提供給各級作戰指揮中心，⁴¹並可透過偵察與攻擊任務中實現偵打一體功能；另也可

透過無人機偵查來即時共享偵蒐數據，提高戰場透明度。除了無人機之外，無人艦艇也可以透過Link-22數據鏈路接收目標數據，來執行反潛、布雷等任務，降低傳統作戰平台暴露風險。

(五)戰略聯盟合作

Link-22數據鏈路已作為現行NATO的標準，涵蓋多國技術共享與合作，促使技術標準一致，並推動了跨國聯合作戰能力的提升，而Link-22數據鏈路在NATO盟國的多國聯合作戰中，不但可以強化盟國間的戰術情報共享與戰術協同能力，支援盟軍的聯合作戰，亦可在國際海事安全任務中，透過Link-22數據鏈路的即時傳輸功能來為多國作戰平臺提供了高效的資訊互通及分享，提升跨國軍事合作的效能。

現今，Link-22數據鏈路是當前世界上最先進的戰術數據鏈路之一，其優越的安全性、抗干擾能力及跨域通信能力，在美國、NATO與其他盟國的聯合作戰行動中運用，使其成為未來資訊化戰爭中的關鍵技術，同時，美國亦在測試更先進的數據鏈路技術，結合衛星通信、人工智能(AI)和量子加密等技術，實現下一代作戰需求，未來數據鏈路的技術發展與作戰應用將推動軍事行動的深度變革，更智能、更高效、更安全、抗干擾的數據鏈路是現代戰爭的基石，也是資訊優勢與決策優勢的保障。隨著新興技術的持續進步並深刻改變作戰模式，透過技術創新與戰略運

41 同註27。

用，數據鏈路在聯合作戰、多域作戰和未來戰爭中發揮不可替代的作用，將為現代軍事行動提供更強大的技術保障與戰略優勢。

我國數據鏈路提升差異

數據鏈路是現代軍事指揮和控制系統的核心技術之一，可直接影響聯合作戰的效率與作戰單位的協同能力，數據鏈路的雛形最早是出現於美軍在20世紀50年代啟用的「半自動防空系統」中，透過採用各式有線與無線的傳輸鏈路，將系統內的區域指揮控制中心及各種不同型號的雷達相互連接，再由數據鏈自動傳輸雷達預警訊息。之後美國與NATO成員國開始共同研發數據鏈路，使得水面艦艇可對艦載機實施指揮管制與引導，進而能更有效地實施協同作戰。

1960年代，美國海軍已經擁有規模龐大的水面艦艇部隊、潛艦部隊、海軍航空兵等作戰單位，並在此等規模之兵力作戰需求下，研發出Link-11數據鏈路，使得艦艇之間、艦艇與飛機之間，艦隊與指揮中心間均有雙向的數據交換。隨著聯合作戰軍事需求大增下，而美軍於1974年正式開發Link-16數據鏈路，Link-16數據鏈路具備雙向、高速、保密及抗干擾之功能，並將其裝備於美國與NATO各盟國軍隊上，用於傳輸監視和武器控制等數據資

訊。

21世紀後，美國與NATO組織最新開發的數據鏈路系統為Link-22數據鏈路，主要用於取代老舊的Link-11數據鏈路，除擴充具空中、水面、水下與岸基之數據傳輸功能，並可與Link-16數據傳輸格式相互兼容，透過結合Link-16數據鏈路，使其形成一個戰術功能更為強大的通信網路；目前僅美國與北約成員國使用，尚未廣泛裝配於各作戰單位，Link-11、Link-16及Link-22等數據鏈路均屬於通用戰術數據鏈路系統，美軍與NATO組織則藉由數據鏈路系統的提升，使其具備了全球最強大的聯合作戰與指揮管制能力。⁴²

一、數據鏈路提升差異

現行我國數據鏈路與先進的Link-22數據鏈路技術仍存在一定差異，在技術提升時，必須考量技術層面、應用層面及戰略層面的多重因素，並透過美軍運用Link-22數據鏈路的實例，探究其發展緣由及實際成效，發現Link-22數據鏈路在數據傳輸速率、網路透明度、抗干擾能力以及安全性等方面與前幾代數據鏈路相比之下有明顯的改進，使得Link-22數據鏈路成為現代戰場上有效的通信和情報共享工具，可大幅提高聯合軍事作戰的能力。以下是我國數據鏈路能力提升與國際先進技術的差異分析：

(一)技術層面的差異

42 羅振瑜、吳慕強，〈中共數據鏈路發展與運用研析〉，《海軍學術雙月刊》，第53期第6卷，2019年12月1日，頁103-105。

1. 通信協議與標準的發展

Link-22數據鏈路是北約國家最新的數據鏈路標準，旨在替代舊版Link-11和Link-16數據鏈路，使其具備更高的傳輸速率、更好的抗干擾能力以及跨平台操作性。Link-22數據鏈路的通信架構基於NATO規範的統一協議框架標準，同時支持多頻段通信，兼容高頻(HF)和超高頻(UHF)通信，為多國協作提供統一技術框架，而我國的現有的數據鏈路協議仍處於技術整合與逐步完善階段，與北約協議在基礎通信協議層面存在明顯差距，可能與國際標準的兼容性較低，雖然現行有Link-16數據鏈路，但協議結構的擴展性不足，難以滿足大規模戰場數據交換需求。

2. 網路架構及抗干擾性能

Link-22數據鏈路的網路設計基於分散式架構，即使某些節點遭受攻擊或損壞，仍能通過其他節點維持通信，這種架構降低了對中央節點的依賴，同時提高了網路的生存能力，另外Link-22數據鏈路使用跳頻及更高級別的加密技術，具備強大的抗干擾和抗攔截能力。我國現行的Link-16數據鏈路技術雖採用分散式網路設計，但相關抗干擾能力可能不及先進系統，導致在遭受強電子干擾或物理破壞時，網路穩定性相對Link-22來得較低。

3. 資訊處理與融合

Link-22數據鏈路整合了人工智能輔助分析技術和高效的數據融合，透過自動化分析，可以更快速的處理大規模戰場數據來實現威脅預警、敵情研判和資源調配。我國數據鏈路在硬體設施與資訊處理與Link-22相比仍有一定差距，這在大數據時代的戰場環境中可能導致決策速度劣勢。

(二) 應用層面的差異

1. 系統整合

北約國家數據鏈路已實現了航空、地面及海上平台等多種作戰系統(如預警機、艦艇、無人機等)的深度整合，實現多域作戰聯動。我國則在不同平台之間的數據鏈路互操作性上有一定技術整合的問題。我國現行在武器系統、軍用無人機和艦載通信系統等裝備引入了數據鏈路技術，但不同平台之間的聯動性仍有提升空間，仍因傳輸格式的差異，無法實現跨平台資訊的無縫共享。

2. 實戰測試與部署

北約國家每年進行多次大型聯合演習，為數據鏈路技術提供豐富的實戰測試機會。例如，在2022年由美國主導的「歐洲捍衛者2022」多國聯合軍事演習中，Link-22數據鏈路系統就在多國部隊間協作中得到了全面驗證。⁴³我國軍事演習規模雖逐步擴大，但受限於地緣政治及安全環境，跨國聯合演習的機會較少，導致數

43 《「歐洲捍衛者2022」驗證北約地面防衛戰力》，<<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1504306>>(檢索日期：2025年4月19日)。

據鏈路的多國協作實戰應用中的經驗相對不足。

(三)戰略層面的差異

1.資源投入與研發效率

北約國家在數據鏈路技術投入了龐大的資金和技術力量，Link-22數據鏈路的開發始於21世紀後，經歷了近20年的技術沉澱，在基礎研究與先進技術轉化方面已成為一項高度成熟的技術。我國雖然近年來增加了國防預算，並加大國防科技的投入，但由於資源分配涉及多個領域，致使基礎設施建設和新技術研發之間仍存在分配不平衡的現象，目前對於數據鏈路技術的投入相對有限。

2.軍事合作與戰略需求

Link-22數據鏈路作為北約現行的標準數據鏈路，是多國軍事合作的核心技術基石，且北約成員國之間的資訊共享與軍事合作極為緊密，共同開發數據鏈路技術的基礎設施和操作標準。例如，美國、英國和法國在數據鏈路技術上的共同研發極大提升了聯合作戰效能；另外，北約的數據鏈路發展基於多國聯合作戰的需求，具有全球化戰略布局，而我國因受地緣政治影響，難以與其他技術領先國家進行廣泛合作，主要依賴自主研發，後續導入Link-22數據鏈路，代表這項軍事合作不但美國同意，這幾個北約國家也同意，未來北約國家極可能開放部分武器相關的零

組件進口，甚至是技術的轉移，特別是隨著新一代精密武器開發成本愈來愈高，各國多採跨國合作的方式，將大幅放寬台灣採購其他新一代精密武器系統的空間及研發。⁴⁴

綜上所述，我國數據鏈路能力的提升需要在技術性能、系統整合、網路安全和部署運用等多個層面同步推進，並彌補與國際先進系統的差異，同時逐步提升自主研發能力及重點支持數據鏈路的基礎技術研究，優化資源分配，並引入國際先進技術，特別是在通信協議架構上應與先進國家標準相同，致使技術能夠相容，進而加強數據鏈路與多域平台作戰系統的深度整合，實現戰場數據的無縫共享，而在抗干擾能力、資料演算法、人工智能輔助決策和分散式網絡架構上加強研究投入，強化網路架構穩定性及數據處理能力；另外亦可透過擴大軍事演習規模，模擬複雜戰場環境，測試數據鏈路的可靠性與適應性。

二、防衛作戰適用性

目前國軍主要所用的數據鏈路系統，為2004年從美國引進的Link-16數據鏈路系統，而Link-22數據鏈路是Link-16數據鏈路的後繼系統，是目前NATO成員國廣泛部署的一種戰術數據鏈路，Link-16數據鏈路在抗干擾、跳頻展頻能力上，自然不如Link-22數據鏈路，但北約國家

44 《不只密訪！北約軍事技術售台開綠燈，Link-22是什麼？ | 遠見雜誌》，<<https://www.gvm.com.tw/article/103517>> (檢索日期：2025年4月19日)。

開發Link-22數據鏈路，目的並非替換Link-16，旨在替代更古老的Link-11數據鏈路，並加強現有Link-16數據鏈路系統與Link-22的數據型號與格式彼此兼容，這個特點可簡化我國數據鏈系統升級至Link-22的難度。⁴⁵我國升級數據鏈路的主要目標旨在整合不同介面武器載臺可透過數據鏈路分享共同作戰圖像以及多國聯合部隊協同作戰能力，特別是在跨區域、多平臺、多軍種作戰環境中，資訊化和網路化作戰模式日益成為主流，Link-22數據鏈路以其獨特的技術特點和功能優勢，為構建高效、協同、精準的防衛體系，它的技術將顯著增強防衛作戰效能，其防衛作戰具體應用區分以下四種：

(一)支持聯合作戰

藉由Link-22數據鏈路增強聯合作戰協同能力，提升態勢感知及實施決策能力，並透過情報資訊共享及整合，即時掌握敵方動態，快速分析敵情，制訂對策，可讓指揮官迅速調整作戰方案及反應的能力，提高作戰效率。

(二)應用現代電子戰環境

現代戰爭中的電子戰干擾日益嚴峻，Link-22數據鏈路具備了更強的跳頻、展頻的抗干擾性能，可使其在複雜電磁環境中保持通信暢通，有效減少敵方電子攻擊的影響。⁴⁶

(三)多域作戰整合

Link-22數據鏈路能夠整合各種不同

平臺(如地面、海洋、空中、網路空間等地域)作戰的無縫連接，實現即時戰場情資共享，讓指揮官對於區域防空、海上監視等任務，可增強對敵軍的早期預警能力和決策與實施防禦作戰，構建多域一體化的防禦體系。

(四)增強後勤補給與支援

防衛作戰不僅依賴前線作戰單位的行動，還需要後勤支援的高效協調，可透過Link-22數據鏈路來快速傳遞前線所需要的後勤需求訊息，來提高物資分配及運輸效率，以支援整體作戰。

結語與建議

在我國當前的地緣政治環境下，國防作戰的核心目標是捍衛領土完整與主權安全，以應對多層次、多域的潛在威脅，建構Link-22數據鏈路將使我國的國防戰略決策更加靈活，能有效增強我國防衛作戰的聯合作戰能力與指揮控制效率，當前多變的國際安全環境中，能夠依據即時情報來快速調整作戰計畫將至關重要。而Link-22數據鏈路可實現海、空、陸、網路等多域作戰單位的情資整合與協同運作，為建立現代化聯合作戰體系提供重要技術支撐，且其高速數據傳輸、整合與處理能力，將可為指揮官提供更為準確的戰場態勢感知，而當前多變的國際安全環境中，能夠依據即時情報來快速調整作戰計畫將至關重要。在海上作戰中，Link-22

45 同註43。

46 同註30。

數據鏈路能夠實現艦艇、潛艇和航空器之間的即時通信，提高指揮和控制能力，並透過高頻(HF)通信，Link-22數據鏈路可支持跨區域的目標數據傳輸與火力協同，增強對遠距離威脅的應對能力，這種聯合作戰能力將能有效提升我國海軍的反潛、反艦和防空作戰效率；在空中作戰中，可將多個地面、海上和空中雷達站的數據匯集，形成統一的空情態勢圖，提高防空攔截的精準度，且能夠支持多架戰鬥機和無人機之間的情資共享來達成任務分配，實現空中優勢，通過精確的數據傳輸，指揮官可以快速調整作戰方案；在地面作戰中，將各地面部隊的情報資訊整合，實現部隊之間的有效協同，在快速反應和機動作戰中，地面火炮與導彈部隊可透過Link-22數據鏈路接收實時目標數據，縮短打擊準備時間，提升精確打擊能力，並將前線部隊偵察數據快速回傳，對指揮官對局勢的快速判斷與資源分配，能夠提供關鍵的支援。

目前我國因數據鏈路標準不統一，在多軍種聯合作戰中情資共享能力不足，導致無法實施資訊交換，且部分系統在複雜電磁環境下的抗干擾能力較差，影響作戰效能，Link-22數據鏈路的分散式網路架構和較高的抗干擾能力，可適應複雜戰場環境和多變威脅，提升後將可有助於提升我國整體防衛作戰能力，實現資訊化作戰的目標。

導入Link-22數據鏈路對我國國防戰力的影響是全方位的，透過數據鏈路的情

資與數據資料的共享及處理能力，不但可減少情資傳遞與決策的時間，大幅提升部隊在戰場上快速反應的能力，使我國國軍部隊更具資訊化作戰優勢，並透過數據鏈路快速分析及作戰目標分配來縮短偵測到打擊的時間，進而提高聯合作戰效率，且在現代化作戰中，情資整合與共享的即時性及準確性是致勝關鍵之一，Link-22數據鏈路提供即時情資及數據共享功能，能有效提供各作戰單位的戰場感知能力，對於構建現代化聯合作戰體系意義重大，另外在面對日益複雜的作戰環境，Link-22數據鏈路可整合海、陸、空、網路、衛星、太空資源及無人操控系統等多種平臺進行無縫連結，在戰術指揮層與戰略決策層之間實施多層次指揮鏈整合，來實現多域聯合作戰提升作戰效率。

再者，Link-22數據鏈路已成為多國使用的數據鏈路系統標準，對於跨國聯合作戰也可以透過Link-22數據鏈路來實施協同作戰，所以Link-22數據鏈路的引入對於提升我國防衛作戰能力具有重要意義，其在態勢感知、指揮控制和多軍種聯合作戰中的應用價值不可忽視的。

未來，隨著國防技術的不斷發展，我國若將數據鏈路系統升級至與北約同級的Link-22數據鏈路，將讓解放軍更不容易癱瘓國軍作戰期間的C5ISR。另外，目前國軍使用的Link-16數據鏈路要進行超地平線聯網時，必須要有通訊中繼站去轉發訊號，一旦中繼站遭摧毀，Link-16數據鏈路的應用範圍就會大幅減少，切斷距



離較遠的軍事單位資訊鏈，進而弱化國軍台、澎防衛作戰的效能。而Link-22本身就具備超地平線通訊能力，其超視距通信距離達1,000浬，也就是1,800公里，可減少對中繼站的依賴；至於Link-22與國產裝備的整合，目前部分國造武器走的也都是美規的通訊協定，在技術上並沒有問題。⁴⁷而在導入Link-22數據鏈路系統的同時，將面臨更多的挑戰和壓力，目前國軍指管通資情監偵(C5ISR)能力，讓國軍聯戰指揮中心、各戰略執行層級聯戰中心，同步進行聯合作戰指揮管制。但由於受到裝備介面限制影響，部分系統未能整合到Link-16系統，未來透過提升至Link-22數據鏈路系統，在其開放性架構上，除了可為國產系統與其進行兼容提供可行性外，亦能有效降低成本並促進國防技術自主發展，亦可促進我國在數據鏈路領域的技術累積與創新能力，我國更應該透過加強自主技術創新、提升網路安全防禦能力以及推進多域作戰技術的應用能力，確保關鍵技術自主的可能性及避免過度依賴特定國家供應鏈的潛在風險，並在導入Link-22數據鏈路技術的基礎上，結合我國作戰需求、地理環境及戰略目標，強化其應用架構和作戰流程，而應對潛在的網路攻擊與電子干擾，強化指管系統互通能力，滿足聯戰指管作業需求。Link-22數據鏈路的運行中使用高強度加密技術、動態頻譜分配技術及多層防護機制，同時，也針對敵

方數據鏈路的攻擊與干擾技術加強研究，以期在未來的軍事衝突中，能夠充分發揮Link-22數據鏈路的作戰優勢，保障國家安全和戰略利益，實現攻防兼備。現行新一代精密武器開發成本愈來愈高，例如隱形戰機F-35等等，多採跨國合作的方式，對我國而言，隨著提升為Link-22數據鏈路系統，將能夠與未來包括美國與挪威合作研發的NASAMS(國家先進地對空飛彈系統)、英國製造的偵蒐雷達，可裝在船艦上的迷你神盾，將來都可望獲得出口許可。⁴⁸

綜上所述，Link-22數據鏈路作為一種先進的聯合作戰數據鏈路系統，在提升我國防衛作戰能力方面具有深遠意義，積極引入和吸收Link-22數據鏈路的先進技術，並結合自主創新，構建符合我國國防的現代化數據鏈路系統，使我國具備全球化及遠程作戰能力，它不僅解決了我國多軍種之間的資訊共享和協同作戰問題，還具備強大的抗干擾、快速反應和高效數據傳輸能力，提升聯合作戰效能，且Link-22數據鏈路具備長距離通信和高可靠數據傳輸能力，有助於加強我國對周邊海域的監控與預警能力，包括第一島鏈及更遠海域的戰略覆蓋能力，並持續推進與盟國的技術合作與聯合軍事演習，確保Link-22數據鏈路的相互操作性，在多國聯合作戰中發揮最大效用，同時在國際局勢轉換下，使我國可以快速補齊自身欠缺的防衛

47 同註26。

48 同註26。

武器，拉高解放軍的犯台門檻，這也使得它在現代和未來戰爭中成為不可或缺的技术支撐，如此將可顯著增強我國防衛作戰能力並提升綜合國防實力，以最大化戰略效益並鞏固我國防衛作戰體系的先進性與穩定性，從而為我國防衛作戰戰力發揮提供更加堅實的基礎。

參考文獻

一、中文部分

(一)期刊論文

1. 朱盈豪，2008，〈數據鏈路整合運作之安全性探討〉。《陸軍通資半年刊》，110期，(5)1-(5)12。
2. 林克正、李建鵬，2024/8，〈探討美軍戰術數據鏈路運用之研究探討美軍戰術數據鏈路運用之研究-以Link22為例〉。《空軍學術雙月刊》，701期，147-164。
3. 陳高智，2009/4，〈建立地面指管共同作戰圖像基礎作業環境架構之研究〉。《陸軍通資半年刊》，111期，(3)1-(3)16。
4. 曾智修，2014/4，〈Link-16戰術數據鏈路同步時間源之研究〉。《陸軍通資半年刊》，121期，25-46。
5. 黃天成、李建鵬，2023/6，〈從新興科技應用探討國軍聯戰指管系統精進策略之研究〉。《空軍學術雙月刊》，694期，頁119-138。
6. 羅振瑜、吳慕強，2019/12，〈中共數據鏈路發展與運用研析〉。《海軍學術雙月刊》，53卷第6期，101-115。
7. 萬濟人，2004/3，〈數據鏈路對空軍指揮管制系統運用之影響－以Link-16為例〉，《國防雜誌》，第20卷第4期，107-118。
8. 許志豪，2021/10，〈共軍戰術數據鏈發展對我之威脅評估〉，《陸軍通資半年刊》，第136期，4-16。

(二)網際網路

1. 《思想坦克》，〈<https://voicettank.org/link-22數據鏈路對我聯合作戰之影響1/>〉(檢索日期：2024年11月29日)。
2. 《美軍數據鏈(Link-4/11/16/22)介紹》，〈<https://kknews.cc/military/69kymqp.html>〉(檢索日期：2024年12月22日)。
3. 《深度剖析：美国战术数据链，现代战争的信息中枢？》，〈<https://zhuanlan.zhihu.com/p/23940545444>〉(檢索日期：2025年4月21日)。
4. 《戰術數據鏈路簡介-Link-16歷史與背景》，〈<http://datalink-connect.blogspot.tw/2010/09/link-16.html>〉(檢索日期：2024年12月8日)。
5. 羅添斌，《國軍「迅安系統」聯戰效能不足 我盼美儘速助台取得LINK-22系統》，〈<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4522571>〉(檢索日期：2025年4月8日)。
6. 《各種美軍數據鏈：Link16/Link22/TADIL-J/JTIDS》，〈<https://kknews.cc/zh-tw/military/qgqen8b.html>〉(檢索日期：2025年4月19日)。
7. 《探秘Link 16数据链：现代战争的“信息纽带”》，〈<https://zhuanlan.zhihu.com/p/18531558747#:~:text=Link%20>〉(檢索日期：2025年4月19日)。

- 16%20>(檢索日期：2025年4月21日)。
- 8.《美軍售終端機升級案 專家：遠較國軍目前使用的系統優越 - 政治 - 中時》，<<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20241222002388-260407?chdtv>>(檢索日期：2025年4月19日)。
- 9.《Link-22可讓國軍與美方鏈結形成共同作戰圖像》，<<https://www.cna.com.tw/news/aip/202305250309.aspx>>(檢索日期：2024年12月22日)。
- 10.《聯合全域指揮與控制管制 JADC2》，<<https://mmedia.com.tw/聯合全域指揮與控制管制-jadc2/>>(檢索日期：2025年1月6日)。
- 11.《「歐洲捍衛者2022」驗證北約地面防衛戰力》，<<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1504306>>(檢索日期：2025年4月19日)。
- 12.《不只密訪！北約軍事技術售台開綠燈，Link-22是什麼？|遠見雜誌》，<<https://www.gvm.com.tw/article/103517>>(檢索日期：2025年4月19日)。

二、外文部分

(一)專書

1. AIR LAND SEA APPLICATION CENTER, 2000. 《TADIL J-INTRODUCTION TO TACTICAL DIGITAL INFORMATION LINK J AND QUICK REFERENCE GUIDE》。Hampton, United States。

2. Northrop Grumman, 2014. 《Northrop Grumman's Guide to Secure Tactical Data Links》。San Diego, United States。
3. NILE PMO, 2017. 《Link 22 Intro and Update》。Abu Dhabi, The United Arab Emirates。
4. Northrop Grumman, 2013. 《Link 22 Guidebook Overview》。San Diego, United States。

(二)網際網路

- 1.《everythingRF》，<<https://www.everythingrf.com/community/what-is-link-11/>>(檢索日期：2024年12月3日)。
- 2.《Joint Tactical Information Distribution System (JTIDS)》，<<https://man.fas.org/dod-101/sys/land/jtids.htm>>(檢索日期：2024年12月8日)。
- 3.《Powered by Satellite...Making MILCOM Better: A boost for Link 16 military radio》，<<http://www.milsatmagazine.com/story.php?number=317502457>>(檢索日期：2025年4月20日)。

作者簡介

賴建儒少校，空軍航空技術學院專業軍官班100年班、國軍電子戰正規班105年班。曾任陸電官、通參官、分隊長。

陳宗恒中校，空軍航空技術學院94年班、國防大學空軍指揮參謀學院109年班。曾任電戰官、電反官。現任國防大學教官。