



● 作者/Benjamin Scott ● 譯者/李永悌 ● 審者/馬浩翔

美陸軍師級部隊的無人機反制演習

Army Counter-UAS 2021–2028

取材/2021年3-4月美國軍事評論雙月刊(*Military Review*, March–April/2021)

美陸軍第25步兵師無人機反制演習，從師層級探討無人機攻擊與反制之運用，同時以美陸軍現有準則內容輔助說明。本文亦探討無人機與聯合地空整合中心相互配合之情形。

2020年10月，美陸軍第25步兵師第2旅級戰鬥部隊官兵於路易斯安那州波克堡(Fort Polk, Louisiana)的聯合戰備訓練中心(Joint Readiness Training Center)進行戰士特遣部隊(Task Force Warrior)決定性行動訓練環境輪調(Decisive Action Training Environment Rotation)訓練期間，以導能系統接戰一具低空、慢速的小型敵無人機(Unmanned Aircraft, UA)。此類武器系統旨在阻斷無人機控制單位與無人機之間的聯繫，或制壓已標定的無人機。(Source: US Army)

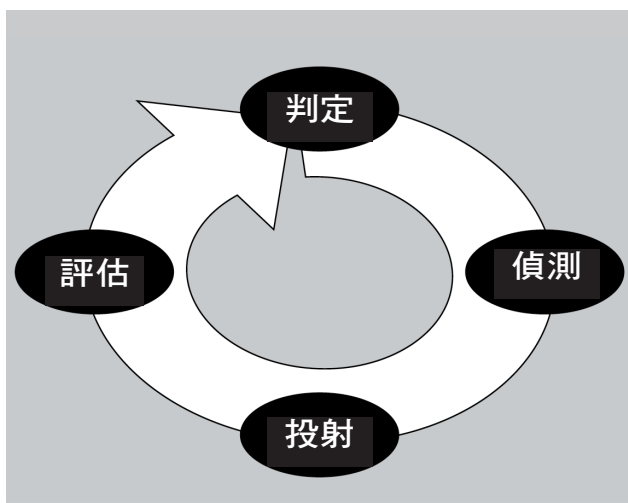




「殲滅來犯之敵」(Kill what is killing us)這句格言說明了美陸軍第25步兵師(25th Infantry Division, 25ID)續密與動態目標標定的優先要務。在進行為期六日的模擬作戰後，歷經偵搜作戰、進攻乃至周密防禦，敵火箭與火炮部隊仍持續攻擊第25步兵師。敵無人機系統(Unmanned Aircraft Systems, UAS)與徒步的特種部隊(Special-Purpose Forces, SPF)遍布該師作戰區(Area of Operations, AO)，提供精確目標標定資料予敵聯合火力司令部(Integrated Fires Command)運用。儘管該師指派的戰鬥兵力已成功標定、攻擊與殲滅敵特種部隊觀測員，卻仍持續遭到敵軍指揮官以同樣模式，運用為數眾多的無人機系統辨識該師的高價值目標，再以集中間接火力接戰該師部隊。位於師指揮所的防空與空域管理(Air Defense and Airspace Management, ADAM)小組宣佈：「戰術作戰中心(Tactical Operations Center, TOC)注意，敵無人機系統已搜索獅子目標(Objective

ive Lions)東北方，並正監視第4步兵師第3旅。」數分鐘後，友軍裝甲旅級戰鬥部隊(Brigade Combat Team, BCT)遭敵火炮集火攻擊的報告開始湧入。後續傷亡報告顯示我方損失慘重且戰力降低，於是該師進行反擊，並指派定翼機對抗這些美軍部隊所面對的最新威脅。從敵人一致且有效攻擊高價值目標之清單觀之，足證敵具備有效削弱該師戰鬥力的能力，主要受到其接戰意願所限制。第25步兵師承受間接火力的戰損集中在主戰車、火力支援與目標獲得系統，以及尚未起飛的旋翼機；敵人經常冒著展現與暴露間接火力系統的風險，儘可能獲取最大戰果。敵軍摧毀該師戰鬥力之速度快於該師產生戰鬥力。儘管該師已認識到必須制壓或削弱敵軍能力，才能以間接火力有效支援友軍部隊，但卻仍無法有效發揚戰力。該師已判定目標，惟其偵測目標、投射火力與進行評估等作為成效不彰。該師必須先瞭解失敗之因與缺失補救之道，才能接續遂行作戰。美陸軍第25步兵師並未立即成功擊潰敵無人機系統；為解決敵無人機系統問題，師參謀部必須正確找出敵火力與目標獲得系統的重心，組成專業無人機系統反制特遣部隊，達成當前作戰整合小組(Current Operations Integration Cell, COIC)各戰鬥職掌間具有共識，並整合所有目標標定流程，如此方可成功抵禦敵無人機系統的威脅。

表一 判定、偵測、投射、評估法則週期



(Source: Army Techniques Publication 3-60, Targeting)

陸軍第25步兵師於戰士20-03演習的無人機系統反制作為

戰士20-03演習(Warfighter Exercise, WFX)是25年來美陸軍軍團首度奉命在戰士演習期間進

行周密防禦的開端。和以往多次戰士演習相同的是，此次由兩個美陸軍師組成第1軍(I Corps)，在類似朝鮮半島的地形進行攻勢作戰以擊敗勢均力敵的威脅。美陸軍第25步兵師和加州陸軍國民兵(California Army National Guard)第40步兵師於2020年2月4日展開攻勢作戰。在兩次成功進行師渡河行動並攻佔初期行軍目標之後，美陸軍第1軍命令此二師固守重要地形並建立周密防禦以抵禦敵軍逆襲。此二師必須在72小時內建構陣地安全、發展接戰區、擊退敵軍出擊並且備便進行防禦。

為使防禦作為奏效，第25步兵師優先進行安全作戰與掌握內線。敵軍對美軍部隊進行致命、經常性與長期間接火力攻擊，迫使該師與軍將重要武器裝備集中用於制壓對友軍部隊進行集火攻擊的敵方間接火力部隊。在該軍標定敵攻擊部隊後，第25步兵師專心殲滅敵軍觀察員，進而提供所屬各旅發展接戰區與備便作戰的時間與空間。該師命所屬各旅標定並殲滅接戰區內的敵特種部隊，同時師參謀部標定敵無人機系統地面管制站(Ground Control Stations, GCS)。師參謀部透過重心分析找出敵無人機系統地面管制站；此係使敵間接火力系統體系奏效的重要能力。敵無人機系統地面管制站可指揮多架戰術及作戰無人機系統，同時敵聯合火力司令部能識別與標定友軍部隊。第25步兵師長賈拉德少將於2月11日召開師目標判定委員會時提到：「標定與摧毀敵軍無人機系統地面管制站，是本師未來24小時的首要任務。」該師在瞭解指揮官意圖後，旋即開始有系統地殲滅師作戰區內所有敵觀察員及無人機系

統地面管制站。

師參謀部於師作戰與目標標定過程中，詳細分析敵無人機系統地面管制站。該師運用美陸軍的目標標定法則(見表一)，將敵地面管制站識別為首要高價值目標，¹ 透過結合建制內目標蒐集武器裝備與師以上建制單位(Echelons Above Division)支援完成目標偵測。最常見的是縝密規劃並靈活執行的通信與電子戰(Electronic Warfare, EW)支援運用計畫。到了作戰第三日，敵無人機發射與回收場所大多位在火力支援協調線(Fire Support Coordination Line, FSCL)與師建制火力投射武器裝備的射程之外；這些目標已提報給軍，由師以上建制單位進行攻擊。一旦能力許可並且有機會，即接戰這些無人機系統(約有11架系統由刺針[Stinger]或復仇者[Avenger]飛彈接戰並予以摧毀)，惟經證實發現，此類泰半為消極反應的活動效能有限，且往往無法預防敵無人機系統後續所帶來的集中火力攻擊。敵軍擁有數量充足的空中系統可吸收這些損失，並持續出動無人機系統。地面管制站是敵無人機系統體系的死穴，而以更廣泛的角度觀之，更是敵火力支援與目標獲得機制的重大弱點。在動態目標標定程序中，聯合空地整合小組(Joint Air-Ground Integration Cell, JAGIC)自電子戰、信號情報(Signals Intelligence, SIGINT)、其他電子情報(Electronic Intelligence, ELINT)及其他信跡(Signature)獲得作戰資訊，並靈活投射致命火力或重新指定現有目標蒐集武器裝備尋找目標的任務。該師業已並持續運用諸般手段摧毀與制壓敵偵測器，惟此舉並未使師的攻擊武器發揮最大功效；該師並未達成於其建制位



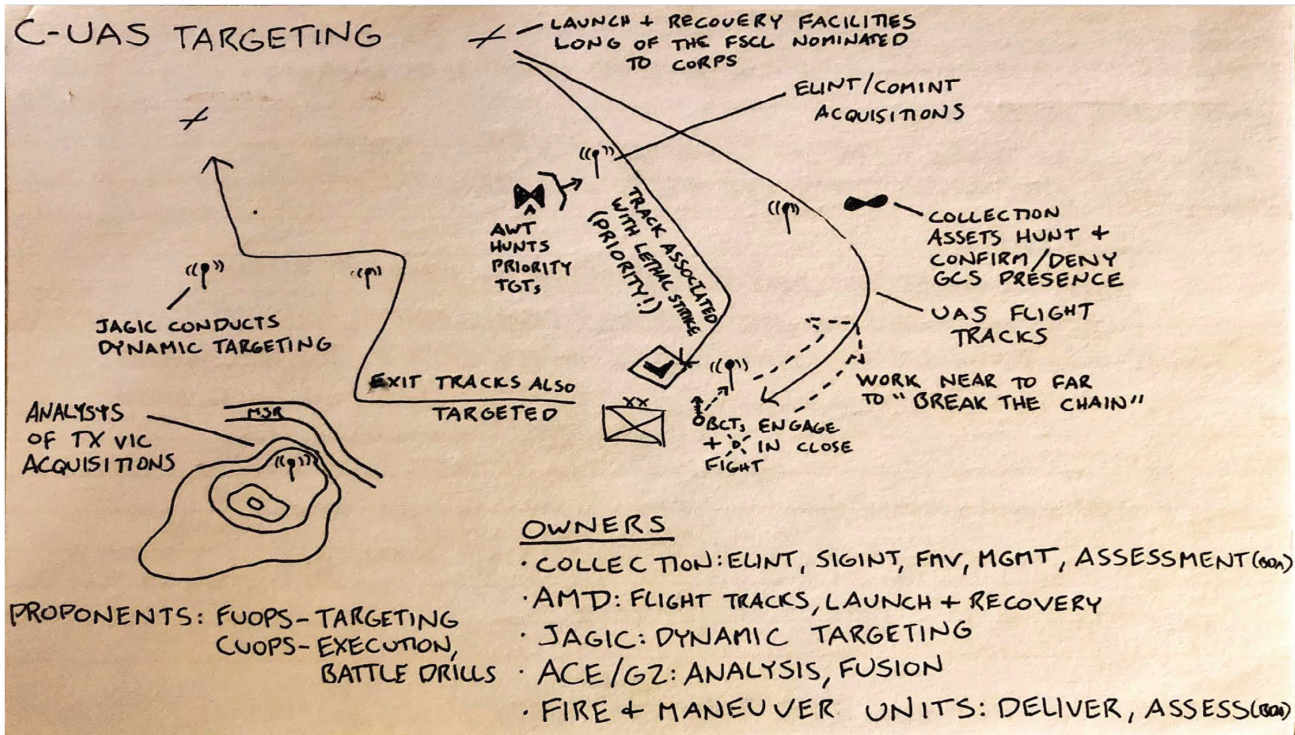
階自我要求的戰術成果。為提升效能並削弱敵能力，第25步兵師副師長路德(Josh Rudd)准將編成了地面管制站特遣部隊(Task Force Ground Control Station)，藉以獲致更有利戰果並摧毀該師的首要高價值目標。該特遣部隊隨後發展出可強化共識並增強與參謀部協同作業的視覺模型(見表二)。

美陸軍第25步兵師地面控制站標定程序的關鍵要素包括：共同理解與及時、有效的通信。簡言之，必須改善整個判定、偵測、投射、評估週期的整合，才能成功摧毀敵地面管制站。包括防空與空域管理小組、當前情報作戰小組與聯合空地整合小組等，各式系統背後的作業人員，都是該師盡全力發揚攻擊火力時不可或缺的重要環節。路德召集了無人機系統反制程序與職掌的攻擊組(Owners)與計畫組(Proponents)人員並對其進行說明。該師已執行視覺模型中描述的各階段，惟在攻擊組與計畫組間欠缺重要聯繫，導致雙方在建立共同理解時產生不必要延誤。重要聯繫的欠缺係因當前作戰整合小組各戰鬥部門間無法彼此理解與整合。例如，防空與空域管理小組運用哨兵雷達(Sentinel Radar)辨識敵無人機系統，在目標獲得時即開始追蹤該無人機及其飛行路徑，接著摧毀無人機系統或(較常見的)追蹤無人機，直至其超出感測器偵測距離為止。此時，防空與空域管理小組的防空與飛彈防禦工作站(Air and Missile Defense Workstation, AMDWS)作業人員，會發布師作戰區內的敵無人機系統活動，並由負責之防空與飛彈防禦官於師作戰節奏活動上提供相關資訊並進行研析。該師並未做到立即在防

空與飛彈防禦工作站作業人員，以及當前作戰情報與火力小組間建立通信，其中包括未能以語音通信的方式，在彼此距離不到20呎的聯合空地整合小組和當前作戰整合小組人員間傳遞此類資訊。此種未能達成共同理解的情形，部分係肇因自防空與飛彈防禦工作站無法與師總指揮所內的諸多其他系統做到無縫整合；更重要的也是該師擁有與掌控的部分，亦即師參謀部無法瞭解各戰鬥職掌之整合情形，未能將資訊傳遞至有需求的部門，並且未向持有資訊者申請資訊給有資訊需求的部門。情報、火力、防護、行動與機動等戰鬥部門之間整合不良，係因：首先，幹部未於使用者層級進行戰鬥演練的教育、演練或監督、再者，戰鬥演練未能提供及時、必要資訊給所有從事地面管制站反制行動的攻擊小組。若能有效進行戰鬥演練，就能提供偵測目標與投射火力所需之即時資訊。結合當前作戰整合小組與聯合空地整合小組，加上專司對付師長首要目標的火力武器裝備，亦可提升效能。

防空與飛彈防禦工作站作業人員目標獲得與飛行航跡無法整合的例子，並不只是唯一疏漏的環節，更點出了更大趨勢。有時通信情報未能在目標遠離消失前有效轉發；而在其他情況下，飛行航跡與敵無人機系統特性之識別資料，並未適時提示在可標定目標的目標蒐集區內蒐集諸如有關上、下傳鏈路頻率的目標資料。此外，由於有其他優先任務，而未能及時對目標遂行攻擊。最後，該師有時因缺乏射程資料、火力投射武器裝備或適時跨界協調，而無法對已知發射源投射火力。師參謀部在攻擊組與計畫組間建立並共享視覺

表二 在戰士20-03演習期間，美陸軍第25步兵師無人機系統反制目標標定作為視覺模型



C-UAS Targeting無人機系統反制目標標定

Launch and Recovery Facilities發射與回收設施

Long of the Fuel Nominated to Corps在火力支援協調線由遠端人員提報回軍

Elint/Comint Acquisitions電子情報/通信情報獲得

AWT Hunts Priority TGTs攻擊武器小組提示優先目標

Track Associated with Lethal Strike (Priority)與致命打擊有關的目標追蹤(優先處理)

Collection Assets Hunt + Confirm/Deny GCS Presence目標蒐集武器裝備獵殺，確認/拒止地面管制站存在

UAS Flight Tracks無人機系統飛行航跡

Jagic Conducts Dynamic Targeting聯合空地整合小組進行動態目標標定

Exit Tracks Also Targeted亦標定遠離的目標

BCT, Engage in close Flight旅級戰鬥部隊進行近戰

Work Near to Far to “Break the Chain”由近到遠「破壞飛行鏈路」

Proponents計畫組

FUOPS-Targeting未來行動—目標標定

CUOPS-Execution, Battle Drills 當前行動—執行、作戰演練

Owners 攻擊組

Collecton: ELINT, SIGINT, FOV, MGMT, ASSESSMENT

目標蒐集：電子情報、信號情報、全動作視訊、管理、評估(戰損評估)

AMD: Flight Tracks, Launch+Recovery防空與飛彈防禦：飛行路徑、發射與回收

JAGIC: Dynamic Targeting聯合空地整合小組：動態目標標定

ACE/G2: Analysis, Fusion分析與管制部隊/地面零點：分析、整合

Fire + Maneuver Units: Deliver, Assess火力及機動部隊：火力投射、評估(戰損評估)

ACE	分析與管制部隊	ELINT	電子情報	MSR	主補給路線
AWT	攻擊武器小組	FMV	全動作視訊	SIGINT	信號情報
BCT	旅級戰鬥部隊	FSCL	火力支援協調線	TGT	目標
BDA	戰損評估	FUOPS	未來行動	TX	地形
COMINT	通信情報	GCS	地面控制站	UAS	無人機系統
C-UAS	無人機系統反制	JAGIC	聯合空地整合小組	VIC	周邊地區
CUOPS	當前行動				



2020年1月30日，美國加州欧文堡(Fort Irwin, California)輪訓部隊臨時營區(Rotational Unit Bivouac Area)的無人機展示會(Drone Demonstration)展示了三種不同的3D列印酬載。各個酬載皆能滿足再訓練環境下的不同功能：最左側類似大口徑火炮打擊，中間者可用來模擬化學攻擊，最右側則是地雷複製品。(Source: US Army/ Gower Liu)

模型，藉以對各參謀部門與作業人員層級傳遞無人機系統與反制流程的資訊。第25步兵師作戰區內有12處無人機系統地面管制站，當時已摧毀其中十處，而接下來24小時將摧毀師作戰區內剩餘管制站。該師仍受到由火力支援協調線之外管制，以及某些在師作戰區附近

的無人機系統威脅。儘管該師最終能盡全力展開攻擊，但其與美陸軍現在須擁有更強大的攻擊力。

當前作戰

無論是國家或非國家行為者，或多或少都能取得當前競爭與威脅能力，惟其數量普遍與日俱

增；此外，美軍在當前與未來戰場持續的競爭與武裝衝突過程中，將面對敵無人機系統。² 最後，朝向更有效、經濟與普及的無人機系統反制能力發展趨勢，及為反制此類威脅而增加的成本，將會繼續增加甚至有可能加速擴大。³ 美陸軍現有的能力與準則，特別是陸軍技術

刊物(Army Techniques Publication) 3-01.81中提到的無人機系統反制技術，並不足以滿足當前與未來戰場的需求。⁴ 美陸軍無人機系統反制準則提到了目前在物資與組織方面的限制，特別是在旅及旅級以下建制單位。ATP 3-01.81主要詳述配置有限度主動防禦的被動防空措施，包括刺針飛彈與對士兵目視或聽見的無人機系統進行直接射擊。

美陸軍將無人機系統區分為

五類；因此可依其重要特性討論不同類型的無人機系統(見表三)。⁵ 第三至五類無人機系統包含美陸軍分類的「低空、慢速、小型系統」，惟各類之間差異頗大，且第三類依特性與能力而有許多不同的機型。第四及第五類各為持久型與突穿型無人機系統，重量皆超過1,320磅。就目標標定之目的而言，分門別類有利於對總部及各建制單位說明與指派其所負責之某類型無人機系統。這種責任劃

分對無人機系統反制的有效作為可謂至關重要。

在遂行無人機系統反制作戰時，各建制單位必須提供時間、空間與目的一致性的資料。而達成此種一致性與效能的第一步，就是定義出各建制單位所負責之「作戰」。本文作者對師級以上建制單位的經驗僅限於對軍提報目標，以及軍與軍級以上部隊針對軍深入區內、外提供的支援。本文提出師級以上建制單位的支援需求與所欲

表三 按無人機系統技術區分出低空、低速以及小型無人機系統

第一類 微型 / 小型無人機系統	重 20 磅以下，通常在高於地平面 (Above Ground Level, AGL)1,200 呎以內空域作業，速率低於 100 節。	此類系統一般為手持施放，包括業餘愛好者偏好之無人機系統。可提供即時影像與控制，並具備搭載小型酬載的能力。於使用者視線範圍內運作。
第二類 小型戰術無人機系統	重 21 至 55 磅，通常在高於地平面 3,500 呎以內空域作業，速率低於 250 節。	小型機身，低雷達橫截面，並提供中等航程與續航力。必須以地面控制站於視線範圍內操作。
第三類 戰術無人機系統	重 55 磅以上，但低於 1,320 磅，通常在平均海平面 (Mean Sea Level, MSL)1 萬 8,000 呎以內空域作業，速率低於 250 節。	不同載臺之間的航程與續航力差異甚鉅。較第一及二類需要規模更大之後勤軍事設施。
第四類 持久型無人機系統	重 1,320 磅以上，通常在平均海平面 1 萬 8,000 呎以內空域以任何速率作業。	此為相當大型的系統，於中空至高空作業。此類具備延伸航程與耐久飛行能力 (可能需要供施放與回收的跑道)。
第五類 突穿型無人機系統	重 1,320 磅以上，通常在平均海平面 1 萬 8,000 呎以上空域以任何速率作業。	於中空至高空作業，具有最大的航程、續航力與空速。需要類似有人駕駛飛機的大型後勤軍事設施。

(Source: Army Techniques Publication 3-01.81, Counter-Unmanned Aircraft System Techniques)



效果，惟並未就軍、軍級以上建制單位或聯合部隊的深入作戰提出說明。軍與更高層級建制單位負責對火力支援協調線以外的第三、四、五類無人機系統進行攻勢與守勢防空作戰。軍與更高層級建制單位必須針對發射與回收場所、在地面或飛行中的無人機系統、地面管制站以及相關支援武器裝備進行目標蒐集與火力投射。在理想狀況下，聯軍空中部隊指揮部、聯盟/聯合部隊地面部隊指揮部與軍，將具體說明與協調各級建制單位達成分層目標蒐集、火力投射與評估等作為。於火力支援協調線外的軍與更高層級建制單位所要求的主要效果，為摧毀(或至少削弱與破壞)有能力影響師且位在師建制或支援系統影響能力範圍以外的敵軍能力。此一最小標準包括：於火力支援協調線近端提供支援或能力，使師與下級建制單位能打贏各自負責的「作戰」；此類支援活動通常包含投入諸如復仇者(Avenger)飛彈支援與多管火箭發射系統式增程彈藥等防空武器裝備，或運用定翼機提供支援。

美陸軍第25步兵師負責對整個師作戰區內第三至五類的無人機系統進行攻勢與守勢防空作戰。該師通常擁有目標蒐集與火力投射武器裝備，在更高層級建制單位支援的目標蒐集武器裝備提示下，可進行最有效運用。在目標蒐集方面，該師的主要武器裝備包括灰鷹(Gray Eagle)無人機系統、AH-64阿帕契(Apache)直升機、黑影(Shadow)無人機系統以及防空雷達。電子戰支援酬載可增進該師的搜索敵無人機系統地面管制站與其他發射源之效能。防空雷達可在敵方偵測與標定友軍部隊以前，提供該師第三至五類敵無人

機系統的遠距偵測資料。該師的戰鬥航空旅與建制155公釐榴彈砲(包括可延展射程的火箭增程彈頭)為其主要建制火力投射武器裝備。最後，該師的建制目標蒐集能力有限，火力投射能力限制在建制火力的最大射程約30公里(155公釐高爆火箭增程砲)；該師對多建制單位無人機系統反制戰法的重大貢獻在其參謀部。在對第三至五類無人機系統地面控制站進行穩固周密與動態目標標定程序中，師是最低階建制單位。當前作戰整合小組負責整合當前作戰行動。在當前作戰整合小組中，情報的蒐集、分析與運用將配合該師聯合空地整合小組的動態目標標定，以及該師目標標定工作小組和委員會的周密目標標定，俾利

■ 提報軍深入區內超出該師能力與責任區的目標，

■ 申請與協調目標蒐集與火力投射武器裝備，俾於軍深入區內標定師能力範圍以外、責任區以內的敵系統，

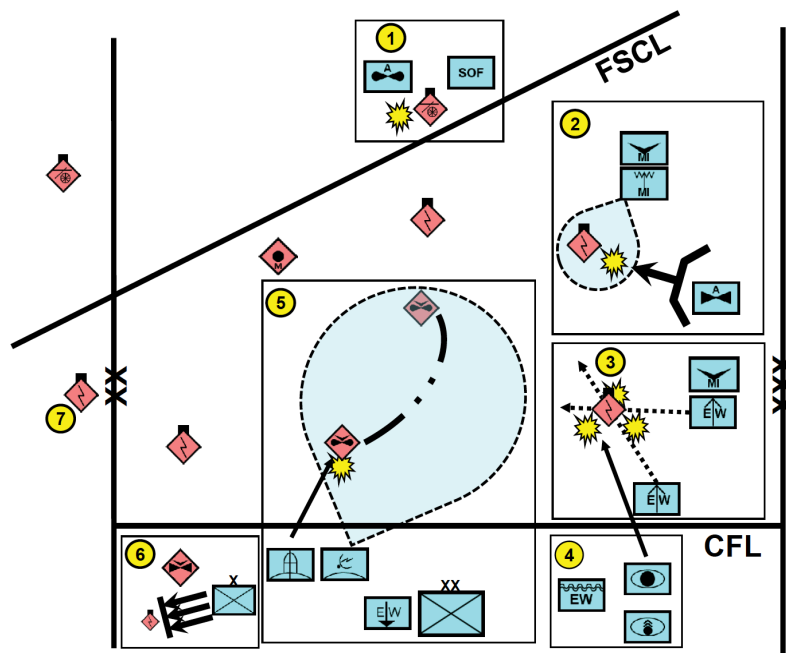
■ 靈活標定師能力範圍(無論擴大與否)以內的輕型與機動式無人機系統，以及

■ 創造有利條件並促成主導優勢，於師近接區決戰點支援所屬各旅

在軍與更高層級建制單位的火箭砲(包括增程彈藥)、防空雷達與短程防空武器、以及電子戰支援的協助下，師將成為強大的無人機系統反制作戰總部。

表四說明該師在獲得此類外部支援時的計畫。首先，師參照軍與下屬部隊輸入之資料與需求來執行周密目標標定週期。師運用判定、偵測、投

表四 師無人機系統反制目標標定作為視覺模型



應用與動態目標標定

- 1 師對支援協調線（火力支援協調線）以外的目標蒐集與火力投射提報與提出支援申請，
- 2 並利用信號情報與所屬無人機系統，運用攻擊武器小組判明目標並且遂行攻擊。
- 3 師運用空中與陸基定向識別與判明目標，
- 4 以電子干擾、地對地火力摧毀敵地面管制站，保護決戰點的重要資產。
- 5 以哨兵雷達偵測無人機系統（第三至五類），並於目標遭復仇者飛彈摧毀前追蹤目標。在電子戰支援下得以進一步分析經評估的地面管制站，以及供目標標定用的目標判明資料。
- 6 由旅級戰鬥部隊及其以下部隊識別與制壓小型無人機系統（第一、二類）。
- 7 周密與動態目標標定的跨界協調，對於制壓師作戰區的威脅至關重要。

師運用周密目標定程序設定任務執行條件。師長已**下定決心**標定敵無人機系統地面管制站；這些管制站是敵目標獲得系統體系的重大弱點。師申請並協調電子戰支援，**俾偵測**敵無人機系統地面管制站。武器資產已就位並準備開火射擊，進而**投射**致命效果。師利用建制與支援武器裝備**評估**攻擊後的目標。本簡圖可說明讓師能夠「殲滅來犯之敵」的動態任務執行。

射、評估法則，通知軍與更高層級建制單位，對敵無人機系統組成部隊進行必要與所望的目標標定，藉以協助自身。這些系統包括發射與回收場所、地面管制站、無人機本身，以及通常位於火力支援協調線以外的支援基礎設施。特戰部隊亦申請支援以進行目標偵測，並協

助或執行火力投射與評估。針對不明與具有嫌疑的系統與設施，申請定翼航空部隊支援。師在火力支援協調線的近端與遠端申請空中載臺，並得以藉由其通信情報、包括測向能力等電子戰支援以及各式火力投射系統，運用動態目標標定偵知並摧毀敵地面控制站；此一動

態目標標定，主要透過目標蒐集當前作戰參謀部(Collection Current Operations Staff)以及聯合空地整合小組之間近乎即時的協調來達成。對未能立即標定的敵發射源加以進一步識別，俾利於未來進行偵測與摧毀。師積極標定敵無人機系統能力，同時以電子干擾與防空



系統保衛重要武器裝備。這些防空系統不僅讓師得以接戰敵無人機系統，還能進一步標定與優化針對敵地面管制站和發射與回收場所的目標標定及蒐集資料。欲達成此目的，必須蒐集包含飛行航跡等飛行資料，以及針對包括蒐集管理員、任務管理員、情報整合小組、聯合空地整合小組以及目標標定工作小組等各個蒐集、分析、運用與投射等功能小組分發相關資料。

旅及旅級以下部隊在敵無人機系統反制作戰中主要負責對第一、二類無人機系統進行攻勢防空作戰，並對第三至五類無人機系統進行有限度的防禦性防空或周密目標標定。⁶ 師及師級以下部隊的主要任務為盡全力對第三至五類無人機系統執行被動防禦措施，同時運用主動措施擊敗、制壓或削弱敵成功運用第一、二類無人機系統的能力。被動防禦措施包括嚴格執行疏散與偽裝、鞏固、電磁頻譜覺知與管理、運用對空監視哨、以及立即阻止可疑的敵無人機系統觀測活動。旅及旅級以下部隊亦仍負責、也有

能力透過搜索並摧毀與敵無人機系統沒有直接關聯的相關系統來標定敵無人機系統能力。反制第一、二類無人機系統的主動措施包括(在能力範圍內)標定此類無人機系統的敵地面管制站，並進行積極巡邏以阻止或妨礙其運用無人機系統。隨著敵現有能力與第一、二類無人機系統的激增，積極巡邏疑似與潛在的發射與回收場所以及地面管制站至關重要，同時這也是旅及旅級以下部隊主要的無人機系統反制行動。此行動包括運用所有情報，特別是人工情報與技術情報，及時找出建立、操作與維護這些系統所需要的科技與技能。這些場所大多是臨時性，且擁有之信跡最小；此類任務的優先考量包含(且有時特別包括)後方地區，而戰鬥力與武器裝備的分配對反制第一、二類無人機系統威脅而言至關重要。美陸軍目前在旅及旅以下層級僅有為數不多的武器裝備可用於摧毀或擊退飛行中第一、二類無人機系統。美軍在伊拉克、敘利亞和阿富汗的經驗已證實，美軍部隊有效反制為數不多的臨時拼裝和

市售無人機系統的能力有限；只要回顧烏克蘭反制目標獲得無人機系統的經驗，即可明瞭此一情形，而這也是第25步兵師在戰士20-03演習實際經歷的插曲。儘管目前已有能運用動能或非動能手段摧毀或制壓第一、二類無人機系統的車載及徒步系統，並已準備服勤，但這些系統相當昂貴，不僅數量有限，且往往未能在敵無人機系統傳送實用目標獲得資料給敵軍部隊以前即先發制人。此外，現役系統無法針對預期將在未來數月或數年面臨的威脅中提供必要防護。

枕戈待旦因應來日

本段係參酌近期由蓋爾菲(Edward A. Guelfi)少校、伽耶瑪哈(Buddhika Jayamaha)博士與羅賓森(Travis Robison)中校合著的《美軍無人機系統反制戰略發展的優先要務》(*The Imperative for the U.S. Military to Develop a Counter-UAS Strategy*)中詳述與建議的無人機系統反制戰法所撰寫。該文中構想的三項作為，分別針對士兵、物資與軟體。⁷ 此外，筆

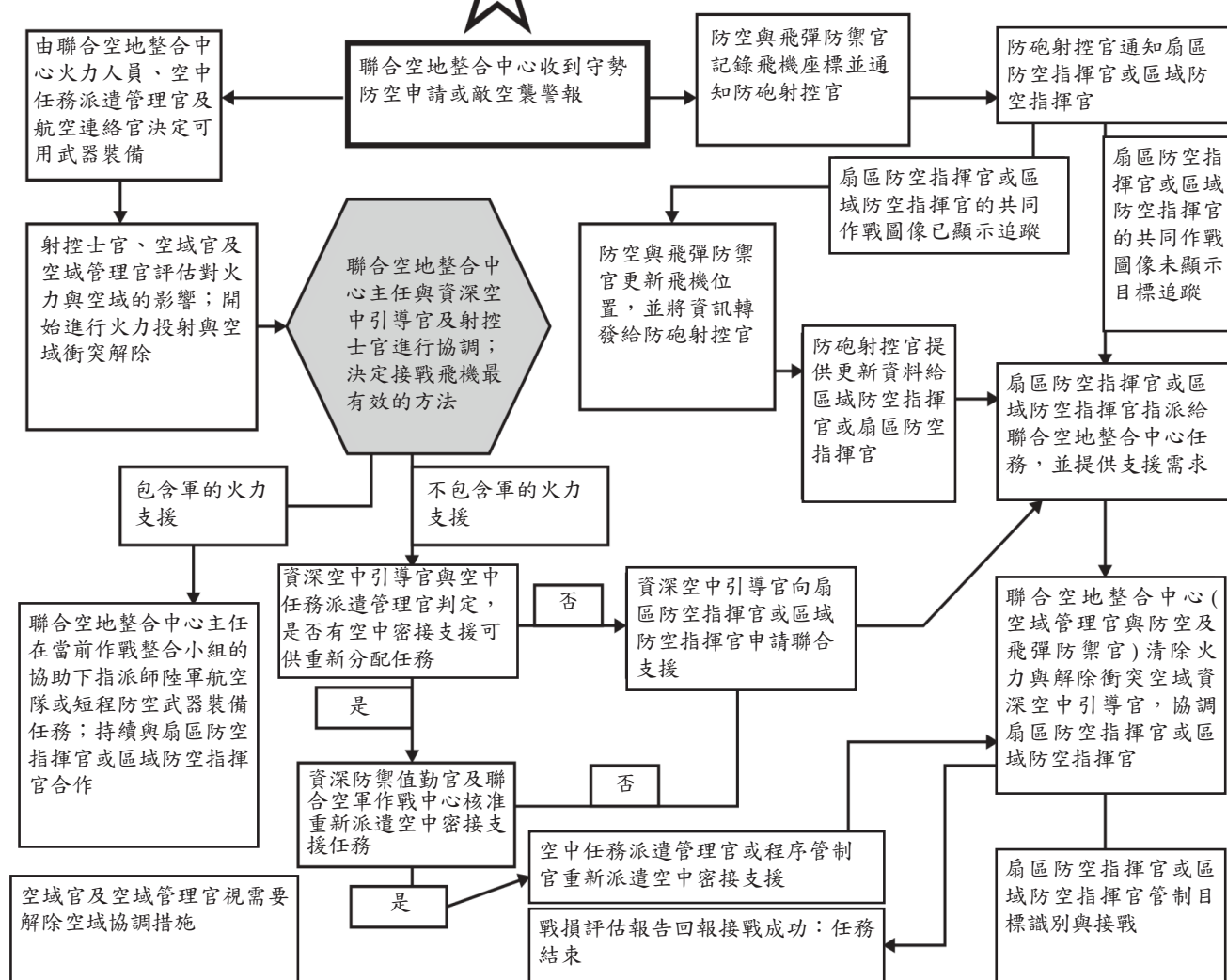
者建議美陸軍改變無人機系統反制兵力能力的時程，以配合2018年美國國家學院(National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine)出版的《營以下部隊作戰無人機系統反制能力》(*Counter-Unmanned Aircraft System Capability for Battalion and Below*)中所主張的立即(不到一年)、危急(三至五年)與新興(六至八年)威脅。⁸

官兵作為。有關官兵方面之作為包括準則、訓練與領導幹部的改革與更新。必須修訂ATP 3-01.81，以提供旅及旅級以下部隊適當專業知識與有效技能，並增加說明師及師級以上部隊的無人機系統反制作為。該文件中提到的計畫、進行、被動防禦與對空監視技能極有助益，惟主動防禦部分說明旅及旅級以下部隊偵測與攻擊能力的重大缺失。現行準則在開始即承認師及師級以上部隊欠缺偵測與擊潰第一、二及第三類無人機系統的能力。目前該準則正確描寫旅及旅級以下部隊於反制第四、五類無人機系統的挑戰。但其中忽略了這些建制單位在反制第三類無人機

系統時所面對的重大挑戰，而以現行人員、組織與裝備反制第一、二類無人機系統，面對的相關挑戰亦同樣值得重視。該準則認為，第四、五類系統可運用整合式對空與飛彈防禦能力加以偵測與有效反制，且因其特徵與支援需求較大而易於標定。惟美陸軍第25步兵師在模擬訓練中僅對上述威脅採取被動防禦措施，並礙於防空系統的最大接戰射程而無法進行接戰。儘管目前聯合部隊及師以上建制單位或許(但絕非必須)具有有效偵測與接戰第四、五類系統的能力，周全的準則仍須能預判與備便應付科技的迅速發展、無人機系統的持續激增，以及敵軍新興的戰術、技術與程序。在美陸軍準則體系中，若欲在迅速變化環境下適時滿足準則需求，就必須發行與維護相關陸軍無人機系統反制戰術、技術與程序的刊物。同樣來看，美陸軍應更新目前出版的陸軍技術刊物，或應制定出對應的陸軍技術刊物，才能更詳細說明師及師級以上部隊使用的無人機系統反制技術。

ATP 3-91.1《聯合空地整合

中心》(*The Joint Air Ground Integration Center*)所列的聯合空地整合中心作業程序，包括「申請守勢防空(有、無建立目標追蹤)」，皆須反映無人機系統的激增與演進以及更新狀況。⁹ 在現有形式下，整部準則中提到的無人機系統程序與處理法則，因師現有之能力不足而窒礙難行，特別是師以下的建制單位。例如在未建立飛行目標追蹤時申請守勢防空程序，即說明下級建制單位觀測低空、低速的小型無人機系統等概況。該準則提到，「有鑑於其干擾作戰行動的能力以及為偵測、追蹤、識別與接戰等系統帶來的挑戰，小型無人機系統已成為地面機動指揮官憂心的問題。」¹⁰ 儘管美陸軍已瞭解這項令人憂心的狀況，但下級建制單位仍未有反制武器，聯合空地整合中心也不會收到接戰報告。反之，此程序最有可能產生的結果是「共同理解」，以及被觀測的部隊仍暴露在敵觀測活動危害之下等報告。這是美陸軍第25步兵師在戰士20-03演習期間經常遇到的情形。「申請守勢防空」簡圖(見表五)可



ACM	空域協調措施	CAS	空中密接支援	PC	程序管制官
ADAFCO	防砲射控官	COIC	當前作戰整合小組	RADC	區域防空指揮官
AMD	防空與飛彈防禦	COP	共同作戰圖像	SAD	資深空中引導官
ASM	空域管理官	JAGIC	聯合空地整合中心	SADC	扇區防空指揮官
ATOM	空中任務派遣管理官	JAOC	聯合空軍作戰中心	SHORAD	短程防空
AVN	航空	LNO	連絡官	SODO	資深防禦值勤官
BDA	戰損評估	NCO	士官		

(Source: Army Techniques Publication 3-91.1, *The Joint Air Ground Integration Center*)

讓讀者體會到美陸軍師以下部隊以現有能力的選擇有限。¹¹該準則基本上可謂完備，惟亦反映出現行「物資」與「軟體」作為上呈現的能力缺失。

在現有準則中，發展美陸軍無人機系統反制與多領域作戰(Multi-Domain Operation, MDO)的戰鬥演練或「劇本」至關重要。而在師與師以上層級，這可能代表以事先規劃好的「劇本」，將為數眾多的目標蒐集與火力投射武器裝備，與整備時間長、持續時間短、重啟間隔時間久、具戰略重要性且不常進行的作戰行動相互連結。在師與師以下層級，應針對周密與動態目標標定制定此種劇本。此外，必須同時進行兩種不同的演練，其中一種在當前作戰整合小組與聯合空地整合小組內進行，因為武器裝備的申請瞬息萬變，而另一種則包括整個參謀部，因為當前作戰整合小組作戰主任、師參三部門或副師長之一，負責批准或拒絕將空中密接支援或師的其他所屬武器裝備轉移至預定的觸發點(Triggers)以外。在標定

周密目標方面，師的劇本結合了目標蒐集與成效，並以24小時至大約120小時進行即時規劃與提供資源。這些劇本可支援重要的師級協同作戰，例如困難的橫渡行動或旅級戰鬥部隊空中突擊。動態目標標定因目標蒐集與成效的能見度提升而得以進行，並應試圖利用已獲得資源或在短時間至極短時間內累積的武器裝備，俾能善加利用稍縱即逝或時間短暫的機會窗口。美陸軍準則應維持由師及師級以上建制單位負責進行縝密與動態多領域目標蒐集與標定，同時強調這些建制單位可賦予旅級戰鬥部隊及其以下部隊能力的作用。準則增、修訂時不僅要強調旅級戰鬥部隊及其以下部隊的依賴性，同時亦必須說明旅級戰鬥部隊及其以下部隊能如何支援師做到集中、突穿、瓦解與利用。

在師及師級以上部隊，當前作戰整合小組與聯合空地整合小組仍為能夠支援與執行周密與動態目標標定，同時確保行動協同一致的主要部門。搭配跨領域目標蒐集作為，聯合空地整合小組仍將是在能力範圍

內對第三至五類無人機系統協同與執行動態目標標定時，最具能力與且最有效的實體。師及師級以上部隊的目標標定工作小組與目標標定決策委員會，可在進行周密目標標定時發揮作用，透過推算與協調跨領域武器裝備靈活地執行任務；這些工作小組與委員會和當前作戰小組的動態執行能力一樣有效。美陸軍第25步兵師於作戰人員演習無人機系統反制目標標定的缺失，大多與無法整合與程序不當有關，而非組織方面的缺失。多領域目標蒐集與跨領域火力的整合，對聯合空地整合小組與師目標標定作為能否成功同樣重要。儘管旅級戰鬥部隊及其以下部隊，有時能提供有限的周密與動態多領域目標蒐集及跨領域火力，這些建制單位必須擴編或獲得支援，才能瞭解、協同與利用聯合及跨領域目標蒐集與成效；惟在日益致命且異常活躍的戰場上，部隊必須盡量減少信跡且保持敏捷才能存活，此種擴編有悖於作戰需求。師及師級以上部隊則應置重點於創造機會窗口與有利條件，使旅



2020年8月，美陸軍第25步兵師戰士旅(Warrior Brigade)士兵於夏威夷斯科菲爾德營區(Schofield Barracks)的新型裝備訓練期間準備施放黑色大黃蜂(Black Hornet)單兵感測器。(Source: US Army/Robert Lee)

級戰鬥部隊得以於近接區獲得主導優勢，而非擴編旅級戰鬥部隊。組織調整時則應以增進師進行跨領域目標蒐集的能力

為重點，並使當前作戰整合中心及其聯合空地整合小組能協同與執行動態目標標定。

美陸軍必須於建制單位進行

多領域作戰的無人機系統反制訓練，並將其囊括在多建制單位訓練中。對師而言，就連作戰人員演習等指揮所演習項目

都必須包含多領域目標蒐集、跨領域火力投射以及多領域機動。諸如作戰人員等演習已在進行此類訓練，惟由於模擬演練無法有效重現多領域目標蒐集與跨領域成效，目標的蒐集與攻擊成效大多以紙上作業(White Card)進行模擬。如此恐將忽略多領域目標蒐集與非動能火力投射人員，同時參與師目標標定程序的人員，將失去反覆運用這些能力，包括偵測與擊潰敵無人機系統的機會。師與旅級戰鬥部隊亦必須於作戰訓練中心進行無人機系統反制、多領域目標蒐集、跨領域火力投射及多領域作戰等訓練；這些輪調訓練應能反映師在促成旅級戰鬥部隊作戰時發揮的作用，及以旅級戰鬥部隊支援師作戰的需求。如有可能，師與旅級戰鬥部隊應於訓練活動中納入實彈射擊演練。最後，美陸軍應進行涵蓋師作戰人員演習、旅級戰鬥部隊作戰訓練中心輪訓及多領域實彈演習的實彈、虛擬暨建構式(live-virtual-constructive)訓練活動。¹²

旅級戰鬥部隊及其以下部隊必須將無人機系統反制、多領域目標蒐集、跨領域火力投射與跨領域機動視為現代戰場的一部分。為達此目標，現有與新興科技、能力，以及戰術、戰技與程序等都必須重現在訓練活動中。儘管訓練目標仍為要求班長、戰車車長、副排長及排長熟稔各自的職掌，士兵仍須認識並熟悉威脅和友軍的能力與行動。相較於提供給士兵與幹部具體的經驗，在模擬狀況訓練演習中整合單一小型無人機系統，或於戰術決策演習期間根據電磁頻譜(Electromagnetic Spectrum, EMS)特徵標定敵目標的代價相當低，而且須修改現有訓練活動或軍事教育課

程的部分也甚少。

和訓練相同的是，針對領導幹部提出的需求，要求在現有領導幹部培育計畫中納入無人機系統反制與多領域作戰。建制單位必須進行認知改變；此種改變相當重要，而且不必然是艱鉅或成本密集的任務。當前的競爭與衝突，已隱約展現出現有與新興的威脅及趨勢。同時，製作與發行預想2021年與2028年作戰的小說或故事集，對此種轉變亦將有所助益。此類作品將結合柯爾(August Cole)與辛格(P. W. Singer)著作的《幽靈艦隊》(*Ghost Fleet*)與《燒機》(*Burn In*)等描寫不久後將來的科幻故事(已出現在許多專業閱讀清單上)，以及哈科特上將(General Sir John Hackett)所著的《第三次世界大戰》(*The Third World War*)的專業基礎。¹³ 其範圍與性質將類似科伊爾(Harold Coyle)的冷戰小說《洋基小組》(*Team Yankee*)的2021年或2028年版本。¹⁴ 美陸軍經驗獲得中心(Center for Army Lessons Learned)對這種認知改變作為的貢獻則為《火星音樂家》(*Musicians of Mars*)系列。¹⁵ 儘管完整作法對這項認知改變的達成至關重要，惟教育、訓練與經驗的結合更符合美陸軍領導幹部培育，而且利大於弊。此種美陸軍認知轉變的一致作法之一包含領導幹部的專業發展。美陸軍需要教導領導幹部被動防禦的建制單位無人機系統反制課程與信跡體認課程，在困難的電磁頻譜環境下進行情報蒐集以及通信計畫。¹⁶ 此類基層作法必須共享，並納入更多討論與知識體系，讓領導幹部備便應付美陸軍可能面臨的衝突。

物資作為。資料視覺化與共同作戰圖像都是



2021年5月18日，美陸戰隊遠征部隊使用無人機系統，進行情報、監視和偵察的例行訓練。

(Source: US Army/Cpl. Seth Rosenberg)

需要大幅改進的領域。《2028年美陸軍多領域作戰》(The U.S. Army in 2028)形容2028年的戰場「日益致命」且「異常活躍」，美陸軍必須迅速行動才能掌握先機。¹⁷ 諸如未來指揮所(Command Post of the Future, CPOF)等現有任務式指揮系統，以及目前存在於旅級戰鬥部隊及其以下部隊

的其他任務式指揮系統，都不足以達成理解與視覺化。發展指揮所合作環境 (Command Post Collaborative Environment, CPCE)可能方向正確，惟仍需要額外策進作為與能力。具體而言，必須以視覺化方式呈現即時與近乎即時的目標情報蒐集，特別是信號情報。此種呈現方式包括目標蒐

集武器裝備的方位線、經過評估與識別的感測器與偵測距離「泡沫」(bubbles)、以及友軍與敵軍網路、電磁與空間影響力運用。有了這些視覺化呈現，友軍信跡、相關弱點與偵測機率的說明能力就變得至關重要。理想情況下，共同作戰圖像包括可說明跨領域目標蒐集與成效妥善率的「情態板」。此一系統必須能在連上上級戰術網際網路，並於網路連線受阻或中斷時發揮功能，包括「無線電靜聽」(Listening Silence)能力。呈現目標蒐集資料時必須能顯示目前的目標追蹤以及目標遠離消失(諸如逐漸遠離或不確定的「墨跡」[Inkblots])，並必須對相關系統進行機率評估。例如在偵測發射中的敵防空雷達時，在人工智慧與人力評估等協助下，可加上地形與敵戰鬥序列，產生可能會為敵長程間接火力運用的火炮陣地。機率分析與顯示能更有效提示目標蒐集武器裝備與動態目標標定。

旅級戰鬥部隊及其以下部隊必須以物資解決方案增進處理資訊時的目標蒐集、防護與速

率。旅級戰鬥部隊日益需要運用諸如疏散、鞏固、誘標使用與偽裝等消極防禦措施。為達此目的，旅級戰鬥部隊試圖變得更加輕巧靈活，做到自我警覺與管理電磁頻譜信跡。此種朝向裝備更輕巧、編組更靈活、信跡更少的趨勢，有悖於任何提供旅級戰鬥部隊更多參謀人員、更多武器裝備與更多「所屬」任務及能力的作法。旅級戰鬥部隊必須提升以較小信跡遂行旅級戰鬥部隊作戰的能力。透過電磁頻譜信跡輻射較小且較有能力的系統，或電磁頻譜信跡的積極偽裝或混淆效果可達到此目標。同樣的，旅級戰鬥部隊必須擁有戰術無人機系統反制能力。對於建制單位、車載或徒步能力的需求，將視旅級戰鬥部隊的類型而有所不同。至少，旅級戰鬥部隊、營與連/砲兵連/騎兵連必須擁有偵測並擊敗威脅與敵小型無人機系統的能力。在梯隊，此種能力必須足以應付威脅與滿足所望效果，以確保美陸軍部隊不被發現，並立即以間接火力接戰目標。旅級戰鬥部隊及其以下部隊亦應獲得如刺針飛彈等人攜

式防空系統或其他類似系統，對部分第三類無人機系統進行有效的主動防禦。

旅級戰鬥部隊及其以下部隊亦必須具備電子情報與信號情報能力，或接收師及師級以上部隊提供的實用電子情報/信號情報。對旅級戰鬥部隊以下的建制單位而言，這些空中與地面系統應能強化較高層級建制單位的武器裝備，並能做到提示、混合與備用。生產低成本、「一次性」的目標蒐集武器裝備，亦可增進旅級戰鬥部隊及其以下部隊的能力。在理想狀況下，這些武器裝備可提供電子戰支援、反輻射、群射與滯空等各式能力，進而模擬、識別、摧毀與制壓敵防空、射控雷達與無人機系統地面管制站。此種能力可識別與摧毀具備主動防護措施的敵電磁偵測系統。敵軍將面對將使用中的系統置於險境，或停用部分系統以保全整體系統的難題。無論敵軍決定為何，都能產生反制敵系統的效果。相較於欲抵禦之威脅，這些彈藥與系統成本必須降低，且必須為長期衝突的需求進行大量生產，俾利層層影



響敵系統，創造機會窗口。有效的資料視覺化與結合人工智慧，可擴大目標蒐集武器裝備與能力提升的效果。

資訊處理速度仍為美陸軍靈活標定、創造、辨識與利用機會窗口能力的重要限制因素。人工智慧具有加速資訊處理、分析與情報分發的潛力。搭配資料視覺化與有效的人機介面，人工智慧將可在發展與運用後提供重要機會，但也有可能因美國不加以運用且為競爭對手所利用而招致危機；如此機會與風險置重點於資訊分析、情報發布，以及目標蒐集、防護與火力投射武器裝備的有效運用。

軟體作為。最後一項作為於現行美陸軍師與旅級戰鬥部隊系統架構內連結官兵、物資解決方案與系統軟體。為能偵測與追蹤無人機系統，發展這些解決方案時首先要求發展現有系統軟體。現有之空中追蹤系統已能追蹤較大型作戰無人機系統；因此重點必須置於較小型戰術無人機系統。戰術無人機系統因紅外線與電磁信跡小而具有較小的雷達橫截面。美陸軍必須為可較有效偵測戰術

2020年5月19日，聯盟聯合特遣部隊—堅定決心行動(Operation Inherent Resolve)期間，魔爪(TALON)履帶軍用機器人在伊拉克阿薩德空軍基地(al-Asad Air Base)拾起墜落的無人機系統。(Source: US Army/Derek Mustard)







無人機系統的現有與未來感測器軟體進行投資。預算環境的不確定性，將導致美陸軍不太可能獲得新雷達系統，而以往裝備籌獲的失敗更意味著美陸軍不應將有限經費投資在專用於無人機系統反制的雷達。相反的，美陸軍必須發展更好軟體，供諸如AN/MPQ-64哨兵與AN/TPQ-53雷達系統等現有雷達使用。美陸軍刻正測試原本設計用於追蹤火箭、火炮與迫擊砲彈的AN/TPQ-53雷達，以判斷其追蹤無人機系統的能力。¹⁸ 現代化雷達具有的優勢之一，就是主動電子掃描陣列。主動電子掃描陣列雷達已證實比舊型雷達系統更具多功能，故發展此類系統的戰術無人機追蹤軟體，可作為無法發展新雷達系統的解決方案。美陸軍必須讓雷達能更有效偵測目標，同時改善在警戒時發現戰術無人機系統的能力。

結論

美陸軍第25步兵師已克服判定、偵測、投射、評估週期中初期的目標整合缺失，並盡全力靈活執行周密目標標定程序。對應付當前與未來戰場的挑戰而言，美陸軍無人機系統反制能力與無人機系統反制有效戰法的進一步發展至關重要。從反叛亂行動到大規模地面戰鬥作業，無人機系統對當前美陸軍部隊構成威脅，且預期將繼續構成威脅。立即採取行動並進行改革，才能以現有能力的發揮無人機系統反制的最大效能；美陸軍與聯合部隊將持續建立有效與健全的多建制單位無人機系統反制能力，俾應付當前與預期在未來八年出現的威脅。

作者簡介

美陸軍少校Benjamin Scott現為美陸軍第27步兵團第1營作戰官，曾擔任第14裝甲騎兵團第2騎兵中隊執行官、駐夏威夷斯科菲爾德營區的第25步兵師未來作戰計畫官。

Reprint from *Military Review* with permission.

註釋

1. U.S. Army Techniques Publication (ATP) 3-60, *Targeting* (Washington, DC: U.S. Government Publishing Office [GPO], 7 May 2015), 2-1.
2. Dan Gettinger, *The Drone Databook* (Annandale-On-Hudson, NY: Center for the Study of the Drone at Bard College, September 2019), viii–xix, accessed 22 October 2020, <https://dronecenter.bard.edu/projects/drone-proliferation/databook/>. Recent proliferation, operational, and development trends are well documented in *The Drone Databook*. Remarkable for timeliness and scope, his “key findings” are concise and immediately helpful and buttressed with thoroughly researched and detailed information on all ninety-five countries now known to possess unmanned aircraft systems (UAS). It is perhaps the best open-source document on the subject.
3. Arthur Holland Michel, *Counter-Drone Systems*, 2nd ed. (Annandale-On-Hudson, NY: Center for the Study of the Drone at Bard College, December 2019), accessed 22 October 2020, <https://dronecenter.bard.edu/files/2019/12/CSD-CUAS-2nd-Edition-Web.pdf>. Michel provides an excellent and timely publication on current counter-UAS systems. His paper, “Counter-Drone Systems (2nd Edition),” provides a timely counter-UAS system database but is especially useful for its background, C-UAS 101, counter-drone kill-chain, and challenges sections. Advances in UAS technology, proliferation, and costs of counter-UAS systems are of interest.
4. Edward A. Guelfi, Buddhika Jayamaha, and Travis Robison, “The Imperative for the U.S. Military to Develop a Counter-UAS Strategy,” *Joint Force Quarterly* 97 (2nd Quarter, 2020):

- 4–12, accessed 22 October 2020, https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/jfq/jfq-97/jfq-97_4-12_Guelfi-Jayamaha-Robison.pdf?ver=2020-03-31-113800-930. The current gaps in U.S. Army and joint doctrine and capabilities are well described and documented in the article. One of its contributors, Ed “JAGIC-Magic” Guelfi, served as a joint air-ground integration cell (JAGIC) chief during the 25th Infantry Division’s Warfighter Exercise 20-03.
5. ATP 3-01.81, *Counter-Unmanned Aircraft System Techniques* (Washington, DC: U.S. GPO, 13 April 2017), 1-2. NATO and the Center for a New American Security’s Kelley Saylor provide and use alternative categorizations for UAS.
 6. Joint Publication (JP) 3-01, *Countering Air and Missile Threats* (Washington, DC: U.S. GPO, 21 April 2017), II-8. Offensive counterair is defined as “offensive operations to destroy, disrupt, or neutralize enemy aircraft, missiles, launch platforms, and their supporting structures and systems both before and after launch, and as close to their source as possible.” Defensive counterair is defined as “all defensive measures designed to detect, identify, intercept, and neutralize or destroy enemy forces attempting to penetrate or attack of Small Unmanned Aerial Systems,” *Air & Space Power Journal* 31, no. 1 (Spring 2017): 15–25, accessed 2 November 2020, https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/ASPJ_Spanish/Journals/Volume-29_Issue-2/2017_2_03_patterson_s_eng.pdf. Application of the offensive and defensive counterair framework to defeat the threat created by small UAS is advocated by Patterson in his article and is further applied by the author of this article based upon Patterson’s original use.
 7. Guelfi, Jayamaha, and Robison, “The Imperative for the U.S. Military to Develop a Counter-UAS Strategy,” 4–12.
 8. National Academy of Sciences, Engineering, and Medicine, *Counter-Unmanned Aircraft System (CUAS) Capability for Battalion-and-Below Operations: Abbreviated Version of a Restricted Report* (Washington, DC: The National Academies Press, 2018), 1, <https://doi.org/10.17226/24747>. This abbreviated version of the restricted report captures current and anticipated challenges and shortfalls in the Army’s counter-UAS capabilities.
 9. ATP 3-91.1, *The Joint Air Ground Integration Center* (Washington, DC: U.S. GPO, 17 April 2019), A-13–A-15.
 10. Ibid., A-14.
 11. Ibid., A-15.
 12. This idea was presented by Lt. Gen. Gary Brito at the Unified Challenge 19.2 roundtable discussion on 23 August 2019. His specific idea was to link a Warfighter and combat training center rotation. The author has added the element of multi-domain live-fire integration based on observations from Lightning Strike 2019.
 13. P. W. Singer and August Cole, *Ghost Fleet* (Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2015); P. W. Singer and August Cole, *Burn In* (Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2020); John Hackett, *The Third World War: The Untold Story* (New York: Macmillan, 1979).
 14. Harold Coyle, *Team Yankee* (New York: Presidio Press, 1987).
 15. The series includes *The Musicians of Mars: A Story of Synchronization for the Company/Team Commander*, *Musicians of Mars II*, *Musicians of Mars III: The Cobra Strikes*, and *Musicians of Mars IV: The Mustangs’ War (Deliberate Attack)*. These publications can be found on the Center for Army Lessons Learned “Publications” website at <https://usacac.army.mil/organizations/mccoe/call/publications>.
 16. Maj. Ben Hartig described this leader professional development session and larger series in the 23 August 2019 roundtable for Unified Challenge 19.2 with Brito.
 17. U.S. Army Training and Doctrine Command (TRADOC) Pamphlet 525-3-1, *The U.S. Army in Multi-Domain Operations 2028* (Fort Eustis, VA: TRADOC, December 2018), vi.
 18. Sydney Freedberg, “Drone Defense: Army Anti-Artillery Radar Tracks UACs,” *Breaking Defense*, June 2016, accessed 22 October 2020, <https://breakingdefense.com/2016/06/drone-defense-army-anti-artillery-radar-tracks-uavs/>.