

——朱凱麟/譯——

後勤戰略思維鼎新—— 運用高性能優勢、後勤區塊鏈及5G技術 之作戰後勤支援能量

5G Technology: Improved Capabilities Enable Joint Logistics for the Future Joint Force

Michael Martin, Stacey Kidd, Christopher Landis, Apr 13, 2020

Blockchain for Military Logistics Mark Simerly, Daniel Keenaghan, Nov 4, 2019

High-Performance Advantage Scott Sundt, Alexandra Landsberg, Megan Holland, Jan 23, 2020

提要

- 一、人工智慧及機器學習已然成為當今大規模數據資料應用發展方向及必然成果，其已於軍事後勤領域提供系統分析及輔助決策，而整合新一代高性能計算及工程研析能力，即係達成高擬真、精準數據分析、流程自動化及預測性修護目標之技術根基。
- 二、運用區塊鏈技術特性進行軍事數據資料共享，提升多元、詳細資料之信任度，可發展無縫通信應用數位工具，以後勤戰略之觀點，將需求預測及資源追蹤分配，應用於後勤運作計畫中達成更高之即時性與擬真度，可大幅增進後勤規劃優勢。
- 三、5G技術整合物聯網及供應鏈管理系統，可運用人工智慧進一步提升聯合後勤計畫，藉由高成本效益與高時間效率之供應鏈自動化，得以快速達成作戰環境後勤維持預測與供補需求分析；至此，各項後勤支援最佳解決方案即隨時隨侍在側，以跨世代之姿擢升後勤戰略應用實務，強化作戰整體後勤支援能量。

關鍵詞：5G、後勤區塊鏈、高性能計算

圖片來源：設計示意圖

原文係取自美陸軍官方網站公開資訊，無引用限制。

壹、前言

本文蒐整美軍最新高性能計算現代化計畫發展現況，以武器系統全壽命週期成本分析觀點出發，運用人工智慧及機器學習輔助做出更明智且更即時之武獲決策，並於其後工作階段整合大規模數據資料管理，提供系統分析人員更為完整之維修資料庫——此即美軍首次達成真正「預測性修護 (Predictive Maintenance)」目標之技術根基。

美國防後勤局 (United States Defense Logistics Agency, U.S. DLA) 具備高端全球化威懾武力部署及後勤支援能量，除仰賴其雄厚之後勤基礎設施外，更多關鍵核心能力則置重點於精準現代化需求預測技術，以及全球化供應鏈之整合與應用，近期更不斷投入發展軍事後勤區塊鏈，藉由提升數據資料信心程度，精進軍事供應鏈及採購能力，進而達到強化作戰支援實效。

為了將上揭各項專門技術能力統籌運用，則需要一項能夠快速、可靠且安全運作之網路系統架構，將龐大數位資訊灌注至新一代實體及虛擬基礎設施，達成供應鏈自動化以及智慧型物聯網，以快速有效提供運補作戰需求物資之解決方案及提升作業能力，強化整體聯合後勤能量。以下即就「高性能計

算」、「軍事後勤區塊鏈」以及「5G技術」等創新議題，援引最新軍事應用現況實例，作為我陸軍後勤戰略發展方針研析參考。

貳、高性能計算優勢¹

2018年初，美國提出之《國防戰略 (National Defense Strategy)》，² 對其捍衛美國安全任務及執行方式均帶來直接性之影響。在整體作戰任務及勤務支援過程中，不僅引起層層漣漪，並引發對於戰略、作戰及戰術優先事項之專注思考；在未來世界，美國面臨潛在同級競爭對手之各項能力，極可能已經與美軍當前部隊持平，然此皆為必須解決之優先事項。在美國防部 (United States Department of Defense, U.S. DoD) 研究、發展、測試及評估部門中，皆不斷呼籲必須加快創新速度，減少各項國防採購獲得時間，並以降低成本及受控制風險，產製有能力改變戰爭遊戲規則之武器系統。美國國防戰略指示相當明確，其目的在於：「以各領域作戰需求產生之速度，提供相對應之高性能武器裝備。」美陸軍士兵此刻即需要真正屬於21世紀武器系統，而非往後推算十年或十五年才予以考慮。

所幸，由於過去二十年來數位工程以及

1 Scott Sundt, Alexandra Landsberg, Megan Holland, "High-Performance Advantage," Army AL&T magazine, Winter 2020 issue, p. 64-69.

2 U.S. Department of Defense, 2018 National Defense Strategy. (Washington: DoD, 2018).

高性能計算之穩定發展，為了響應對超級計算（Supercomputing）、海量數據蒐集、高擬真物理基礎軟體研發及高速網路日益普及與快速增加使用需求，美國防部於2018年6月發布其「數位化工程戰略（Digital Engineering Strategy）」，該項文件為美國防部及其相關作業提供妥善運用此類有利資產之政策方向，並將其有效應用於面對新興技術之挑戰。

「美國國防戰略」以及「數位化工程戰略」兩者結合，為美陸軍提供於基礎上推動重新建構其未來作戰裝備之方式，依據美陸軍六大現代化戰略（U.S. Army Modernization Strategy, AMS）優先重點事項，³ 結合八支跨功能團隊（Cross-Functional Teams, CFTs）以及一支全新四星勁旅—美陸軍未來司令部（U.S. Army Futures Command, AFC），更為美陸軍研發暨測評部門以及專案計畫執行辦公室提供堅實基礎及具體發展方向。

一、高性能計算計畫

美國防部「高性能計算現代化計畫（High Performance Computing Modernization Program）」提供了高性能計算能力以及專業領域知識，使其國防戰略在美國防部中具有優先執行權。透過為美國防部提供全方位計算建模及擬真環境系統，由美國國會授權2.8億美元之年度預算，整合超級

計算功能、高速網路及計算科學領域之專業知識，使科學家及工程師能夠藉由高性能計算，更廣泛地應用於關鍵性研發、測評及武獲工程專案計畫，徹底改變作戰人員所需各項後勤支援。此項三軍通用性任務，現由美陸軍採購、後勤及技術助理次長（ASA[ALT]）負責管理，並由美國政府監督執行。

藉由擴大研發、測評及武獲工程之創造力、生產力及影響力，高性能計算提供對物理實體世界之空前洞察力，該計畫包含超級計算資源中心、軟體應用程式及安全網路，然而此一作業若單獨透過傳統觀察法或實驗法來擷取獲致，則將是極為高成本、高危險及高耗時之一項工作。高性能計算現代化計畫進一步運用了美國防部、其他聯邦部門、機構、企業及學術界獨有知識，來促使原已相當進步之應用軟體程式碼，更加臻於成熟及完善，以強化美國防部科學家以及工程師專業領域知識，並幫助其國防客戶達成關鍵性任務目標。

多年來，隨著對計算資源之使用需求增長，應用用戶群、作業規模及複雜性等，都在快速增加，以有效利用資源增加所帶來之機會。在2019年，高性能計算現代化計畫內部數據資料庫顯示，已有高達三千多個活躍用戶，顯見大型高性能計算模擬，儼然已經從小眾活動，快速轉變成為主流發展。

3 Headquarters Department of the Army, U.S., Army Modernization Strategy: Investing in the Future. (Washington: U.S. Army, 2019).

高性能計算現代化計畫軟體應用程式，提供了一套軟體發展及支援服務，旨在最佳化軟體功能，以設計、發展、測試及部署運用美國防部設定武器系統之目標功能。這些發展工作及支援服務，包含計算研究、工程武獲工具及環境 (Computational Research and Engineering Acquisition Tools and Environments, CREATE) 之軟體發展作業，而這些作業則為數位工程原型提供了關鍵性建模支援能力。

CREATE係高性能計算計畫主要工具，可用於處理美國防部在其主要武獲計畫中之設計及分析工作，其提供軟體工具創新應用方式，得以發展及最佳化飛機、船艦、地面車輛及雷達天線設計參數，並有效加快獲得時間，使該物理基礎軟體工具接受度、使用度及後續採用度範圍，已擴大至一百六十餘個國防組織單位。現今，這項軟體工具已廣泛運用於整個武器系統壽命週期，成為武器設計規格評審、設計分析以及性能預測與測試主要國防採購計畫之一部分。

當前武獲採購計畫，主要遵循以往經驗「設計—建造—測試」循環模式，此種方法使得諸如設計缺陷、技術不成熟問題或系統整合問題等，經常無法及時發現，是故此類重複作業或重新設計等工作，嚴重肇致成本透支或整體進度延遲。相對地，若是採用「模型—測試—建造」模擬測試模式，則可於武獲過程初期階段，使用CREATE軟體工具發展最佳化工程設計，不僅得以大大降低成本、

縮短時間期程表，亦同步提高設計與程序之靈活性及敏捷性，最重要的是，能夠有效降低設計缺陷，更加快速、靈活地發展工程概念設計，以及在武獲過程中更早開始進行系統整合工程，而以上這些皆可有效改善整體武獲程序之效能及效率。

二、對美陸軍專案計畫影響

高性能計算可有效支援武器系統整體壽命週期分析，以美陸軍直升機為例，高性能計算對於更新舊有作戰平臺（諸如：CH-47 Chinook希努克、UH-60 Black Hawk黑鷹系列機種）以及美陸軍未來垂直升降工作，均是至關重要。

舉例而言，Create AV's公司Helios（太陽神）軟體係用於旋翼機高擬真以及多物理特性分析工具，其可計算包含機身與旋翼在內之全尺寸旋翼機飛行性能，亦可計算任意旋翼配置狀態，藉由緊密耦合旋翼空氣動力學進行分析，並預測所設定之操控條件。位於旋翼葉片尖端所產生複雜氣流之高度精確處理—旋流溢放 (Vortex Shedding)，Helios則具有分析及評估此類旋流與機身或附近旋翼葉片相互作用之獨特功能（如圖一）。當然，運用Helios軟體進行大規模模擬計算，乃係於該計畫超級計算機上進行運算，此亦顯示幾十年前僅能於實機飛行測試中觀察獲致現象，時至今日，只需使用Helios軟體，即可進行模擬運算及預測其結果。

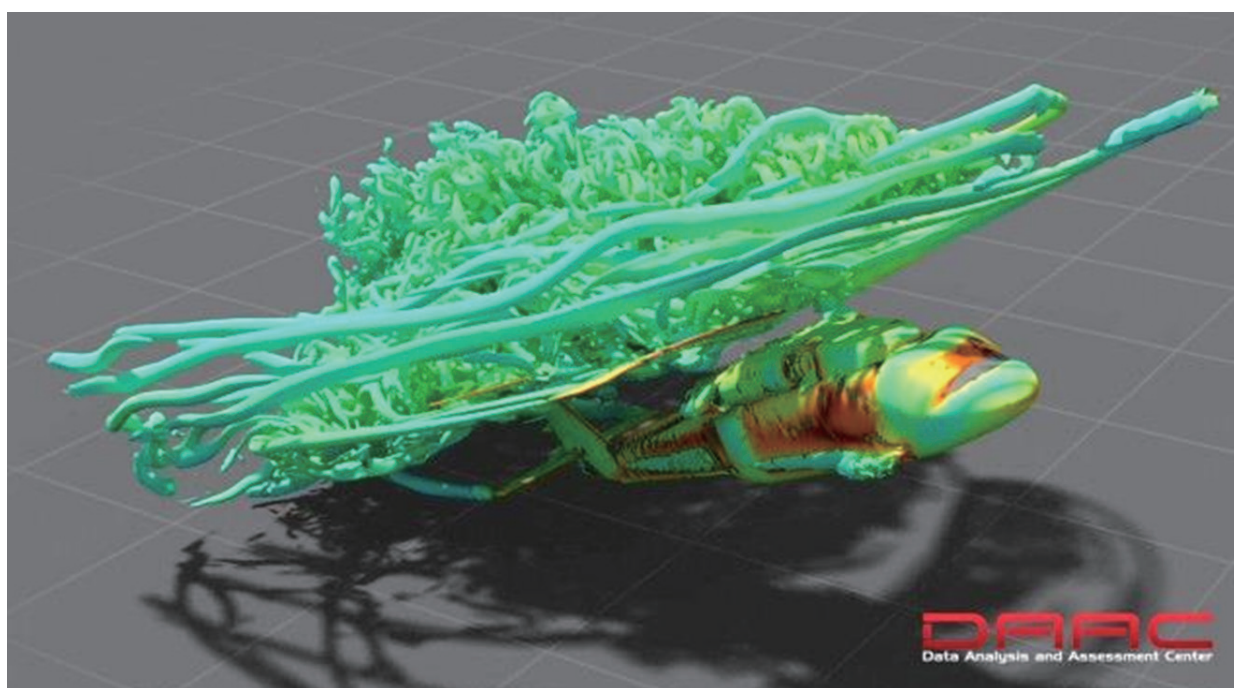
另外，以CH-47 Block II Advanced Chinook旋翼葉片設計為例，其宗旨在於提

高飛機懸停升力，而不影響其前進速度。最初飛行測試顯示，快速前進飛行時，後旋翼易產生高控制系統負載。當時由美陸軍工程師、波音公司及航空計畫執行辦公室所屬多用途運輸直升機經理等，共同組成工程團隊，來解決此項問題，運用Helios專門用於擷取複雜、不穩定空氣動力學現象，並分析設計空間規格，以期恢復高速飛行性能，同時保留提升升力之旋翼葉片懸停優勢。改良設計旋翼葉片，已於2018年底測試成功，進而大幅提升現役四百餘架希努克運輸直升機作戰（飛行）能力。美陸軍工程師現今已能識別潛存性能問題，並評估設計對應解決方案

（如圖二）。

諸如上述此類，在美國參議院武裝部隊空地小組委員會見證中，美陸軍採購、後勤及技術助理次長首席軍事代表保羅·奧斯卓斯基中將（Lt. Gen. Paul A. Ostrowski）亦表示高性能計算現代化計畫對美陸軍武獲專案計畫之重要性。其強調：「這絕對至關重要！對於Block II Chinook（希努克直升機），由於能夠透過超級計算技術，模擬分析新旋翼葉片效能，使我們在飛行方面節省了約五千萬美元成本。」

聯合多角色技術展示器（Joint Multi-Role Technology Demonstrator, JMR-TD）計



圖一 美軍資料分析暨評估中心模擬運算UH-60系列直升機旋流溢放⁴

4 同註1。

畫係美陸軍現代化戰略未來垂直升降優先項目前身，旨在展示變革性垂直升降能力，以利輔助達成程序化決策。JMR-TD飛機需求條件於2012年制定；至2013年，與波音公司合作之4家公司（亦即：AVX航空公司，Bell Textron航空公司，Karem航空公司及Sikorsky航空公司）獲得技術投資協議，為了更完整了解JMR-TD所研發飛機及其技術，Helios太陽神軟體已應用2013年依該技術協議所授予全數四種配置組合狀態。其使美陸軍航空工程師能夠對承包商之建議進行獨立分析，將分析結果運用於初始設計及風險評估作業，以引導輔助選擇貝爾公司（Bell）或塞考斯基—波音

（Sikorsky-Boeing）團隊之展示飛機，從而進行更明智且更及時武獲決策；而未來，Helios太陽神軟體仍將持續應用於選定研發之兩架試驗飛機，以執行後續進階分析作業。

「高性能計算現代化計畫」已進一步與「工程彈性系統計畫（Engineered Resilient Systems Program）」緊密整合，旨在藉由高性能計算來加快武獲速度；工程彈性系統則將高擬真、物理基礎建模、高級數據分析、機器學習、流程自動化等，與高性能計算相結合，而可於重大武獲里程碑前，即做出更明智決策。與工程彈性系統之合作關係，已使美陸軍高性能計算能夠以全新方式與型態



圖二 美軍資料分析暨評估中心進行擬真環境建模概念圖⁵

5 同註1。

提供使用。爾來，該計畫已開發用於大規模數據管理人工智慧以及機器學習環境系統，使美陸軍得以整合TB級UH-60系列黑鷹直升機相關數據，提供系統分析人員研析完整維修數據資料庫，並首次達成真正「預測性維護（Predictive Maintenance）」⁶。舉例而言，該計畫全面實施後，機隊全數UH-60系列黑鷹直升機皆符合其中滑油散熱器延壽計畫之管控條件，而相較先前狀態，卻僅有其中20%符合此一條件。以此案例所達成高效能管理與預測，得以使黑鷹直升機滑油散熱器此項需花費數十萬美元更換成本之關鍵性組件，能夠令其增加約一倍維護時隔；而現今此項管理及預測作業，已經擴展應用至地面部隊戰鬥車輛，以及其他美陸軍部隊作戰載臺。

三、小結

「高性能計算現代化計畫」可謂為一項美國國家資產，其為關鍵任務挑戰提供高性能計算能力以及專業領域知識。與「工程彈性系統計畫」整合運作，能夠發揮改善武器系統壽命週期各階段工作任務，並且輔助執行更明智且更及時武獲決策。此類計畫皆已具體展示其加快武獲時間表之能力，同時降低美國防部所須承擔風險及相關機會成本，並且將持續參與未來各項新興合作夥伴關係之專案任務，以有效解決美國防部最高優先事項。

參、軍事後勤區塊鏈⁶

所謂「創新」之潛在驅動力，即是設法運用新方法以解決現有問題。區塊鏈（Blockchain）技術發展，進階強化數據資料可信度及可用性，得用以協助塑造未來軍事後勤相關作業及計畫作為。

運用區塊鏈技術進行數據資料共享，能夠增加對於廣泛詳細帳戶之信任度，改善無縫通信，減少數據資料變異，並降低信息傳輸及時性與可操作性需求之摩擦點。美軍推行進一步研究發展區塊鏈技術，在於發展應用數位工具，以提高戰術、作戰及戰略環境中後勤規劃優勢，並且均具有巨大潛在價值。

一、區塊鏈技術定義

區塊鏈技術係經由數位簽章以及附記時間戳章之數據資料集群，其如鏈條一般地彼此鏈接在一起，並且由系統發布作為後續應用，區塊鏈技術允許多個用戶透由安全演算法，於多個網路位置同時間發布數據資料信息，而無數據處理風險。此類數據資料僅有唯一一個版本資訊，而所有用戶均具有相同副本，是故其可分別查閱、檢視並確認系統內所進行各項交易真實性，而無須更改過去業已完成身分驗證之數據資料。此概念在商業、公共事務以及軍事任務複雜後勤應用環境中，皆具有顯著而巨大之發展潛力。

6 Mark Simerly, Daniel Keenaghan, "Blockchain for Military Logistics," U.S. Army, https://www.army.mil/article/227943/blockchain_for_military_logistics, 4 Aug 2020.

二、官方應用端始

於整體美國聯邦政府中，各機構均對區塊鏈技術展現出其濃厚興趣。美政府聯邦審計署（United States Government Accountability Office, U.S. GAO）2018-2022年戰略計畫重申一項基本主題，其中包括以區塊鏈作為有潛力改變當今社會五種新興技術之一。

為了響應2018年《美國國防授權法（National Defense Authorization Act）》，美國國防部向國會介紹多元組成成分區塊鏈研究概述，包含對於潛在攻擊性以及防禦性網路應用程序之描述，對於國外現況以及對於美國聯邦政府使用關鍵基礎設施網路相關評估。美國財政部（United States Department of the Treasury, USDT）運用區塊鏈技術，已成功完成一項先導工作，該技術得以近乎及時管理及追蹤整體勞動力現有人力資產動態。美國衛生及公共服務部（United States Department of Health and Human Services, U.S. HHS）亦已成功啟動第一項公共採購區塊鏈，該項稱為「加速器（Accelerate）」模型，應用項目包含各項微服務，此類微服務即係透過機器學習以及人工智慧來增強分布式分類帳技術能力，並提供更具競爭力契約價格、條款以及資格條件等。坐落於美國賓夕法尼亞州費城（Philadelphia, Pennsylvania）美國防後勤局部隊支持基地（Troop Support），近期亦自此類政府成功案例學習諸多經驗，並持續探索區塊鏈技術相

關應用。

三、問題處理

為了解區塊鏈應用於部隊維持挑戰戰術面向技術涵蓋範疇，美軍方仔細檢查區塊鏈解決方案中，有關運輸過程可見性、數據完整性、積層製造、運作承攬以及後勤估算等相關挑戰，以及相對應發展潛力。諸如：藉由將區塊鏈整合至生產製造每項操作步驟，用以保護並共享整體製造過程數據，包含設計、原型製造、測試及量產等，區塊鏈可為美陸軍提供創新解決方案，以確保將「細微數位特徵」完整整合至積層製造供應鏈，達成資訊共享且又兼具安全保密性。

區塊鏈技術更可進一步支援戰場食品安全以及醫療保健管控挑戰，藉由建構健康數據共享平臺，以提高安全性及供補效率，查詢及追蹤食物供應鏈，以更有效防止各項與食品相關危機問題爆發，並且改善對關鍵品項物資及藥品此類對於溫度敏感產品之妥善追查管控。隨著戰術應用數據管理價值以及風險增加，美陸軍考慮將區塊鏈部署至部隊維持資訊技術架構及其現代化發展運作體系中，由於位處安全環境，後勤區塊鏈具備在任一計畫層級以及各類別補給品皆可進行相關軍事應用潛力。

就戰術層面基礎應用，各級領導者或指揮官得以更自信掌握現有、在途運輸中抑或可申請獲補之資源。而此可為補給人員提供相關物資、零附件、補給品及設備等之即時可見性，並且可以透過智慧契約，提供更高

水準訂單準確性，對預置物資、戰力運補更有信心，以及增進達到作戰成功所需計畫之可見性。至此，需求物資之可追溯性，得以獲得提升強化，並且可以形塑戰場作戰成功態勢。

此外，可於資產配送過程獲悉其他資訊細節，以應用於交貨運輸及庫房屯儲規劃。就高優先性物資而言，應以何種批量或以零散之需求數，進行立即採購之決策問題，亦可藉由配送補給點所回饋資訊而獲知。就戰略觀點而言，則係將通信網路基礎結構、預測預算需求以及資源追蹤分配等各面向整合於後勤運作計畫，俾達成最佳化擬真程度。

四、潛在應用領域

2017年，由於美國遭逢數次連續性天然災害，境內多個地區皆遭受前所未有之嚴重破壞，美聯邦緊急事務管理局（Federal Emergency Management Agency, FEMA）及美陸軍工兵部隊（U.S. Army Corps of Engineers）請求美國防後勤局部隊支持基地提供支援，以協助人道主義援助及救災工作，應對西海岸森林野火及大西洋三場颶風侵襲。

作為美國防後勤局部隊支持基地使命之一，其目標即是在於提供最佳化全球供應鏈解決方案，運用成千上萬份契約來驅動數以百萬計之裝備與設備，以實現及時且全面性政府官方響應。此等工作已然發展出諸多應用實例，以探究區塊鏈技術如何促進供應鏈效能及支援效率有效提升。

例如，前於五級颶風瑪麗亞過境後，美國官方對波多黎各自由邦（The Commonwealth of Puerto Rico）提供超過六千二百萬餘具電力設備之實際案例，儘管其最終係屬成功支援任務，惟經評估檢討整體作業流程，卻仍存在諸多延遲問題、溝通窒礙、運輸成本過高、缺乏全程可見性及人工手動修正作業時間浪費等。

研究顯示，運用區塊鏈進行作業適應及創新之可能性，得以增進需求有效溝通、計畫動態、靈活性、監控第三方交付、運輸時程可見性、適法性以及審計透明度等，可預期降低信息延遲、重複、人事作業、運補時間、物資屯儲及存貨損失等各方面相關成本。透過區塊鏈技術所達到作業效率提升，將提供真實且可衡量之各項物資與資源節約，並提高應用於人道救援任務挽救生命及復原工作整體效率。

五、向前邁進

反觀先前支援颶風應變任務供應鏈案例，針對軍事後勤區塊鏈實務應用所需要進一步開展軍事研究以及進行先導測試發展領域，現今，美國防後勤局部隊支持基地刻正與發展區塊鏈技術之企業及政府專案項目合作，期以獲致更多支援能量。

此項合作提供創新機會，得以為滿足軍事需求之聯邦標準有所貢獻，並且與最新技術發展保持同步。軍事後勤區塊鏈研究發展先導考量因素，需要提升對於數據資料信心程度，降低需求採購溝通窒礙，同步增強運

用數據資料輔助決策成效。美國防部長期部署運用，將極大地增進軍事供應鏈及採購能力，以提升需求與獲得可見度，獲致顯著強化之作戰支援實效。

肆、5G通訊技術—強化未來聯合部隊聯合後勤能量⁷

發展及建構5G基礎設施之國家正與日俱增，期以善用該技術固有快速反應能力以及數據敏捷性。未來，美國防部將持續於5G技術領域挹注大量資源，以確保其後勤基地、全球供應鏈以及聯合部隊系統等，得以部署於安全5G頻譜運作。以下探討5G技術如何與進化升級之實體或虛擬基礎設施架構相互結合，俾利增進美國防部所需得以快速有效運補裝備及物資之作業能力及解決方案，並同時強化其聯合後勤共同作戰圖像（Joint Logistics Common Operating Picture, JLCOP）。

一、5G技術簡介

過去數十年，智慧型手機使用者皆已相當熟悉4G以及4G LTE行動通信技術功能。

^{8、9} 4G之「G」係代表世代（Generation），4G意即「第四代」無線行動通信技術，而自1980年代初期開始，第一代1G問世，透過體積龐大且昂貴手機裝置提供基本語音服務。於其後數十年，行動通信技術快速進步，提供嶄新軟體功能及硬體性能，此類新能量已全然改變人類商業運作模式、通信以及信息存取方式。

2019年，美國威訊通訊公司（Verizon）以及美國電話與電報公司（AT&T）在美國四個主要城市推出5G無線技術，誓以指數級通信速率提升數據傳輸容量、低度延遲數據共享以及巨量數據即時更新等方式，全面革新整體社會運用行動通信技術型態。諸如：5G網路行動設備，將能於三至四秒內完成全長約兩小時電影影片下載，而連接4G LTE行動設備則需要約六分鐘時間，始能完成相同傳輸量之下載工作。

多年以來，工程師持續發展5G技術標準，而5G實務應用發展預計將可於2020年正式跨越初期應用階段。藉由5G技術應用發展，能夠增進對先前難以整合處理之繁雜數據，有效強化數據資料存取及相關統計、

7 Michael Martin, Stacey Kidd, Christopher Landis, “5G Technology: Improved Capabilities Enable Joint Logistics for the Future Joint Force,” U.S. Army, https://www.army.mil/article/234375/5g_technology_improved_capabilities_enable_joint_logistics_for_the_future_joint_force, 4 Aug 2020.

8 4G係指第4代行動通訊技術，要求設定4G服務峰值速度於高速行動之通訊裝置（諸如於火車或汽車上使用）可達100Mb/s以上，於固定或低速行動之裝置（諸如行人或定點連網使用）可達1Gb/s以上。

9 4G LTE可視為第一項近乎全球通行之無線通訊標準，LTE即長期演進技術（Long Term Evolution, LTE），惟其實質上並未達到國際行動電信升級版（LTE-Advanced），並非屬真正4G通訊技術。

分析等運用，此項發展將使美軍武裝部隊後勤支援人員，得以有效提升整體作業效率。5G網路能夠提升未來聯合後勤計畫（Joint Logistics Enterprise, JLEnt）作業能力，並藉由以下三種相互關聯技術發展及應用程度，共同達成此一目標，亦即：物聯網（Internet of Things, IoT）、供應鏈自動化（Supply Chain Automation）以及人工智慧（Artificial Intelligence, AI）等三項關鍵技術。

二、整合物聯網、供應鏈自動化及人工智慧之5G技術能力

物聯網係以實體為對象之網絡系統，透過數位數據資料連接，用以感測、監控企業內部，以及企業與其供應鏈間交互作用，從而達成敏捷性、可見性、追蹤性以及信息共享等功能，藉以促進整體供應鏈流程即時規劃、管控及協調功用。

運用於5G網路運作之物聯網技術，得以支援擴增物聯網設備及其作業負荷，進而同時反映於後勤共同作戰圖像，有效精進聯合後勤計畫。軍事後勤人員得以透過自動化系統及人工智慧科技，進行供應鏈管理，提高整體作業效率。更進一步，運用自動化導引載具（Automated Guided Vehicles, AGV），諸如：於補給基地與倉儲庫房運作之無人機及智慧型堆高機（或揀料機），可同步用以蒐集大量數據資料，並將其提供予人工智慧系統運用，從而在目標庫存軍品低於作業存量閾值時，自動針對補給需求優先項目進行重新排序。基此，後勤補給作業人員能夠善用此

類數據，對於所需目標供應品項、需求數量以及供補位置等，進行預測分析及後續供補規劃。

三、庫儲存貨管理

想像自生產工廠廠區出發並延伸至戰場前線，建構一段具有持續性與即時可見性補給物資配送供應鏈；若將物聯網與5G技術結合使用，即可實現此一目標。5G技術由於具備更大頻寬，可於每平方公里範圍內容納多達一百萬具感測器，且其速度至少係其他任何可用設備十倍以上。採用具有多年電池效期之小型電子標籤，黏貼於軍用存貨系統管控軍品，即可與雲端追蹤系統進行雙向通訊。藉此，後勤作業人員可以隨時查詢系統，以確定各項軍品即時位置，是故，運用物聯網系統，將減少數據資料蒐集與提供決策所需時間，使供應鏈能夠因應現況變化，以進行即時反應，進而達成前所未有之存貨管理敏捷性，以及庫儲作業應變能力。

四、供應鏈自動化

供應鏈可區分為三項主要部分，首先係位於配送中心內部，屯儲基準配賦數量之存貨；其二，則係補給品於配送中心內部之調節與調撥作業流，包含處於車輛載運補給點間往返行程；最後，則係將補給品自配送中心補給點運補至最終用戶端。而導入5G技術、物聯網以及人工智慧系統，將能夠使此三項供應鏈作業領域咸皆受益。

對於配送中心屯儲補給品而言，將5G技術與自動化導引載具結合使用，可透過電

子標籤掃描，並持續維護雲端數據資料庫，以實現快速而準確之存貨管理。而配備人工智慧自動化導引載具，能夠自動依據庫房結構、儲區配置或庫管人員指示，執行移動作業路線規劃，以最短需求行駛路徑達成最大化作業效率，並同時自動更新存貨數據資料庫，維持帳料相符最新狀態。

全球零售商巨頭沃爾瑪公司(Walmart)為自動化導引載具應用於庫儲存貨管理優勢，具體展現極佳實例。沃爾瑪公司每年均調動大量庫存貨品，以屯儲約七千五百萬種不同產品，並在全球各地支援約一萬一千三百餘家零售商店需求。昔日，沃爾瑪公司投資應用於存貨管理尖端技術研究，亦相應成就其今日成功企業版圖。自2016年起，沃爾瑪公司即為其庫儲作業研發無人機載具，此類營運系統皆係專為執行配送中心內部存貨檢點作業而設計，當面臨庫存數量不足或貨品未即時運抵預先指定屯儲位置時，即進行全面掃描檢點，並自動產出統計結果報告。展望未來，全面運用具備5G技術支援之自動化導引載具，將極可能成為未來發展常態，並且為大型配送中心提供至高效率及準確性。

此外，當需要妥適整合物聯網、供應鏈自動化以及人工智慧技術時，則5G技術將能夠實現即時(Just In Time, JIT)後勤規劃，於該系統中，後勤作業人員得以於降低庫儲存量之同時，仍然可將需求波動狀況納入存貨考量。能夠即時追蹤、更新存貨數量能力，將使配送中心能夠更有效管理庫儲存

量。因此，得以減少倉儲庫房為彌補聯合後勤共同作戰圖像缺口，而預留賸餘庫存需求項量情況，此種結構所展現即時後勤管理成效，將得以於全球各地最大化有效降低昂貴預算開銷。

然而，一旦庫存補給品離開配送中心，在其運輸過程中亦可藉由相同電子標籤進行即時位置更新。的確，軍事後勤供應鏈可能延伸相當遠程路徑距離，故取得有關何時得以獲補所需零附件或補給品之可靠接收資訊，則更顯至關重要。存取美國防部信息網絡此類後勤追蹤系統，將使運輸配送單位以及最終用戶可以於運送途中有效掌握需求供補進度，更準確預測何時可接收其申請物資，並且能夠先期進行後續計畫整備作業。

當前，於軍事存貨系統中，諸多補給物資均附帶條碼(Barcodes)，作業人員可以手動掃描條碼方式，追蹤物資所在位置，然而，該追蹤數據點僅在執行掃描當下始屬於最新狀態，惟若能夠整合物聯網概念以及善用5G技術連通性，則得以達成如前述即時自動連續追蹤實效。

以地中海航運公司(Mediterranean Shipping Company, MSC)實務應用為例，其於2018年即洞悉物聯網潛力，並為該公司約五萬具運輸貨櫃配備物聯網設備。如今，不僅能夠於貨物裝運完整過程中，即時掌握貨櫃所在位置，更能追蹤、查詢貨櫃艙門曾於何時、何地被開啟或關閉，進而得以提供裝載貨物真實狀態以及掌握其儲運物資安全

性。為維持其海上運輸過程數據資訊與通訊連通性，地中海航運公司更於其運輸船隻裝設基地站臺，用以中繼物聯網設備與信號，以及離線伺服器間通信功能。相較於未配備物聯網系統之其它公司，前揭貨物狀態追蹤以及數據資料蒐集功能，已為地中海航運公司大幅提升更多且更強大競爭優勢。

將物聯網系統部署於美全體軍事部門，可實現整合性聯合倉儲，無論任務性質為何，皆得以透過地點最便利、最適宜之配送中心，將使用單位申請之供補需求完成整備，並且運抵需求地點，有效提高整體物資供補速度。

上述供應鏈自動化功能，能夠藉由現有4G技術、Wi-Fi以及整合有線網路實務應用者，著實相當有限。美軍後勤支援機構（Logistics Support Activity, LOGSA）估計，一旦人工智慧能夠有效運作，每年將可節省超逾一億美元操作成本。5G技術已成功克服既有4G於通訊連接密度或數據傳輸延遲之限制條件，及其於Wi-Fi實務應用轉換互操作性挑戰，更遑論有線網路移動限制；換言之，5G技術無疑是未來自動化軍事後勤關鍵成功因素。

五、聯合後勤計畫人工智慧

美國防部將人工智慧定義為：「由機器執行該類通常需要人類智慧始能遂行工作之能力，諸如：態樣模式識別、經驗學習、歸納結論、執行預測或採取行動方案等，無論其係以數位化操作，抑或依據自主實體系統背

後之智慧軟體來執行。」

部分專家稱人工智慧係「下一次工業革命」，於2018年末，美國防部即已建立「聯合人工智慧中心（Joint Artificial Intelligence Center, JAIC）」，並以「加速實現人工智慧能力，擴大人工智慧技術於整體國防部門範圍之影響力，並同步化美國防部各項人工智慧活動，以增強聯合部隊作戰優勢」作為其目標宗旨。

藉由在供應鏈管理系統應用人工智慧以精進聯合後勤計畫，可帶來具備高成本效益與高時間效率之再整補作業，以及聯合部隊後勤維持任務。2017年，美軍後勤支援機構與國際商業機器公司（International Business Machines, IBM）共同攜手合作，將人工智慧應用於分析維修零件運輸需求，依據其後勤支援機構估算效益分析結果顯示，若能全面施行人工智慧演算法，則每年將可節省超逾一億美元以上之操作成本。

為使人工智慧正常運作，其需要極為大量相關數據資料，此時，即可運用5G技術網路，協助達成高速數據傳輸量，此乃係不斷增長之連網設備（包含：行動通訊電話、預計至2020年時數量將達二百億之物聯網設備，以及自動化導引載具等）用以中繼大量數據所必需者。人工智慧技術即於此實現從大量數據資料中，進行機器學習及統計、決策分析之高效可行方案。

於聯合後勤計畫系統中，對人工智慧持續投資發展並且整合5G技術與物聯網，將可

有效提升以下作業效能：

- (一) 強化數據資料分析效率。
- (二) 建構供補及維持需求預測。
- (三) 有效減縮決策週期。
- (四) 提高作戰環境狀態覺知。

六、作業風險評估

運用5G技術支援軍事後勤作業前，指揮官應考慮固有風險因子，其中包含對於資訊通信及軍事資產偵(檢)測，通信數據資料完整性與機密性，以及5G無線射頻(Radio Frequency)頻譜持續可用性等。

(一) 電信設備風險

中國大陸電信公司華為(Huawei)極可能與中國政府建立協議並獲得其資金補助；因此，華為系統可能內建虛擬後門程式，使中國政府得將其應用於間諜目的，或於必要時刻影響電信通訊服務。美軍很可能必須於由中國大陸建立5G網路地域行動或進行作戰任務，然此絕非美軍武裝部隊內部避免使用5G技術之理由，而係應置重點於考慮作戰環境狀態，以及設法降低操作風險。

(二) 檢(偵)測風險

凡屬運作中無線射頻發射器所發送信號，無論有無特定意圖接收者均可接收之；亦即本質上，任何接收機均可收聽有效範圍內任何發射信號。於人口稠密地區，5G設備密度相對較高，是故在此地區之軍事後勤設備並不會顯得異常突出；然而，若是驟然出現於偏遠地區或設備密度稀疏之5G集群設備信號，則極可能會引起注意。在非友好或敵對區

域中操作時，指揮官對於任何具有發送數據資料功能之設備，則應具有可選擇執行切換為「禁止發送」狀態操控權，以確保整體任務安全性。

(三) 數據保密性及完整性

鑑於許多5G網路設備常來自隱含可疑動機之機構，尤以疑似與外國政府祕密聯繫或由其提供資金補助者為甚，因此數據保密性亦可能成為一項潛在風險，但慶幸的是，對數據進行加密其實相對容易。建立數據完整性，一如於容器外部加設防拆密封條，若能確實掌控傳輸數據完整性，則接收者即可識別出發送者發送數據資料是否遭受變更，如信號遭駭客入侵或數據損壞，則數據資料將無法通過完整性檢查，且接收設備應要求其重新進行傳輸；惟若重新傳輸數據資料，仍未通過完整性檢查，則該次傳輸將被拒絕。管控此類漏洞有效方案，主要取決於工程設計端，必須先期提升安全性與精進管控作法，此即美國防部辦理5G技術設備採購契約時，所要求完整規範項目之一。

(四) 頻譜可用性

採用5G技術所面臨重大障礙，即係將此項新興基礎架構需求，於原分配予5G通信無線射頻頻譜中進行運作，惟若電信公司設立新建5G技術網路基礎架構，則可克服此項障礙；同時，於任何缺乏5G技術信號覆蓋地域(包含：海上、空中、或存在拒止服務及嚴重敵情風險之處)，美國防部均可建立軍事操作5G中介基地站臺，將信號轉換為另一種軍

事通信介質，以進行各類傳輸作業，例如：衛星通訊信號等。

七、美政府與5G關係發展

令人鼓舞的是，美國政府持續在嘗試編立政府官方機構，並與私營企業建立友好夥伴關係，以支持未來5G技術、人工智慧及自動化系統發展。新興美陸軍未來司令部 (U.S. Army Futures Command, AFC) 已與卡內基·梅隆大學 (Carnegie Mellon University) 共同合作，¹⁰進行人工智慧與機器人技術研發應用。美國防先進研究計畫局 (U.S. Defense Advanced Research Projects Agency) 藉由其對「人工智慧—下一場戰役 (AI-Next Campaign)」以及「國防創新部門 (Defense Innovation Unit)」高達20億美元投資預算，將繼續於研究發展領域推展創新性工作與未來。

當前美國政府與國會咸已表明，其兩黨均支持在美國實施5G技術，並已於2019年推出23項立法法案，均係特定針對5G技術應用之相關條款。

美國國防創新委員會 (Defense Innovation Board) 於2019年4月發布報告，詳細介紹5G技術擬議可行方案及其後相關機會、威脅及戰略決策點，於投資5G基礎設施及設備前，美國防部必須先行選擇，未來將使用現有兩組5G技術頻段中何組頻段，而

此決策亦將直接影響部署操作成本、5G技術可運作時間以及美國標準與全球標準之共通性，而為推動美國防部可行5G技術基礎設施及網路部署，適切與私營企業及競爭對手共同合作發展，亦將係必要作法。

八、小結

藉由強化庫儲存貨控制、重新訂購、供補與維持需求分析、自動化倉儲以及聯合部隊再整補等運行模式，美國防部實施5G技術將可大幅增進其全球聯合後勤計畫應變能力、準確性、靈活性以及經濟性，此收益遠超逾5G技術侷限性。如同其它任何新興科技技術，5G技術確實存在一定程度風險，然而若先期於設計網路架構、硬體以及設備時，即予以納入考量並適當管控潛存風險因子，則可有效降低整體曝險及衝擊程度。美國防部應當持續與其它政府機構及私營企業共同努力，為5G技術推展具體可行未來之路，而擴展運用於全球兵力投射，此即其可為美國提供聯合後勤計畫作戰優勢。

伍、結論

面對高科技現代化戰力，以及多領域、不對稱作戰等新興戰術戰法，後勤部隊務須開展新一代作戰後勤思維，當今大數據、雲

10 Carnegie Mellon University, 簡稱CMU, 位於美國賓夕法尼亞州研究型私立大學, 擁有來自全球114國家1萬3千餘名學生。於2018年泰晤士高等教育世界大學排名第20位, 其中, 計算機科學於USNews排行全美第一位, 並擁有世界頂尖機器人學專案, 係全球最早建立計算機學院之一。

端運算、供應鏈等，咸已不再屬於新興議題，而「部隊維持」向來係軍事武力最龐大需求領域範疇，運用科技技術，以更高效率後勤規劃與執行力，成就更敏捷、更迅速後勤支援能量，並且發揮資訊力，以自動化進行各種分析運算、資料處理以及輔助決策作為，將係我陸軍現代化及後勤數位建軍關鍵成功因素。

「兵馬未動，糧草先行」，後勤部隊達成「預測性後勤」目標，即能預先解決部隊維持後勤缺口，將維持物資、技術能量等重點要項敏捷部署就緒，有效支援作戰武力需求，我陸軍隨著新興兵力陸續成軍，加乘原有主戰裝備後續維持各項後勤需求獲得及供補作業，得導入區塊鏈技術以提升整體後勤供應鏈效能與效率，提供計畫性需求自動化優先籌補，而補給、保修、運輸、彈藥等專業領域既有數據資料庫，運用大數據分析觀點結合資料統合共享，可發掘因應時間（期）或任務（事件）性存貨流量潛藏特徵，更可達成非計畫性需求資源即時可見性及物資供補預測性，且以區塊鏈技術應用條件，同時確保軍事數據安全性，將能先期識別並及時解決部隊維持需求流量瓶頸點，抑或藉數據計算得以預期供補延遲狀況，具體強化部隊維持需求網絡所需後勤能量及可用資源。

盱衡先進國家運用物聯網技術發展軍事後勤領域應用實務，參酌總部位於美國華盛

頓特區之智庫「戰略暨國際研究中心（Center for Strategic and International Studies, CSIS）」研究報告顯示，¹¹物聯網於軍事領域應用實務包含：後勤運用、自動系統、人機介面、戰場覺知、武器提升及設施管理等，亦將係我國軍現代化科技強軍及未來提升整體戰之力之戰略發展重點之一。

高性能計算優勢能力以更加全面性、前置化分析能力，輔助艱難工作智慧型決策，進而昇華軍事後勤區塊鏈之供應鏈能力，同步發揮人工智慧最佳效益，更整體強化作戰後勤支援效能與效率。最終，得以將總體資料數據統籌整合運用之5G技術，提供物聯網與供應鏈自動化整合所需各項即時、多元系統及資料安全能力，以跨世代之姿，擢升後勤戰略應用實務，強化聯合作戰整體後勤支援能量。

作者簡介

朱凱麟少校，中正理工學院兵器系94年班，國防管理學院後勤管理正規班99年班，運籌管理碩士班102年班，飛訓部航空補保軍官班104年班，現任陸軍航空基地勤務廠航材補給庫庫長。

11 Denise E. Zheng and William A. Carter, *Leveraging the Internet of Things for a More Efficient and Effective Military*. (Washington: Center for Strategic and International Studies, Sep 2015).