

淺析運用「Link-22」數據鏈路 提升國軍聯合作戰之效益

A Preliminary Analysis of Enhancing the ROC Military's Joint Operations Effectiveness Through the Implementation of the Link-22 Data Link

海軍少校 許鎮顯、海軍中校 許祐銓

提 要：

- 一、自1990年代以來，資訊化作戰已成為現代戰爭的核心，而國軍在數據鏈路技術的應用仍以「Link-11、16」為主要手段；然現有系統在監偵涵蓋範圍外的遠距傳輸與作戰應用仍存在侷限。
- 二、面對中共加強「反介入/區域拒止」及「多域作戰」能力產生之嚴重威脅，國軍現有數據鏈路系統在超視距通信及抗干擾能力上已明顯不足，迫切需要提升鏈路能力，以應對日益複雜的戰場需求。
- 三、美軍及「北約」國家現用數據鏈路-「Link-22」，其遠距離通信、抗干擾技術及分散式網狀架構等能力，足可做為國軍監偵涵蓋範圍外的作戰，不僅提供有效任務支援，並可在作戰中扮演關鍵角色。期望國軍借鑑「北約」盟國間「Link-22」數據鏈路運用經驗，瞭解其在資訊化作戰之角色優勢，進而提升國軍聯合作戰之效益。

關鍵詞：數據鏈路、Link-22、監偵涵蓋範圍外、北約、反介入/區域拒止

Abstract

1. Since the 1990s, information warfare has become the cornerstone of modern conflicts. The ROC military primarily relies on Link-11 and Link-16 for data link applications, yet existing systems still face significant limitations in supporting operations beyond communication coverage.
2. As China strengthens its "Anti-access/Area Denial (A2/AD)" capabilities and expands its multi-domain operational threats, the deficiencies of the ROC military's current data link systems in Beyond-Line-Of-Sight (BLOS) communication and anti-jamming capabilities have become increasingly evident, underscoring the urgent need for technological upgrades to meet the demands of a complex and evolving battlespace.

3.Link-22, with its long-range communication, anti-jamming technology, and decentralized mesh architecture, can provide effective technical support for operational capabilities beyond the coverage of the national military's surveillance system. It plays a critical role in multi-domain operations. The national military can draw on NATO's experience to understand the advantages of the Link-22 data link, which can significantly enhance joint operational effectiveness.

Keywords: Data link, Link-22, outside the scope of Guantong coverage, NATO experience, Anti-access/area denial.

壹、前言

自1990年8月「波灣戰爭」以來，「資訊作戰」(Information Warfare, IW)¹已成為現代戰爭的重要方式，在計算機功能不斷翻新、系統趨穩定、網際網路開發等資訊能量提升，帶動數據鏈路技術的突破，使戰場環境得以通過網路整合，並結合戰場監視、偵察、訊息傳輸等功能，使「指揮自動化」(包含指、管、通、資、情、監、偵，通稱C4ISR)發展逐漸成熟。由此可知，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，²致各國紛紛致力於探索更高效的方式，期望作戰部隊與支援部隊的緊密連結，實現各種儀臺、作戰部隊之間快速、大量、即時

且抗干擾的數據和訊息交換數據與訊息，讓指揮者能更全面、即時地掌握戰場態勢，並快速應對變化。

近年來，隨著中共在國防經費逐年成長的挹注下，加速軍隊現代化進程，並不斷強化東部海域「反介入/區域拒止」(Anti-access/Area denial, 以下稱A2/AD)及「多域作戰」³能力，均對我國構成更嚴峻的軍事挑戰。共軍透過持續的海空聯合訓練，不斷提升兵力投送與戰略威懾等能力，使我國面臨日益複雜的安全威脅。國軍現有的數據鏈路以國防部為核心，結合陸、海、空軍的指管系統，提供「共同作戰圖像」(Common Operational Picture, 以下稱COP)分享及聯合作戰指管能力。⁴然而，現有數據鏈路在我國監偵涵蓋範圍

註1：「資訊作戰」(IW)係一種以資訊為核心，運用多種手段對敵方或潛在對手的資訊環境進行干擾、影響及控制的軍事行動。

註2：蔡志銓，〈國軍精進C4ISR系統之研析〉，《海軍軍官季刊》(高雄市)，第39卷，第4期，2020年11月1日，頁30。

註3：「多域作戰」(Multi-Domain Operations, MDO)旨在整合陸、海、空、太空、網路及電子戰等多領域資源，以實現聯合作戰優勢。

註4：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：2025年3月9日。指揮自動化包含指揮(Command)、管制(Control)、通信(Communication)、資訊(Computer)、情報(Intelligence)、監視(Surveillance)、偵察(Reconnaissance)；海軍部分為迅安系統(以「Link-16」鏈路為核心)。

外(以下稱監偵外)的情資傳遞能力仍存在罅隙；如何運用作戰儀臺，將偵獲的艦、機部署資訊透過數據鏈路快速情傳至COP，從而提升海域監控範圍、增加預警與應變能力，成為應對中共頻繁操作「灰色地帶」衝突的關鍵課題。

為提升我國數據鏈路能力，國軍早年自美國引進特定版本「Link-16」數據鏈路系統；近年來，更已獲美國同意協助取得「北約」(North Atlantic Treaty Organization，以下稱NATO)現用「Link-22」數據鏈路。⁵這項升級不僅提升資料傳輸效率與抗干擾能力，更重要的是「Link-22」具備監偵外數據鏈路能力，將可強化我國遠距離偵蒐與聯合戰場情資共享能力。此外，該鏈路可將偵獲數據進行圖像化處理，進一步增強即時戰場資訊傳遞與決策支援效能，亦有助於未來強化國軍與NATO國家間的戰場情報互通。

因此，撰文主要目的係針對國軍在監偵外的環境下，運用數據鏈路的高度作戰需求，並借鑑美軍及「北約」的「Link-22」實際運用經驗，探討如何利用此技術優勢，分析國軍未來數據鏈路應具備的關

鍵能力，俾應對現代戰爭的複雜需求。尤其在作戰儀臺與盟軍儀臺位處監偵外共同作戰區域的情況下，如何透過此鏈路有效傳遞及共享情資以強化指揮效能，更是當前國軍的重要課題。面對快速變化的戰場環境，作戰指揮的組織「扁平化」已成為提升指揮效能的關鍵，⁶「Link-22」的技術優勢正是支援此類扁平化指揮結構的關鍵，通過簡化指揮層級，縮短命令傳遞時間，進一步強化即時戰場訊息鏈路。期望研究建議有助國軍指管數據鏈路的發展，進一步擴展我國「海域覺知」(Maritime Domain Awareness，以下稱MDA)範圍，以應對未來戰爭型態的挑戰。⁷

貳、國軍數據鏈路功能

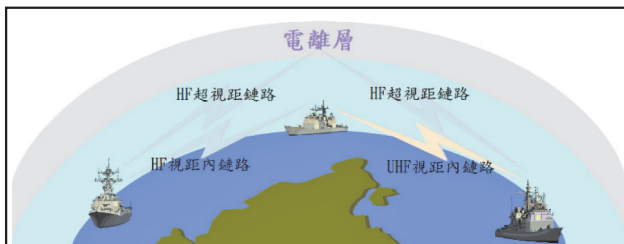
「戰術數據鏈路」(Tactical Data Links，以下稱TDLs)在我國多以「數據鏈路」泛指，《國軍軍語辭典》定義為：「在不同用戶間，依共同的通信協定，以傳輸、交換數據訊息的通信鏈路」，⁸俾在戰場中猶如神經系統般將作戰單位、指揮中心及武器系統相連接，以達成實時的訊息交換和戰場態勢掌控效能。隨著中共威

註5：郭宏章，〈美將助臺獲北約Link 22資料鏈系統技術 國防部證實連結臺美兩軍〉，太報，2023年5月25日，<https://www.taisounds.com/news/content/72/61981>，檢索日期：2025年3月15日。

註6：國防安全小組，〈論作戰指揮扁平化之重要性〉，思想坦克，2023年11月23日，<https://voicetank.org/%E8%AB%96%E4%BD%9C%E6%88%B0%E6%8C%87%E6%8F%AE%E6%89%81%E5%B9%B3%E5%8C%96%E4%B9%8B%E9%87%8D%E8%A6%81%E6%80%A7/>，檢索日期：2025年3月15日。

註7：〈建置我國海域意識(Maritime Domain Awareness,MDA)之初期研究〉，海洋委員會海域安全處，2022年1月19日，https://www.oac.gov.tw/ch/home.jsp?id=46&parentpath=0,4,45&mcustomize=research_view.jsp&dataserno=202203010002，檢索日期：2025年3月15日。

註8：中華民國國防部，《國軍軍語辭典(九十二年修訂本)》(臺北市)，2004年3月15日，頁9-17。



圖一：UHF與HF超視距通信示意圖

資料來源：參考Paul Williams, et al., "Link 22 Guidebook: Overview Version - 4th Edition," San Diego, CA: Northrop Grumman Systems Corporation, July 2013, p.1-6, 由作者綜整製圖。

脅日益加劇，特別是在臺海周邊的軍事演習趨於頻繁，國軍更需要強大的數據鏈路用以支援聯合作戰。因此，分析國軍數據鏈路的發展歷程及現有系統的侷限，可做為未來技術升級與作戰應用參考依據。具體分析如下：

一、國軍數據鏈路的演變

隨著全球安全環境的變化，「海域覺知」(MDA)已成為各國確保海事安全與國防安全的重要手段。我國《2025國家海洋政策白皮書》明確指出，建立海域意識是維護航行安全、保障國人生命財產的核心措施。⁹為實現這一目標，國軍透過「Link-11」與「Link-16」數據鏈路即時監控我國海、空域內各式機動戡臺，並在發現威脅時能迅速做出應對決策。另方面，

為因應中共在我國周邊海域進行越來越多的軍事活動，國軍必須將數據鏈路整合以提升應對能力，並做為作戰指揮、情報共享及武器系統控制的重要工具。¹⁰國軍在數據鏈路發展上，主要仰賴美國及「北約」(NATO)國家的技術支援為主，相關TDLs的發展歷程，摘陳如下：

(一)「Link-11」

國軍最早引進的數據鏈路系統為「Link-11」，並於1990年首先配備在空軍「E-2T型」預警機；¹¹其後，「成功級」、「基隆級」及部分「康定級」等主戰艦艇亦陸續安裝，俾具備「艦對艦」及「艦對空」的戰術數據交換能力。「Link-11」透過HF及UHF頻段進行資料傳輸(如圖一)，能夠在艦、機及艦隊與指揮中心之間建立雙向的數據交換機制。¹²雖然該系統能有效支援海上長距離通信，但受限於通信頻段的特性，無法完全滿足現代作戰中對高效通信的需求，且在抗干擾和傳輸速度上均有所不足。

(二)「Link-16」

1. 為提升聯合作戰能力，國軍於2004年引進「Link-16」系統。¹³該系統以UHF

註9：劉沿汝，〈(草案)2025國家海洋政策白皮書〉，行政院公共治理協調會報，2024年9月11日，頁18。

註10：歐錫富，〈中共軍事改革〉，《中共研究》(臺北市)，第53卷，第1期，2019年1月，頁71。

註11：羅添斌，〈美臺新軍售案金額不高也非新裝備 梅復興解析：饒有深意要細膩品味〉，《自由時報·軍武頻道》，2024年2月24日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4588137>，檢索日期：2025年3月9日。

註12：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》(臺北市)，第53卷，第6期，2019年12月1日，頁104。

註13：林仕祥，〈不只密訪！北約軍事技術售臺開綠燈，Link-22是什麼？〉，遠見，2023年6月12日，<https://www.gvm.com.tw/article/103517>，檢索日期：2025年3月15日。

頻段實施傳輸，具備較高的傳輸速率、抗干擾能力及保密性能。由於採無節點網路架構，即使網路內某一站臺失效，仍不影響整體運作，明顯提升國軍在聯合作戰中的靈活性。¹⁴目前已廣泛部署在主戰艦艇、「F-16」機及「E-2K型」機上；¹⁵且系統可整合各作戰單位所偵獲的敵我態勢，生成COP並提高聯合作戰與海上態勢感知能力。¹⁶

2. 儘管「Link-16」在數據傳輸速率和抗干擾能力上明顯優於「Link-11」，但其傳輸距離受限於「視距」(Line of Sight，以下稱LOS)，無法滿足「視距外」(Beyond Line of Sight，以下稱BLOS)作戰要求，特別是在無中繼站臺的情況下，「Link-16」無法支援遠距作戰；此外，中繼站臺容易成為攻擊目標，亦限制在戰場中的應用。¹⁷

二、情傳能力分析

(一)「Link-11」主要用於海、空軍間的戰場態勢共享與戰術數據交換，系統

運作於2-30MHz(HF)與225-400MHz(UHF)頻段，¹⁸並以地波及電離層反射來進行長距離通信特性，¹⁹適用於海上作戰環境中的艦艇與航空器之間的數據交換。在HF頻段的地波範圍可達300浬，天波範圍可達1,000浬，能有效支援BLOS通信；然因HF通信特性，其傳輸效果會受到天氣、太陽黑子活動及電離層變化的影響。²⁰至於在UHF頻段，其「艦對艦」通信的有效範圍通常為20-30浬，「艦對空」通信則可達150浬。目前，「Link-11」主要裝備於海軍艦艇上，但其技術規格實難完全滿足當前聯合作戰需求。

(二)「Link-16」是國軍目前最為重要的數據鏈路，其高效的數據傳輸與多載臺即時通信能力，顯著提升戰場聯合作戰與海上態勢感知效率。該系統運作於960-1215 MHz(L波段)頻段，採用「分時多工」(Time Division Multiple Access，以下稱TDMA)技術，²¹具備抗干擾及加密功能，可即時傳輸戰場目標資訊、友軍位置報

註14：朱盈豪，〈數據鏈路整合運用之安全性探討〉，《陸軍通資半年刊》(桃園市)，第110期，2008年9月1日，頁4。

註15：同註11。

註16：梁華傑，〈論資訊時代戰爭戰場管理新概念〉，《陸軍通資半年刊》(桃園市)，第115期，2011年4月1日，頁63。

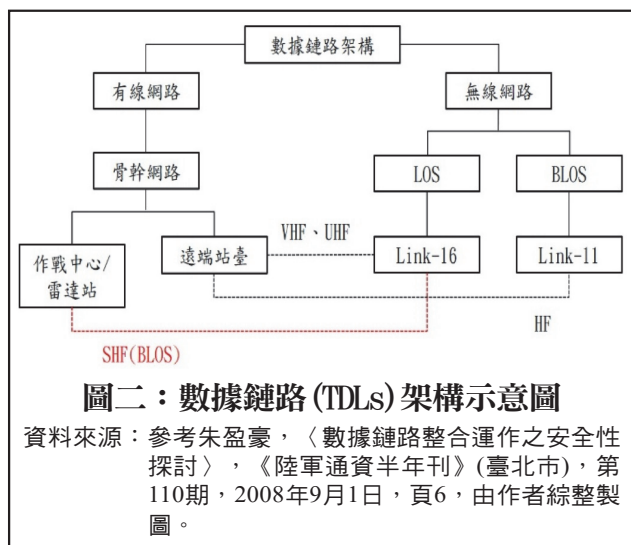
註17：林克正、李建鵬，〈探討美軍戰術數據鏈路運用之研究-以Link22為例〉，《空軍學術雙月刊》(臺北市)，第701期，2024年8月1日，頁151。

註18：Joe Sorroche, et al., "Tactical Digital Information Link-Technical Advice and Lexicon for Enabling Simulation (TADIL-TALES) II: Link 11/11B," ASRC Communications, Ltd., February 2, 2006, p.4。

註19：不同頻率的無線電波在地球大氣層中具有不同的傳播特性；地波泛指長波，可以在山脈等障礙物周圍衍射並隨地球表面進行傳播，天波泛指較短的波，可以從電離層被反射並傳播至地平線以外，而短得多的波長則很少彎曲或衍射並繼續以視線傳播，因此它們的傳播距離僅限於視距範圍內。

註20：鍾依伶，〈海軍戰術數據鏈路運用之研究〉，《海軍學術雙月刊》(臺北市)，第47卷，第6期，2013年12月1日，頁88。

註21：分時多工(TDMA)係透過合理分配時間給各使用者，是一種按時間區分訊號的方法，達到上百個使用者發送和接收互不衝突的通信方式。



告及作戰指令等，並形成多平臺網狀網路架構，提高通信穩定性，並增強抗干擾能力。由於傳輸距離受限，在監偵範圍外無法有效運作，若缺乏有效中繼時，無法支援遠距通信需求。

綜合言之，「Link-11」優勢在長距離通信能力，缺點為傳輸效率及抗干擾性低，且裝備未廣泛運用；「Link-16」優勢則在高傳輸速率、抗干擾能力及系統穩定有助國軍戰力整合，缺點在傳輸距離受限，且在監偵外效能低。由於兩系統裝備與資料格式不同，難以發揮系統疊加的效果，更凸顯數據鏈路整合之急迫性。

三、國軍數據鏈路架構概況

國軍現行的「地面廣域網路」(Terrestrial Wide Area Network，以下稱 TWAN) 做為國軍戰場情報交換的核心樞紐

，整體架構由有線與無線網路組成，並支援各級指揮管制作業(如圖二)。我國 TDLs 架構，分述如下：

(一) 有線網路

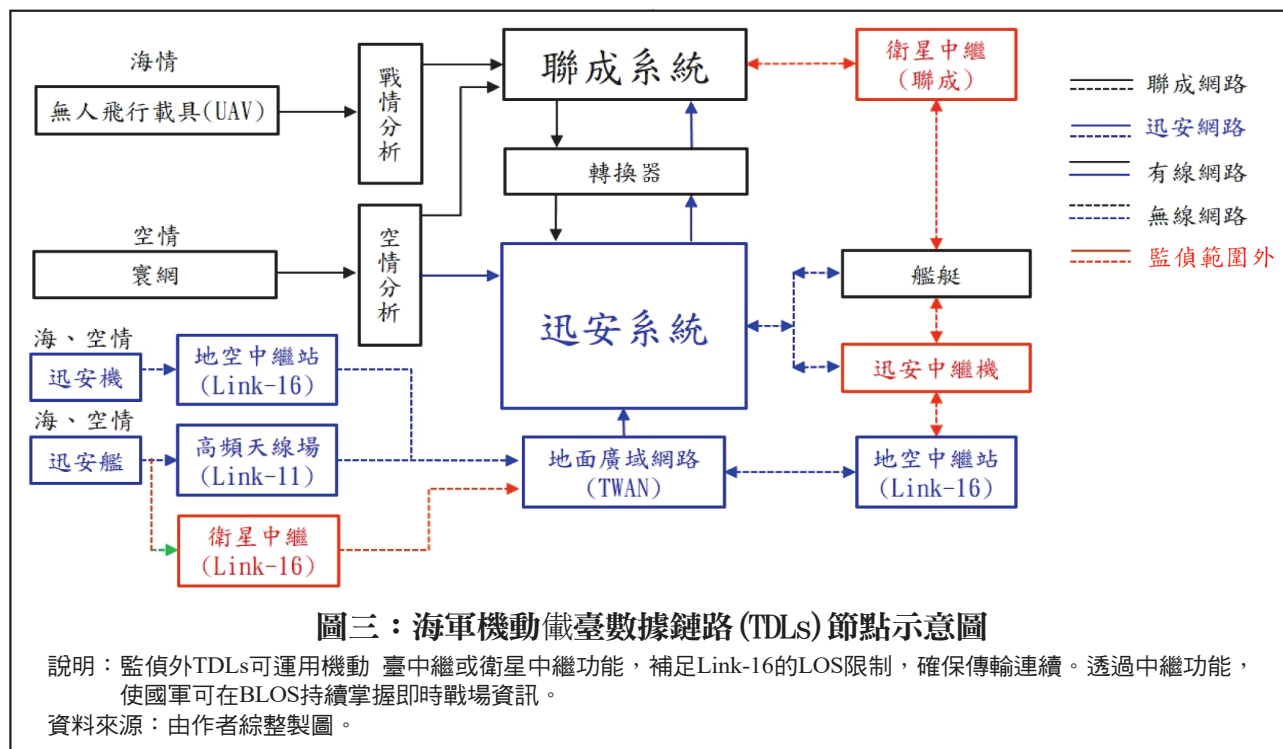
有線網路做為國軍戰場通信的骨幹，主要負責連結作戰中心、雷達站及遠端監偵站臺，提供高帶寬、低延遲的資訊傳輸環境，為三軍主要情資互傳之神經中樞。²²其核心功能包含「聯成系統」(升級型的海軍 TDLs) 負責彙整監偵雷達站(含機動雷達車組)獲取之目標情資，並鏈傳至「迅安系統」；²³而「迅安系統」做為國軍 C4ISR 核心支援系統，能夠匯總來自不同感測器的航跡資訊，並提供完整的戰術圖像，再透過有線網路將機動戰臺監偵資訊回傳至各地區作戰中心，使指揮官獲取完整戰場態勢，確保作戰指管的準確性。

(二) 無線網路

以無線網路戰術數據鏈(Link-16與Link-11)做為戰場靈活度較高的傳輸手段，係當有線網路節點遭受攻擊或無法運作時，無線網路可做為臨時傳輸通道。由於「Link-11」(HF)具備視距外能力，可支援遠距低速傳輸，適用於長程情報共享；「Link-16」(VHF/UHF)則採「分時多工」(TDMA)技術，支援高速數據交換，但僅限視距通信。至於「Link-16」衛星中繼

註22：朱盈豪，〈數據鏈路整合運作之安全性探討〉，《陸軍通資半年刊》(桃園市)，第110期，2008年9月1日，頁5。

註23：羅添斌，〈岸置魚叉飛彈陣地今年起陸續開工 以「聯成系統」提供共同作戰圖像〉，《自由時報-軍武頻道》，2024年3月20日，<https://def.ltn.com.tw/article/breakingnews/4613462>，檢索日期：2025年3月16日。



(Satellite Communications, 以下稱SAT-COM)技術應用，則可將「Link-16」信號透過SHF傳遞至衛星，並轉發至遠端戰區的作戰單位，實現BLOS通信，並確保TDLs的穩定性與安全性。²⁴至於各監偵雷達站因無法掌握小型目標水面航跡，「迅安系統」亦可透過機動儀臺補足偵蒐資訊，並透過TDLs回傳，確保戰場態勢資料完整流通(如圖三)。

參、國軍監偵涵蓋範圍外數據鏈

路之運用

共軍2024年在臺海周邊分別進行「聯合利劍-2024A、B」兩次軍事演習，展現其在戰略封鎖與遠程打擊方面的作戰能力；其中「2024A」演習主要針對聯合封鎖與火力打擊，而「2024B」則著重於多面向的海空聯合作戰。2024年12月9-11日，共軍更在西太平洋與南海舉行大規模軍演，²⁵清楚顯示中共企圖削弱我方防禦能力，並擴大作戰範圍，以實現對臺灣的全域

註24：FFI Staff, "Link 16 Tactical Data Link Communication via Space: 'A Ground-Breaking Development' ," SDA, December 6, 2024, https://www.sda.mil/link-16-tactical-data-link-communication-via-space-a-ground-breaking-development/?utm_source=, visited date:2025/3/16。

註25：鍾辰芳，〈專家解讀中國在臺灣週邊及第一島鏈大規模演習意圖：警告外力勿介入〉，VOA，2024年12月24日，<https://www.voacantonese.com/a/chinese-military-exercise-around-taiwan-to-warn-us-and-allies-not-to-interfere-in-taiwan-crisis-20241223/7912213.html>，檢索日期：2025年3月16日。

封鎖、多點襲擊及「反介入/區域拒止」(A2/AD)能力。²⁶這些作戰行動正日益成熟，其戰略目的明確，試圖斷絕我國與外界的聯繫，並阻撓國軍的戰力保存、調動及外軍援助。²⁷

共軍演習反映的作戰意圖，再次印證國軍在監偵範圍外維持穩定通信與遠程聯合作戰的必要性。隨著中共對我國威脅逐步延伸至遠程封鎖與精準打擊，國軍現有的數據鏈路(TDLs)雖在監偵內可提供有效支援，但「Link-11」在遠程通信具備一定能力，但其低傳輸率卻限制即時的數據交換；「Link-16」性能卻完全相異。以下就現有TDLs在監偵外的能力、限制與「Link-22」系統具備的優勢等面向分析，探討國軍未來監偵外作戰對數據鏈路之需求，說明如后：

一、監偵外數據鏈路之能力與限制

(一)通信範圍

1. 「Link-16」系統傳輸受UHF頻段特性影響，僅可視距(LOS)內通信，²⁸在海空聯合作戰中，儘管可以通過E-2K空中預

警機進行中繼，擴展通信範圍，當飛行高度達到25,000英尺時，理論上艦艇通信範圍可延伸至220浬外，但這些中繼載臺易成為敵方攻擊目標，從而增加任務風險。

2. 「Link-11」因採用HF頻段，在超視距(BLOS)通信中具備遠程能力，範圍可達300至1,000浬(仍取決於地波或天波傳輸)；由於易受天氣條件、電離層變化及電磁干擾影響，特別是在白天與夜晚的變化對通信範圍更有顯著影響。

(二)數據傳輸效能與延遲問題

1. 「Link-16」具備高效數據傳輸速率與較佳抗干擾能力，²⁹並採無節點網狀網路架構，在多載臺聯合作戰中展現出良好的運用價值；然而，受LOS限制影響，其在監偵外的作戰通信效能將顯著降低，此時需依賴衛星或「E-2K」預警機等中繼台實現視距外通信。³⁰以艦隊運用為例，當進行長距離通信時，可透過調整發射頻率與衛星交接，確保戰場情資及目標訊息能即時傳遞；當預警機加入中繼載臺後，更可將偵獲的COP圖像資訊匯入鏈路中，

註26：〈解析「聯合利劍-2024B」：解放軍第4次圍臺軍演，跟過去相比有何差異？〉，風傳媒，2024年10月15日，<https://www.storm.mg/article/5254522>，檢索日期：2025年3月16日。

註27：Jun Mai, Amber Wang, Enoch Wong and Lawrence Chung, "PLA wraps up day of joint force blockade drills around Taiwan," South China Morning Post Publishers Limited, October 14, 2024, <https://www.scmp.com/news/china/military/article/3282219/chinas-pla-launches-blockade-drills-around-taiwan-days-after-speech-islands-leader>, visited date:2025/3/17。

註28：根據視距距離公式 $d=1.23\times(\sqrt{H1}+\sqrt{H2})$ ，在忽略地形障礙和其他干擾因素的情況下，以兩艦天線桅高(H1、H2)高度約100至200英尺為例，有效通信範圍一般約25-35浬。

註29：Paul Williams, et al., "Link 22 Guidebook: Overview Version - 4th Edition," San Diego, CA: Northrop Grumman Systems Corporation, July 2013, p. 1-37. Link-16數據傳輸速率範圍26,880至107,520 bps。

註30：Creg Hadley, "New Satellite Data Layer Connects Army, Navy, NATO with Link 16," Air & Space Forces Magazine, April 11, 2024, <https://www.airandspaceforces.com/new-satellite-data-layer-connects-army-navy-nato-with-link-16/>, visited date: 2025/3/17。

提升傳輸效能。

2. 「Link-11」在數據傳輸速率不如「Link-16」，卻具備監偵範圍外的長距離通信特性。以艦艇為例，當艦艇在監偵外執行任務，「Link-11」可透過HF天線將偵獲的情資回傳至TDLs，並完成目標的分類識別；然數據傳輸速率較低，³¹難以滿足現代多域作戰對即時數據交換的需求，容易導致情報延遲和數據滯後。

(三) 抗干擾效能

「Link-16」系統採用直接序列展頻、高速跳頻、R-S錯誤糾正編碼和密碼加密等技術，³²具備多重抗干擾技術，能應對多源干擾環境，³³可確保在高強度干擾環境下的通信穩定性，使其在視距內的聯戰行動能維持通信穩定。³⁴然隨著現代作戰對數據傳輸速率、即時性和通信範圍的需求不斷提高，在電子干擾能力增加與日益複雜的電子作戰環境情況下，逐漸無法滿足作戰需要；另外「Link-11」本身並無建置抗干擾能力。

(四) 多戰臺聯合作戰能力

1. 「Link-16」在監偵範圍外作戰時，需依賴衛星中繼或「E-2K」機延伸通信；然這代表部隊需具備衛星通訊接收能力，或受限於預警機降低作戰靈活性。至於「Link-11」因僅部署於海軍主戰艦，加上數據傳輸速率較低，影響多戰臺聯合作戰運用，更難滿足對多域作戰的即時交換需求，致應用範圍相對受限。

2. 雖然「Link-16」有較佳的數據傳輸效能，但對中繼戰臺的高度依賴，使其在監偵外作戰中的穩定性受到影響；而「Link-11」雖能支持遠程通信，卻因即時性不足，難以滿足多域作戰要求。正因為這兩種鏈路的不足，凸顯國軍在監偵範圍外，需要更即時、穩定的數據鏈路傳輸，以確保聯戰指揮的順暢運行，同時提升海域覺知能力。

二、「Link-22」性能優勢

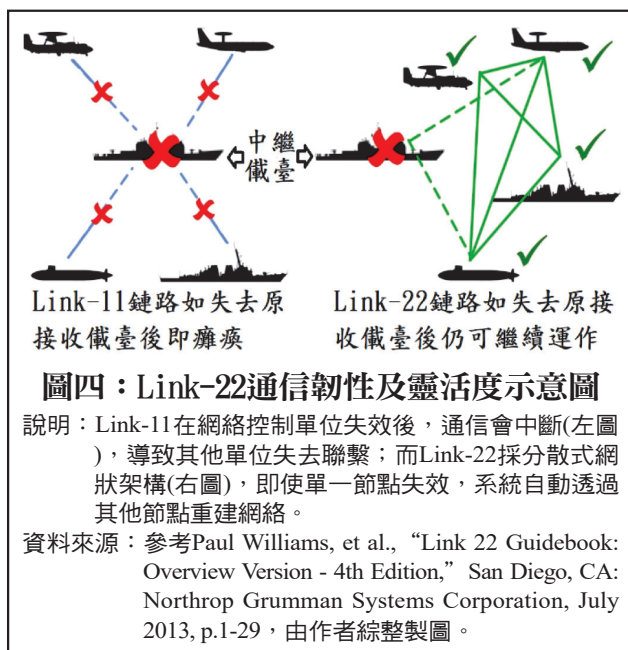
「Link-22」整合多頻段通信、即時數據傳輸和抗干擾等先進技術，亦具備更強的技術支援與指揮靈活性，符合國軍在應對遠距作戰及聯戰需求，更彌補「

註31：同註29。Link-11數據傳輸UHF速率：1,800 bps、HF速率1,090 bps。

註32：「直接序列展頻(Direct-Sequence Spread Spectrum, DSSS)」將數據訊號與高速偽隨機碼相乘，將訊號能量擴展到較寬的頻帶中，增強抗干擾能力和隱匿性，常用於無線通信系統；「高速跳頻(Fast Frequency Hopping)」是跳頻展頻技術的變體，透過快速頻率切換，使通信在更短時間內跳躍不同頻率，進一步提高抗干擾和保密能力；「R-S錯誤糾正編碼(Reed-Solomon Error Correction Coding)」這是一種區塊編碼技術，透過加入冗餘檢查碼來檢測和修正傳輸中的錯誤，常應用於衛星通信、光碟存儲等高可靠性需求的領域；「密碼加密(Cryptographic Encryption)」這是用於保護數據的機密性和完整性的一種技術，將原始數據轉換成不可讀形式，只有擁有正確解密金鑰的人才能恢復數據，用於防止未授權存取。

註33：〈日經：美臺強化軍事情資互通系統 提升聯合作戰能力〉，《經濟日報》，2024年10月18日，<https://money.udn.com/money/story/7307/8301461>，檢索日期：2025年3月17日。

註34：同註20。

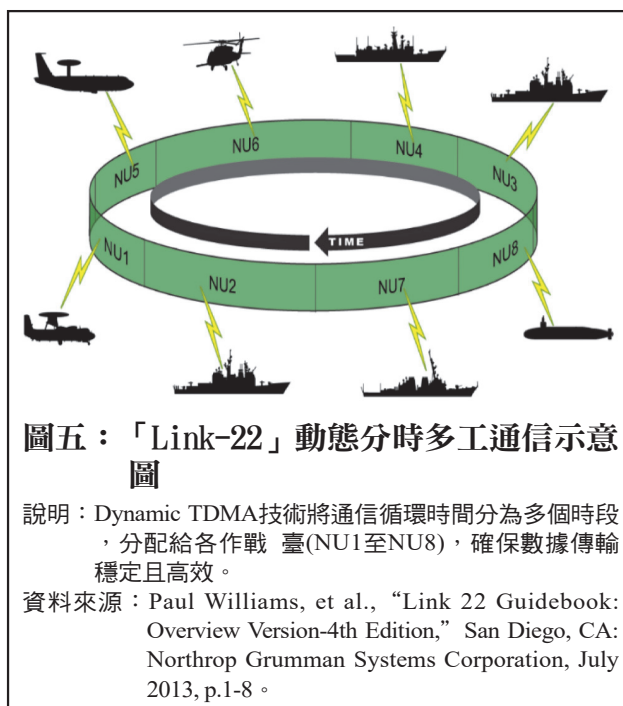


Link-11」和「Link-16」在多域作戰環境中的不足。以下就「Link-22」技術優勢，探討分析如后：

(一) 拓展通信範圍與超視距能力

1. 「Link-22」可支援HF與UHF中的多頻段通信技術，提高通信覆蓋範圍達到1,000浬，較「Link-16」更能在無中繼儀臺的條件下，保持穩定的遠距傳輸效率，並確保監視範圍外部隊與指揮中心之間的即時訊息交換。

2. 系統具備強大的「通信韌性」(Resilience)，依靠內建的自動路由功能，在節點故障或通信受阻時，能即時計算最佳路徑，並自動調整傳輸方式，確保網絡運作(如圖四)。相比「Link-11」的集中



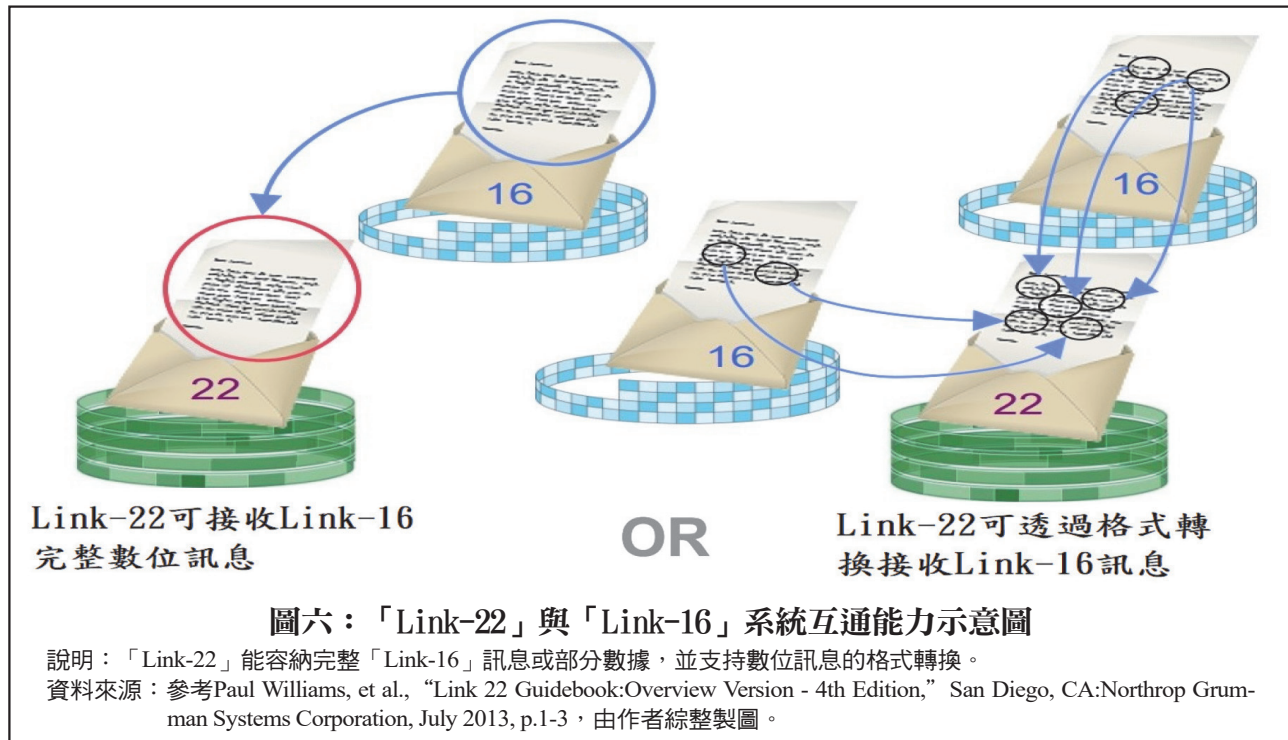
式架構，「Link-22」改採用分散式網狀架構，即使某一節點失效，仍可透過其他節點自動重建網絡，維持通信的穩定。³⁵

(二) 強化數據傳輸效能

系統採「動態分時多工」(Dynamic TDMA)技術，透過將通信循環時間劃分為多個時段，動態分給不同儀臺，有效提升通信資源的利用率，並降低數據衝撞與延遲現象(如圖五)。此技術增強數據傳輸的穩定性與效率，特別在多域聯合作戰中展現優勢，加上具備多儀臺聯戰能力，³⁶系統頻段的支援架構更能提供穩定的「共同作戰圖像」(COP)，使情報快速傳遞至指揮官，為戰場感知與決策提供正確、即時

註35：同註29，頁1-29。

註36：同註29，頁1-8。



且完整的資訊。

(三) 抗干擾技術提升與穩定通信保障

相較於其他系統，「Link-22」採多重跳頻、電子反反制(ECCM)及數據加密機制，確保情報傳遞的安全可靠；當敵軍運用電磁壓制技術干擾正常通信時，系統可自動避開受干擾的頻道，除維持通信鏈路的完整外，其在受干擾環境下仍能保持穩定通信及指揮與控制(Command and Control，以下稱C2)；尤其在BLOS通信需求中，這些技術能確保「Link-22」具備更高的通信韌性與穩定性，並適用於複雜的作戰場景。

(四) 兼融「Link-16」系統與降低建置成本

「Link-22」系統具備相融的優勢，可支援大部分「Link-16」訊息的格式轉換與傳遞(如圖六)，這種兼容性使數據交換在兩系統間得以無縫傳輸，提升情報傳遞效率與聯戰能力。換言之，將「Link-22」整合至國軍現有的作戰架構中，無需進行大規模系統更換或升級，降低部署成本與時間，同時為未來聯戰任務提供靈活的技術支援。

由於「Link-22」在抗干擾、通信距離及數據效能上展現一定優勢，加上穩定的通信性能與多戰臺兼容能力，不僅增強監偵外的作戰能力，還可提升聯戰效能，為應對複雜作戰環境與潛在威脅提供可靠的保障(如表一)。做為「北約」國家廣泛

表一：北約同盟國數據鏈路(Link-11/16/22)功能差異比較表

差異類別	Link-11	Link-16	Link-22
傳輸頻段	HF、UHF	UHF (960-1, 215 MHz)	HF與UHF均支持
通信距離	300-1, 000浬(HF)	25-35浬(UHF)	1, 000浬
訊息格式	M-Series	J-Series	FJ-Series
資料傳輸速率	1, 090 bps (HF) 1, 800 bps (UHF)	26, 880-107, 520 bps (UHF)	1, 493至4, 053 bps (HF) 12, 666 bps (UHF) 支援4個網路並行
作業性質	艦對艦、岸	全面性	全面性
兼容性	無法與其他Link兼容	可與Link-22兼容	可與Link-16兼容
傳輸模式/技術	點對點傳輸 依賴數據網路控制站	TDMA(分時多工)	Dynamic TDMA(動態分時多工)
參與數量	最多62個參與單位	最多125個	最多125個
穩定性	受天候環境影響較大	視距內佳，監視外需中繼	穩定性高，自動鏈路與跳頻保障
鏈路節點需求	高度依賴節點	部分依賴節點	不依賴節點，具備自動鏈路功能

資料來源：參考Paul Williams, et al., "Link 22 Guidebook: Overview Version - 4th Edition," San Diego, CA: Northrop Grumman Systems Corporation, July 2013, pp.1-34-1-36，由作者彙整製表。

採用的數據鏈路，「Link-22」憑藉其通信韌性、抗干擾能力及多頻段支援，並在實戰中得到驗證，相信將成為國軍多域作戰的重要技術及未來核心的數據鏈路。

肆、北約盟國「Link-22」之運用

隨著現代戰場態勢的不斷演變，北約(NATO)在聯合作戰中對即時通信與態勢共享的需求顯著提升，為應對多域、多國聯戰的技術挑戰，NATO持續透過大規模軍事演習，如「三叉戟接點」(Trident Junction)、「冷戰風暴」(Exercise Cold Response)及「無畏之盾」(Formidable Shield)等，以驗證「Link-22」數據鏈路的實戰效能，並強化其在戰場的適應性。

尤其此新一代核心數據鏈系統，對傳統通信系統的距離、可靠性及抗干擾能力等，確實提供有效解決方案；而「Link-22」的多頻段通信、自動路由與動態網絡管理技術，亦成功應用於多國部隊間的即時訊息交換與作戰圖像共享。以NATO對「Link-22」應用的經驗，自然成為國軍未來的數據鏈路發展提供參考意見。以下就「Link-22」的技術應用與演習實際運用成果，臚列分析如后：³⁷

一、多戰臺即時數據交換與聯合驗證

(一)2018年「三叉戟接點」是NATO主導的一項大規模聯合軍事演習，其核心目標在於模擬多國聯合作戰中面臨的多重威脅，並測試各成員國間的跨域聯合作戰效能。本次演習涵蓋海、空、陸三域作戰單

註37：多國聯合作戰(Coalition Operations)是指多個國家間為實現共同戰略目標而進行的聯合作戰行動，其核心在於跨國間的戰術、技術及後勤協調，並確保TDLs的互操作性(Interoperability)。

表二：2018年NATO「三叉戟接點」演習概要

日期	參與國	兵力	演習地點	驗證科目
1025 1107	美國、挪威、德國、英國等成員國及合作夥伴國家，共29國。	預警機、偵察機與戰鬥機共250架；65艘驅逐艦、潛艇及兩棲登陸艦；超過10,000輛地面作戰車輛；約50,000人參與。	主要地點位於挪威境內，北大西洋海域，並涵蓋波羅的海周邊地區，旨在模擬多域聯合作戰場景。	NATO部隊的多域聯合作戰能力，測試多戰臺TDLs能力，間接驗證鏈路反應與威脅應對的效能，確保盟國之間的聯合作戰能力。

資料來源：參考“Trident Juncture 2018,” North Atlantic Treaty Organization (NATO), October 25, 2018, <https://www.nato.int/cps/en/natohq/157833.htm>, visited date:2025/03/17，由作者綜整製表。

位，包括美國、挪威、德國等多國部隊，作戰場景計有艦艇、潛艇、預警機、偵察機及地面作戰部隊參與，全面模擬聯合作戰戰場的高度複雜性(如表二)。³⁸

(二)「Link-22」在演習中憑藉其多頻段通信能力，突破傳統視距(LOS)限制，實現BLOS通信能力，各作戰戰臺透過「Link-22」建立穩定的數據鏈路，迅速將艦艇或偵察機的情報傳遞至其他部隊與指揮中心，確保指揮官即時掌握戰場動態。³⁹至於「動態分時多工」(Dynamic TDMA)技術驗證，同樣凸顯「Link-22」的關鍵技術優勢，不僅解決通信頻道擁堵，亦確保數據傳輸的穩定與即時性；另其高兼容性設計能與「Link-16」系統無縫整合，降低跨國之間的技術障礙，提升聯戰整體效能。

二、抗干擾能力與通信穩定性驗證

(一)2022年「冷戰風暴」是NATO於北極圈附近舉行的一項大型軍事演習，參與國家包括美國、挪威及丹麥等，主要針對極端氣候與高強度電子干擾環境下的聯戰能力進行測試。演習中，「Link-22」也充分發揮其跳頻(Frequency Hopping)與電子反反制(ECCM)功能，⁴⁰有效保障通信網路的穩定性；尤其跳頻技術透過快速隨機切換通信頻率，防止敵方電子偵察鎖定通信頻道，從而降低干擾風險，更成功通過各國通信系統的穩定性與抗干擾能力驗證(如表三)。

(二)ECCM功能也進一步強化系統對電子攻擊的抵抗能力，即使在高強度干擾環境下，通信網絡仍能穩定運作。這些特性在實現即時態勢共享與數據交換等方面發揮關鍵作用，確保各作戰單位能準確掌握戰場訊息；此外，面對惡劣的自然條件(

註38：“Trident Juncture 2018,” North Atlantic Treaty Organization (NATO), October 29, 2018, <https://www.nato.int/cps/en/natohq/157833.htm>, visited date: 2025/3/17。

註39：Neil Wright, “Some Lessons from Command Post Exercise Trident Juncture 2018,” The Three Swords Magazine (Stavanger, Norway), Vol. 34, No. 1 (2019), pp.30-31。

註40：“Demystifying Tactical Data Links (TDLs): Focus on Link 22,” SyntheSys Defence(No. 90501DTA3502), 2023, https://resources.synthesys.co.uk/defence/technical-articles/demystifying-tlds-focus-on-l22-the-new-kid-on-the-block.pdf?utm_source=, visited date: 2025/3/17。

表三：2022年NATO「冷戰風暴」演習概要

日期	參與國	兵力	演習地點	驗證科目
0314 0401	美國、英國、法國、德國、挪威、瑞典、芬蘭等北約盟國及夥伴國家，共27國。	約30,000名軍人，200架飛機，50艘艦艇。	挪威境內，包括北極地區，涵蓋地面、海上和空中操演。	測試多國部隊在極端寒冷條件下的聯合作戰能力，間接驗證「Link-22」的抗干擾與自適應通信功能。

資料來源：參考“Exercise Cold Response 2022–NATO and partner forces face the freeze in Norway,” North Atlantic Treaty Organization (NATO), Mar 7, 2022, https://www.nato.int/cps/en/natohq/news_192351.htm, visited date: 2025/03/17，由作者綜整製表。

表四：2023年NATO「無畏之盾」演習概要

日期	參與國	兵力	演習地點	驗證科目
0509 0527	美國、英國、荷蘭、義大利、西班牙等北約盟國及合作夥伴，共13國參與。	超過20艘軍艦、35架軍機，及8個地面部隊，總計約4,000名人員。	英國蘇格蘭赫布里底群島海域與Shanwick FIR(飛航情報區)進行。	◎空對空射擊訓練、防空飛彈射擊測試、地面防空系統部署與測試。 ◎聯合作戰中的超視距通信與反飛彈作戰能力測試，間接驗證「Link-22」於遠距離威脅偵測與攔截的應用。

資料來源：參考NATO, “Formidable Shield 23-UPDATE,” Military Exercise Documentation (Brussels, Belgium), May 12, 2023, pp.1~2，由作者綜整製表。

如極寒與冰雪天氣)與強電磁干擾的雙重挑戰，「Link-22」系統憑藉其自動頻率調整功能，能靈活應對不同形式的干擾，並根據環境動態選擇最佳通信頻率，確保數據交換的穩定性與連續性，並在演習中，凸顯極高的系統自適應能力。⁴¹

三、超視距通信與遠程作戰能力驗證

(一)2023年「無畏之盾」演習，是NATO針對多方向空中與海上威脅進行的聯合反導彈演習，旨在測試成員國應對飛彈攻擊及跨域聯合作戰中的能力。演習涵蓋美國、英國、西班牙等成員國的海軍艦艇與空中作戰單位，模擬現代化作戰中遠程目標的偵測、共享與攔截場景。⁴²「Link-

22」在本次軍演中發揮超視距通信的技術優勢，也顯著提升多國間的聯合作戰效能(如表四)。

(二)「Link-22」憑藉其多頻段通信能力，能將通信距離延伸至上千哩，此技術對戰場中快速傳遞威脅訊息至關重要。艦艇或空中偵察儀臺偵測到敵方飛彈來襲時，透過系統讓各作戰單位能即時將相關情報傳遞至指揮中心及其他作戰儀臺，實現「共同作戰圖像」，確保參演各國在多方威脅下快速協調反應。演習也驗證「Link-22」在支持多節點分布式網絡架構中的實戰效能，藉「去中心化」網狀架構，使各作戰儀臺能夠相互傳遞數據，並可

註41：Norwegian Armed Forces, Cold Response 2022:Fact Sheet (Norway:Norwegian Armed Forces, March 2022), pp.3~6。

註42：“Allies launch combined Integrated Air and Missile Defence exercise Formidable Shield,” North Atlantic Treaty Organization (NATO), May 10, 2023, https://ac.nato.int/archive/2023/FOSH23_starts, visited date:2025/3/17。

在任一節點失效時，自動重新建立鏈路，迅速維持資訊的連續性。

伍、「Link-22」對國軍作戰效能評析與建議

國軍現行「戰術數據鏈路」(TDLs)雖能滿足基本戰術通信需求，但在視距外(BLOS)及多戰臺聯合作戰中仍存在缺失；隨著中共「反介入/區域拒止」(A2/AD)戰略的持續深化，國軍的確需要強化遠程聯戰能力，以確保戰場訊息優勢及決策執行速度。以「Link-22」做為新一代數據鏈路不僅具備「Link-11」的BLOS傳輸特性，亦可與「Link-16」無縫互通，預計可成為國軍未來戰場聯合作戰與海上態勢感知的核心技術。針對「Link-22」導入國軍並整合現有數據鏈路後，對戰場情報整備、整體聯戰指管等方面的影響，分析說明如下：

一、提升聯戰指管能力

(一)國軍現行「Link-16」主要在視距(LOS)通信，雖可透過「衛星中繼」(SATCOM)延伸至BLOS，但受限於我國衛星資源有限，監偵外數據鏈路的即時性與穩定性存在遭受干擾與摧毀的風險，特別是

在敵方具備強大電子戰與反衛星(Anti-Satellite Weapon, ASAT)能力的背景下；⁴³國軍現有衛星通信架構一旦受干擾，將影響聯合作戰與海域覺知(MDA)能力。因此，導入「Link-22」不僅是技術上的升級，更代表國軍TDLs發展，將朝向更具韌性的架構方向邁進。

(二)「Link-22」因具備BLOS通信能力，可透過SATCOM維持戰術數據鏈路的連續運作；尤當衛星通訊受限或遭干擾時，鏈路可自動切換至HF/UHF加密通信，提高抗干擾能力與作戰靈活性。⁴⁴此機制確保「Link-22」在電子戰威脅、高強度干擾環境或無法依賴衛星支援的情境下，仍能確保指揮與管制(即C2)的穩定性，增加通信網路韌性。

(三)特別是NATO國家長期對軍事技術輸出持保留態度，若順利引進「Link-22」，將進一步提升國軍在聯戰環境中的互通性，及強化國軍對戰場透明度的掌握。由於「Link-22」係由美國及「北約」等7個國家共同開發，部分關鍵技術來自德國等歐洲國家；然此次美國協助國軍升級「Link-22」，可能帶動NATO對我軍事技術輸出的政策調整與技術移轉的鬆綁，未來

註43：Unshin Lee Harpley, "Saltzman: China's Anti-Satellite Weapons Are 'Compounding Problem We Have to Figure Out'," ...Air & Space Forces Magazine, ..., November 15, 2023, <https://www.airandspaceforces.com/saltzman-china-anti-satellite-weapons-compounding-problem/>, visited date:2025/3/17。

註44：Arlington, VA, "Leonardo DRS Link-22 Signal Processing Controller Successfully Completes NILE Block Cycle 9 Interoperability Testing," Leonardo DRS, August 19, 2021, <https://www.leonardodrs.com/news/press-releases/leonardo-drs-link-22-signal-processing-controller-successfully-completes-nile-block-cycle-9-interoperability-testing/>, visited date:2025/3/18。

國軍將有機會獲取更先進的技術與軍備，有助提升聯合作戰與指管能力。⁴⁵

二、強化戰場情報整備能力

(一)「俄烏戰爭」期間，美軍監偵部門透過數據鏈技術，能快速提供即時情報，讓烏克蘭武裝部隊能迅速掌握戰場態勢、縮短反應時間，並在短時間內完成攻擊決策與行動，凸顯數據鏈路在戰場的重要性。此一戰術模式也證明，在可能的臺海衝突中，提升數據鏈的互通性與聯戰協調能力，將是國軍未來發展的重要方向，亦顯示強化聯合作戰體系與即時情報共享的密不可分。⁴⁶

(二)未來，一旦臺海發生衝突，美軍若選擇介入支援，即可透過「Link-22」等戰術數據鏈，提升國軍與盟軍之間的通訊與情報共享，使美軍的監偵系統能更快速向國軍提供共軍部署動態，進而強化戰場情報整備能力；尤其在監偵範圍之外的共軍動態掌握，不僅提高戰場透明度，並增加預警時間與反應效率。

三、整合現有數據鏈路與建議

(一)國軍現行TDLs包含「Link-11」、「Link-16」及各軍種數據鏈路。「Link-22」做為「Link-11」的後繼系統，旨在提供更安全且更具彈性的數據傳輸，特別是在BLOS通信應用上的優勢；⁴⁷然新系統的導入涉及與既有數據鏈路的整合，包含數據格式、通訊協定、加密技術、數據轉換閘道(Gateway)等。⁴⁸因此，確保數據鏈路的兼容性，將是提升國軍未來戰場聯戰效能的關鍵。

(二)「Link-22」的設計目標之一是補充「Link-16」功能，確保兩者能夠無縫互通。依NATO的運作經驗，其訊息格式可直接封裝並傳遞至「Link-16」系統，無需額外修改數據結構；此外，兩者共用相同的標準化訊息格式，⁴⁹並遵循《NATO STANAG 5522》規範⁵⁰，俾確保鏈路訊息互通。⁵¹儘管兩系統具備相容性，但在通訊協定與加密技術方面仍存在差異；因此，國軍在導入「Link-22」時，仍應積極發展數據轉換閘道技術(如數據轉換器)，縮小不同鏈路間的協定與加密技術差異，確

註45：揭仲，〈【揭仲觀點】：美國提供Link-22戰術數據鏈路系統的意義〉，奔騰思潮，2023年6月28日，<https://www.lepenseur.com.tw/article/1456>，檢索日期：2025年3月18日。

註46：Matt Seyler, "Officials push back on report US intel helping Ukraine target Russian generals," ABC News, May 6, 2022, <https://abcnews.go.com/Politics/officials-push-back-report-us-intel-helping-ukraine/story?id=84518393>, visited date:2025/3/18。

註47：Hossain, K. A., PhD, "Analysis of Importance of Tactical Data Link (TDL) in Military Domains in 21st Century," Scientific Research Journal (SCIRJ), Vol. 11, No. 8, August 1, 2023, pp.70~71。

註48：同註29，頁1-38。

註49：同註29，頁1-35。

註50："TACTICAL DATA LINK-LINK 22 - ATDLP-5.22 EDITION C," (NATO Standardization Office(NSO), November 25, 2023, <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards/stanag-details/9628/EN>, visited date:2025/3/17)。

註51：同註29，頁1-11。

保鏈路間數據傳輸暢通。此舉不僅能發揮各數據鏈路的互通與互補優勢，更能提升防衛作戰整體效能。

陸、結語

隨著現代戰場對資訊作戰(IW)系統的依賴日益加深，TDLs已成為聯合作戰指管的重要基礎，而「Link-22」不僅具備視距外(BLOS)通信能力，還整合頻寬管理、自動路由及更佳的抗干擾技術，使其在遠距離戰場中的穩定性與可靠性顯著提升。此外，「Link-22」與「Link-16」的高度相容性，更確保國軍在現有TDLs基礎上無需大規模改造，即可實現跨系統數據互通，並提升作戰情資共享的即時性與精確度。當前國軍對於監偵涵蓋範圍外數據鏈路的(TDLs)作戰需求，確實應聚焦於「Link-22」在技術性能與戰場應用上的優勢；畢竟「Link-11」與「Link-16」系統仍受限於傳輸速率、抗干擾能力及多戰臺協同等因素，無法完全滿足跨域遠程作戰需求。所以加速導入「Link-22」將成為國軍提升遠距作戰、強化戰場態勢感知，以及達成監偵外聯戰任務成功的重要基石。

當前中共持續深化「反介入/區域拒止」(A2/AD)戰略，凸顯未來臺海周邊的戰場態勢將更加複雜，亦代表對國軍維持遠距聯合作戰的通信穩定性要求將提高。如何確保「Link-22」的導入與現行指管系統無縫銜接，如何透過戰術驗收及聯合演訓，檢驗其在遠距聯合作戰中的適用性，進一步優化作戰運用模式，俾發揮最大戰力效益，都成為提升國軍聯戰效能的重要課題。期望國軍在強化數據鏈路傳輸能力之外，更應積極推動數據鏈整合計畫，提高與盟軍的戰術互通性，才能確保在面對潛在衝突時，具備即時、穩定且高效的戰場資訊共享能力，以達成聯合防衛作戰目標、確保國家安全。



作者簡介：

許鎮顯少校，海軍軍官學校103年班。曾任海軍宜陽艦艦務官、海軍淮陽艦射控官及海軍銘傳艦戰系長，現服務於海軍146艦隊暨國防大學海軍指揮參謀學院114年班學員。

許祐銓中校，海軍軍官學校93年班，國防大學海軍指揮參謀學院112年班。曾任駐韓國軍事協助組副組長、海軍司令部計畫處外連官、海軍司令部戰訓處作戰官，現服務於國防大學海軍指揮參謀學院。

