

戰術型無人機（近程、微小型）引導砲兵火力射擊之作為

作者：林政諭

提要

- 一、近年無人機大量運用於野戰砲兵觀測及射擊作業，各國積極將無人機納入重點研究方向並朝實戰化發展，筆者長期從事砲兵觀測教學訓練工作，因此興起撰寫本研究的動機，其目的在藉實際操作各型無人機，結合觀測模擬器及實彈射擊蒐整參數擬定作業法則，進而用以修訂傳統空中觀測作法。
- 二、依國家政策指導及戰場現況觀察，商規無人機作戰應用已成為現今趨勢，依據化民力為助力之構想，本研究發展之技術理念，係以通用於各式規格無人機之技術為主。
- 三、本研究所發展之空中觀測通用技術，均為筆者個人創見，如專家學者及讀者對本觀測法有共通想法及建議，歡迎提出並加入研究團隊，共同為野戰砲兵發展略盡棉薄。

關鍵詞：空中觀測、無人機、火力運用

前言

一、研究動機與目的

（一）研究動機：烏克蘭於俄烏戰爭中，常見以戰術型無人機（近程、微型或小型），執行目標偵蒐並引導曲射火力射擊（圖 1），甚至大量運用改裝後的民用無人機，彌補軍用無人機數量不足及成本過高之困境，也讓各國見識現今不對稱戰爭真實的面貌。對此，有法國軍事研究者表示烏克蘭軍隊應該是全世界無人機運用程度最高的一支部隊；¹然而，無人機型式繁多且功能需求亦不相同，如何針對軍、民用無人機建立一套「目標指示及射彈修正作業方法」之通用技術，簡化空中觀測作業程序，協力作戰任務順遂，即為筆者研究之動機。

（二）研究目的：大多型式無人機均具備顯示飛行資訊及影像無線圖傳（Wireless Video Transmission，實時影像傳輸）等基礎功能（圖 2），²若可依此基礎功能發展作業技術，並以現有可運用之戰術型無人機（近程、微型、小型），實際配合陸軍砲兵訓練指揮部火砲實彈射擊課程，蒐整作業參數及驗證技術成果，確保具備戰場實用性，而非僅止於學術理論，進而將相關技術及程序納入準則修訂，以調整傳統空中觀測作法，進而邁向實戰化目標。

1TVBS 新聞網，烏克蘭部隊高度無人機化改裝大疆無人機俄軍懼怕（2023 年 6 月 29 日報導），<https://news.tvbs.com.tw/amp/world/2165793>。

2百科知識中文網，〈<https://jendow.com.tw/wiki/無線圖傳>〉，常用之無線傳輸介質有微波、紅外線、無線電波，2022 年 10 月 27 日。

二、研究範圍與限制

（一）研究範圍：因無人機構型繁多，為避免研究範圍過大而無法聚焦，筆者僅依陸軍所列裝偵蒐用途無人機（旋翼機及多軸旋翼）與民用無人機（多軸旋翼）之構型，並以《陸軍野戰砲兵觀測訓練教範》第七章〈空中觀測〉及參考網路資料，研究引導砲兵火力射擊之技術及程序。

（二）研究限制：烏克蘭迄今每月仍損失大量無人機，³其所獲得豐富的運用經驗及技術資訊，並非吾人可輕易得知，以美軍而言，目前仍未制定相關準則，且各類文獻及網路資料均難以查閱詳細作法，僅能以傳統空中觀測條文及有限度的網路資料（圖 3）等內容，實施綜整與分析，輔以實際飛測及實彈觀測成果為依據，發展適合砲兵之技術與程序，期藉後續教學研究、演訓測考等時機持續蒐整參數並逐次調整條文內容。



圖 1 烏軍以無人機引導砲兵火力射擊目標

資料來源：CTWANT，俄烏戰爭/烏無人機發現俄軍陣地，展開反砲兵打擊接連轟炸（2023 年 5 月 10 日報導），<https://youtube/284csbR49M?si=et1KrWN5cP0LfNKa>。

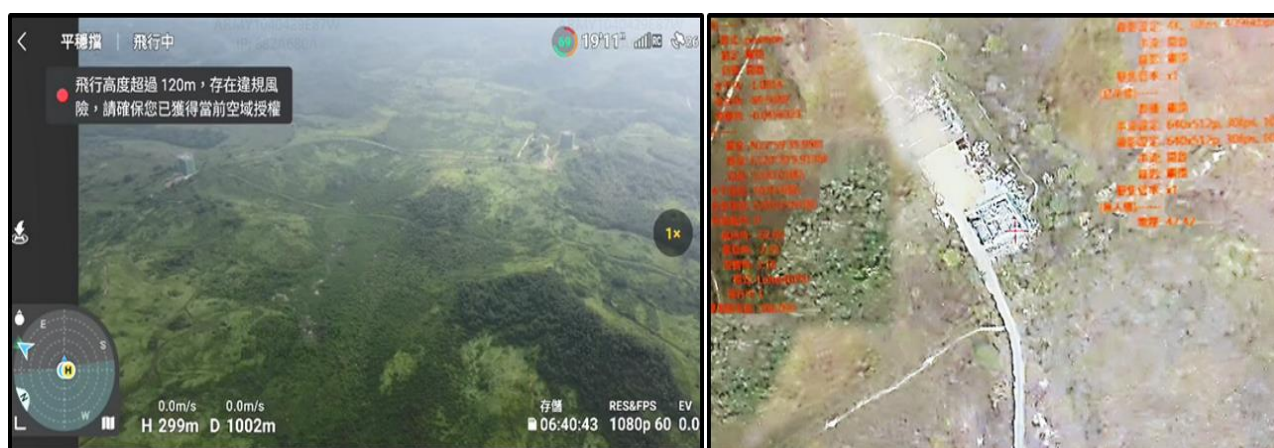


圖 2 不同型式無人機飛行資訊及影像圖傳畫面

資料來源：作者自行拍攝

3中時新聞網，勞民傷財，烏克蘭每月損失 1 萬架無人機（2023 年 5 月 22 日報導），<https://www.chinatimes.com/amp/realtimenews/20230522004840-260417>。



圖 3 烏軍以民用無人機及通訊手段引導砲兵火力射擊流程

資料來源：BBC NEWS，烏克蘭軍隊如何用無人機定位俄軍（2023 年 8 月 24 日報導），<https://bbc.com/zhongwen/trad/world-62656450>。

不對稱作戰制敵關鍵利器－戰術型無人機（近程、微小型）

一、戰術型無人機概述

藉由近年戰爭經驗使無人機體系發展更加完整（表 1），各型戰略（術）無人機已可為戰術、巡弋飛彈及砲兵火力等部隊，執行戰場偵蒐、目標定位、火炮射擊修正及戰場毀傷評估、戰果回報等任務。

國軍陸軍所列裝各式偵蒐用途無人機之分類均屬於戰術型近程、微、小型無人機（表 2），且極大多數民用無人機構型（旋翼及多軸旋翼）及應用亦在此分類範疇，該類無人機之特點為造價低、容易取得，操作方式均類似、場地幅員短，噪音、雷達反射截面積極小及性價比高，因此發展此類無人機引導砲兵火力射擊之技術極具作戰效益，更能實現不對稱作戰之精髓。

表 1 戰術型無人飛行載具分類表

分類	資料傳輸距離 (KM)	最大飛行高度 (M)	滯空續航時間 (HR)	最大起飛重量 (KG)	應用範圍
微型	<10	250	<1	0.1	偵察、搜索、監視、通信中繼、生物、化武採樣、探雷及建築物內監測
小型	<10	1500-3000	<2	<30	
近程	10-30	3000	2-4	150	
短程	30-70	3000	3-6	200	轟炸評估、偵察、探雷
中程	70-200	3000-5000	6-10	150-200	偵察、轟炸成果評估、化學武器採樣
遠程	200-500	5000	6-13	500	偵察、轟炸評估、通信中繼

資料來源：范薰彥，〈強化聯兵營戰術偵蒐效能－無人機飛行載具運用作為之研究〉《步兵季刊》（高雄），第 28 3 期，陸軍步訓部，111 年 2 月，作者自行整理。

表 2 陸軍列裝各式偵蒐用途無人機

分類	名稱
近程	目獲型無人機  戰術近程無人機 
小型	監視型無人機 
微型	微型無人機 

資料來源：1.自由時報，建立不對稱戰力，三軍採購 1779 架軍用商規無人機（2023 年 8 月 31 日報導），<https://def.ltn.com.tw/amp/article/breakingnews/4413246>。2.自由時報，5 款軍用商規無人機量產將逾 3000 架，原型機 7 月底交機見真章（2023 年 3 月 10 日報導），<https://def.ltn.com.tw/amp/news/politics/breakingnews/4235238>。3.作者自行整理。

二、操作編組及職掌

戰術型近程、微、小型無人機操作編組（UAV 組）需求人員量少，可區分為任務操作官及操作手，負責開設地面導控站（圖 4），開設及撤收僅需時數分鐘；就砲兵觀通組而言，配賦無人機（目獲型－旋翼及監偵型－多軸旋翼）後可單獨執行地面或空中觀測任務，若同時有地面及空中觀測需求，可採混合編組方式（砲兵與砲兵、砲兵與步兵 UAV 組），並於觀測所週圍適當場地先行開設地面導控站，配合觀測所開設時間，兩者概能同步完成開設及相互警戒，UAV 組職掌概述如下表。

區分	任務操作官	無人機操作手
職掌	- 負責開設地面導控站。 - 執行飛行計畫，可依實際需求適度調整。 - 與無人機操作手共同實施影像判讀獲取目標情資。 - 運用地圖或數位圖資，決定目標概略座標。 - 下達射擊要求、射彈修正及效果回報（砲兵）。	- 協助任務操作官開設地面導控站。 - 執行無人機起飛前檢查。 - 執行飛行計畫。 - 遙控飛行載具及控制鏡頭畫面，並回報飛行數據。 - 與任務操作官共同實施影像判讀獲取目標情資。 - 實施射彈修正或目標轉移作業（砲兵）。

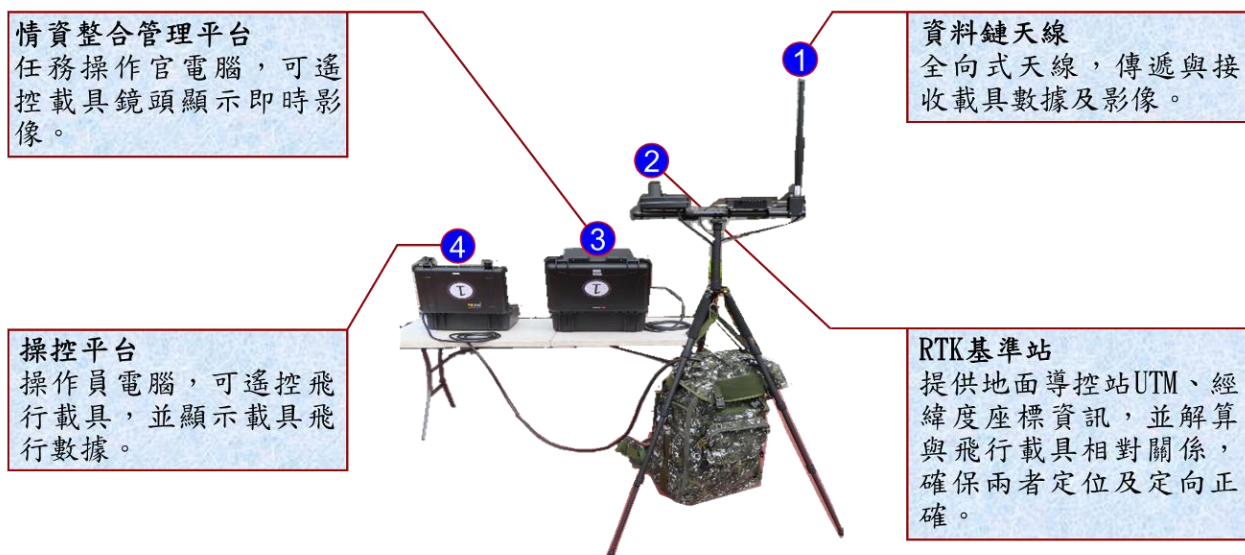


圖 4 戰術近程無人機（步兵）地面導控站開設完成圖示

資料來源：作者自行拍攝及彙整

無人機空中觀測作業技術

砲兵觀測區分為地面觀測及空中觀測，而傳統空中觀測技術係砲兵觀測官搭乘直升機，飛抵我方第一線部隊之內方地區觀測受地形遮障或縱深區域之目標，並執行目標指示及射彈修正作業，然隨著軍事科技演進，防空武力發展迅速，在空飛行時間愈久，遭受敵防空火力威脅與敵機危害便愈大，且以直升機執行空中觀測任務所需協調整備事項與限制因素繁多可謂「事倍功半」，已不符合作戰效益，因此發展無人機空中觀測技術取代傳統作法已為現今之趨勢。

一、目標指示法及轉移基準線

考量無人機與地面目標之相對位置經常變動，且無固定觀目線，因此在決定目標位置時，亦必須同時決定轉移或射彈修正基準線（功能等同觀目線），並回報射擊指揮所比對；傳統空中觀測使用之目標指示法計有方格座標法、以砲目線為準之已知點垂直轉移法、基準地線法、基本方向法、標示彈法等 5 種，基準線計有砲目線、基準地線、基本方向線等 3 種，⁴所衍生之技術多建立在以直升機為載具之基礎上，並不全然適用於無人機，藉筆者與美方實際於戰場運用無人機經驗者研討及本部多次實彈射擊飛測成果，在符合砲兵「精、快、韌」指導原則上，逐項檢視並調整作法，整合後保留精度較佳及操作程序（步驟）簡單之項次，共計 2 法 2 線，綜整如表 3，說明如次。

（一）座標指示法（由觀測官直接決定目標座標）

1、極座標（雷射標定）：部分軍、民用無人機型具備此一功能，通常與可見光學影像（Electro Optical，EO）、熱顯像（Long-Wave Infrared，LWIR）整合於機頭位置，稱為「三光酬載」；由於戰術型近、微、小型無人機酬載能力較低，雷射測距能力概約 4 公里，藉助 RTK 及 GPS 無人機定位技術，可使目標定位精度誤差小於 5 公尺。

2、現地對照：空中觀測視野較廣，可克服地形、地物遮蔽因素，以地圖或數位圖資（軍用指管系統、兵要圖台；民用 GOOGLE 衛照圖，須將經緯度轉換 UTM，可下載離線地圖）實施現地對照，找尋區域內目標或參考點，並判讀座標（圖 5），較為容易且精度通常較地面觀測為佳（地圖判讀誤差 20 公尺、數位圖資誤差 10 公尺）。

3、上空懸停：使無人機懸停於目標上空，同時調整鏡頭垂直向下朝向目標，其飛行資訊顯示座標即目標座標（圖 6）；有時可能因訊號不佳產生飄移而難以懸停於目標上空，或影像畫面因風吹產生晃動，皆不利於目標定位，精度誤差 30 公尺。

4 《陸軍野戰砲兵觀測訓練教範》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 111 年 10 月 30 日），頁 7-265。

表 3 整合後目標指示法及轉移（射彈修正）基準線表

要素一 決定目標位置				要素二 決定基準線
區分	目標指示法	作業方法	所需條件	使用基準線
觀測官直接決定	座標指示法	極座標 (雷射標定)	無人機須有雷射測距功能	僅報目標(彈著)座標，射擊指揮所以砲目線直接修正
		現地對照	可藉地圖或數位圖資對照後得知目標座標	1、砲目線 (用於射彈修正及後續目標轉移)
		上空懸停	無可供對照之點，但可飛行至目標上空	2、基準地線 (有基準地線時可用)
射擊指揮所圖上定點決定	已知(參考)點轉移法	基準地線轉移	無法使用座標指示法，但目標區周圍有明顯地線	基準地線 (用於目標指示、射彈修正及後續目標轉移)
		砲目線轉移	無法使用上述方法，但目標區周圍有已知或參考點可定於射擊圖上	砲目線 (用於目標指示、射彈修正及後續目標轉移)

資料來源：作者自行彙整



圖 5 空中畫面與地圖、數位圖資對照示意圖

資料來源：作者自行拍攝及彙整



圖 6 上空懸停目標定位示意圖

資料來源：作者自行拍攝及彙整

(二) 已知（參考）點轉移法（射擊指揮所圖上定點決定）

1、基準地線轉移

(1) 說明：目標區域附近任 2 個顯著易於識別地物（如道路口、有特色建築、河流交會點等），且可於地圖或數位圖資上決定 2 點座標，並回報射擊指揮所於射擊圖上定點，此 2 點連成之線即可作為基準地線，觀測官於地圖上量取地線長度為參考依據，再計算以端點至目標之轉移量，回報射擊指揮所定點目標（圖 7）。

(2) 作法：無人機與目標之相對關係（含高度）時常變動，使觀測官對於影像畫面中兩點間方向、距離之實際數值甚感困擾，而基準地線即為操作員建立此空間比例尺，使空間感具體化，步驟如次。

a. 步驟一：觀測官於地圖上以方眼紙或梯尺量取地線長度（公尺），再於影像中以公分尺量取地線畫面長度（公分），如圖 8。

b. 步驟二：因基線轉移法係由射擊指揮所圖上定點目標，因此觀測官必須確認目標與基線端點之相對關係（如圖 9），選擇以較靠近目標之端點為轉移基準（越近目標誤差越小），以下圖 1 為例，目標基於 A 端點之相對關係為「向右、加多」，基於 B 端點之相對關係為「向左、加多」，餘如圖所示。

c. 步驟三：確認轉移端點後，於畫面中以公分尺量取端點至目標之方向及距離長度，再以插算法方式，分別轉換為實際距離之長度，並依目標與端點之相對關係，回報射擊指揮所圖上定點，如：「從 A 點、向右 120、加多 300」（如圖 10），若無人機觀測地線或目標之俯仰角越接近垂直，則誤差越小。

(3) 輔助作業：

a. 程式：滯空續航力是此類層級軍、民用無人機所面臨最大問題之一，扣除

往返任務區域時間，滿電量實際可供空中觀測時間僅約 20 至 30 分鐘，輔助程式旨在節約人工作業步驟及時間，提供正確作業成果，觀測官僅需提供程式地線端點、無人機及陣地各點座標資訊，即可顯示相對關係圖示，輔助對照影像畫面與地線長度等基礎資訊，無須再於地圖上作業，並且量取畫面中地線、方向及距離長度，由程式自動計算轉移量及目標座標，可節約時間約 3 分鐘、誤差縮小 10 公尺（如圖 11）。

b.器材：由圖 9 可知於正上方觀看目標與基線端點之方向及距離相對關係為一矩形，若無人機俯仰視角非垂直，則此矩形於畫面視覺上成一平行四邊形，且從基線往遠方位之距離較實際計算值為大，近方位則較小，因此雖然有明確地線可做為轉移量計算之參考，仍相當考驗觀測官空間感，而基準地線板旨在輔助操作員穩定定出矩形（平行四邊形）、量測長度及快速計算轉移量數值，作業上相當簡易，步驟及說明如圖 12。



圖 7 基準地線轉移示意圖



圖 8 步驟一作業示意圖

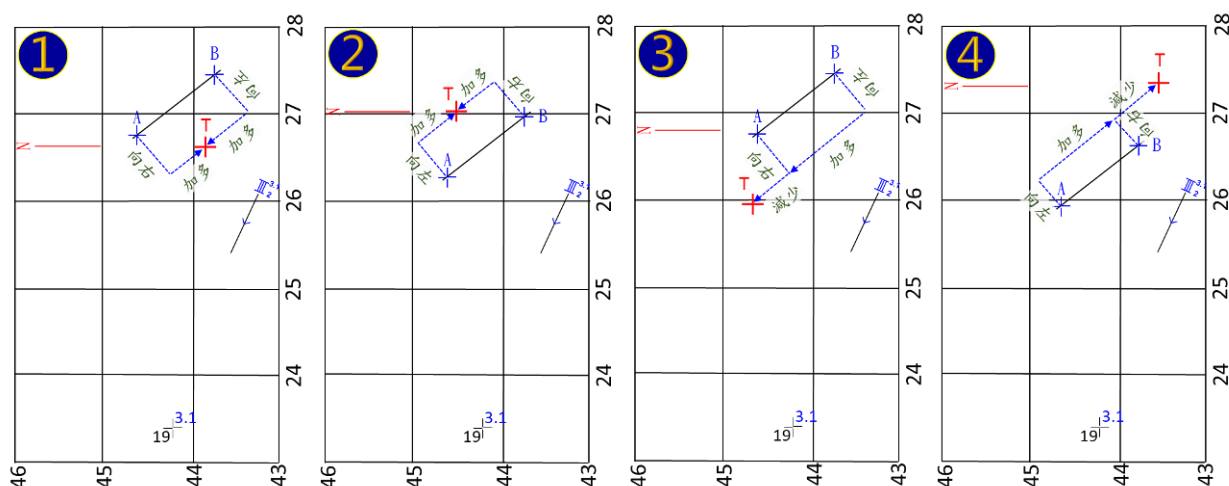


圖 9 射擊圖上目標與基線端點相對關係示意圖



圖 10 轉移量計算示意圖

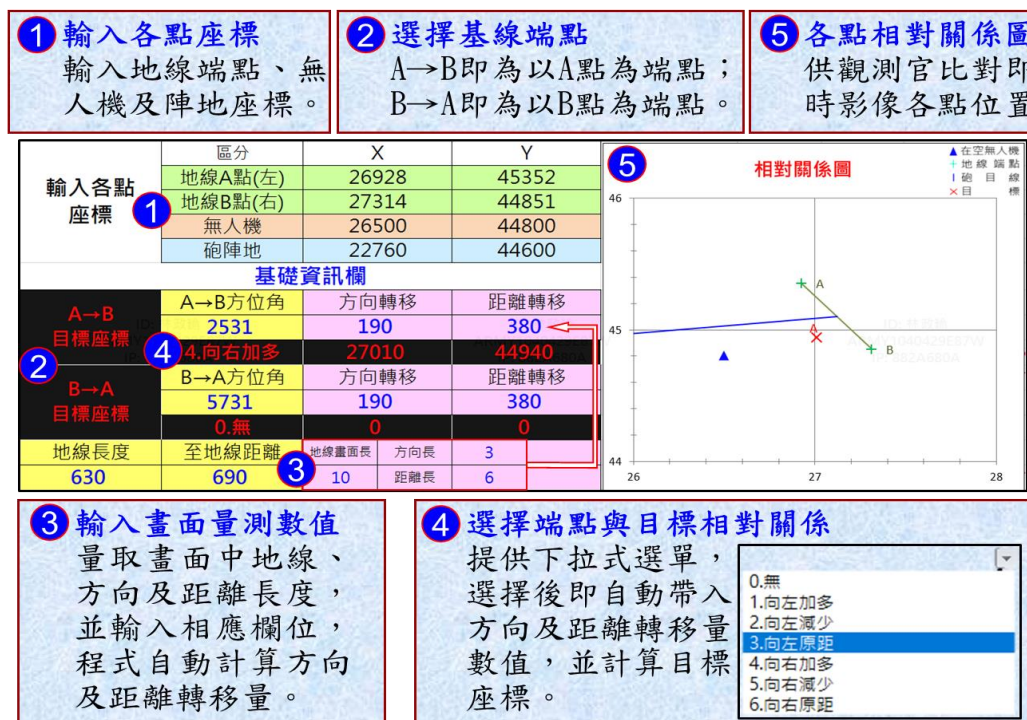
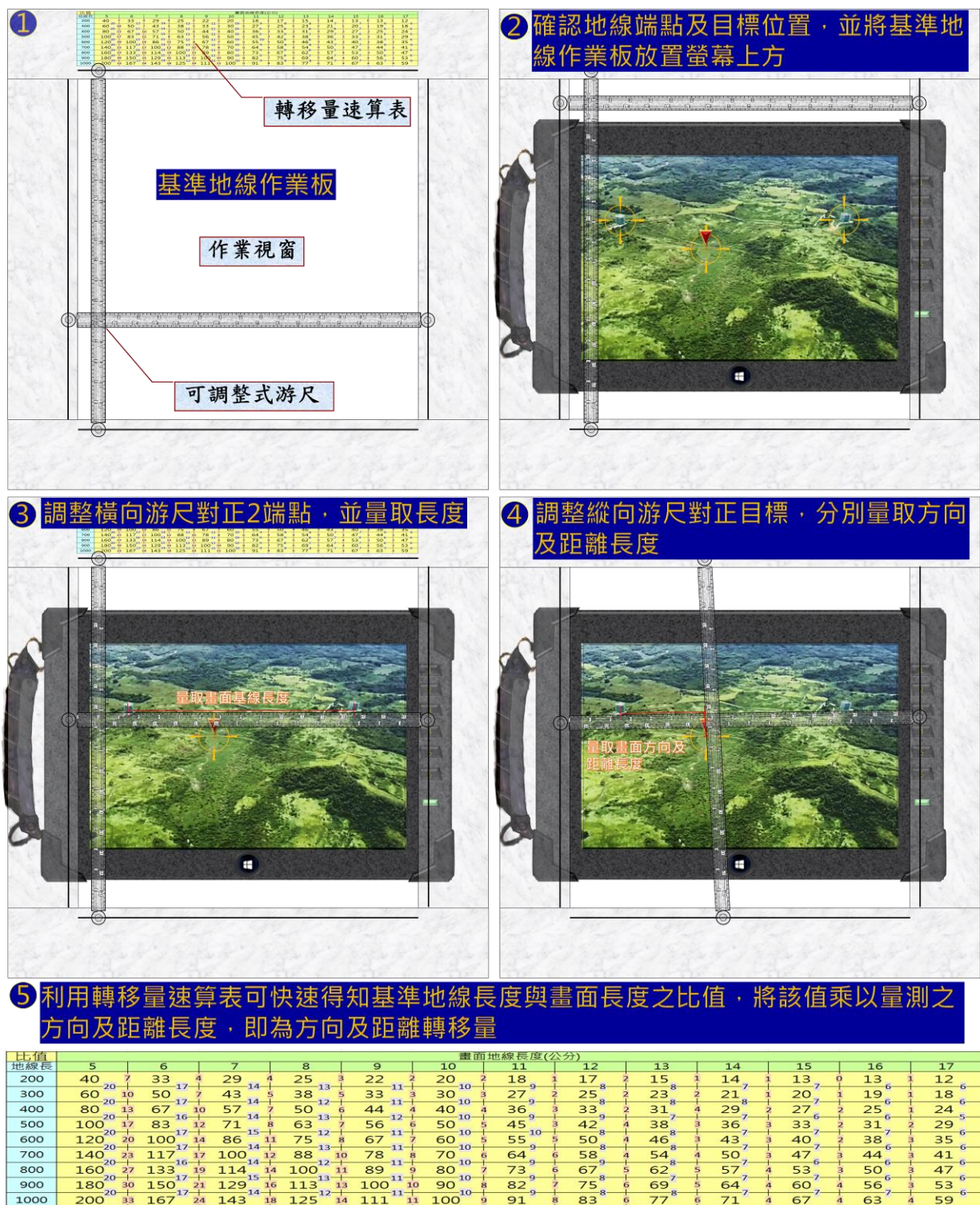


圖 11 基準地線輔助程式介面圖示



2、砲目線轉移

(1) 說明：目標指示法應以前述所列各法為優先，其原因為此法不似基準地線法，可直接建立目標區空間比例尺，而須憑藉觀測官經驗及空間感掌握度，計算已知（參考）點至目標之方向及距離轉移量，通常已知（參考）點距目標越遠精度越差。為提升目標定位精度，平時飛行可針對較不易遭敵反制及易於觀測

作業之距離及高度（距離：600 至 1000 公尺；高度：300 至 800 公尺⁵）實施訓練，使觀測官熟悉此區間影像畫面，有助於建立準確空間感，提升作業成效。

（2）作法：目標區周圍有已知或參考點可定於射擊圖上，且觀測官須清楚砲陣地位置或火炮通過已知（參考）點概略方位角，並操作無人機靠近砲目線，評估至目標之方向及距離轉移量（如圖 13），回報射擊指揮所，於射擊圖定點（作業方法等同基準地線法）如：「從參考點、向右 290、減少 150」。



圖 13 砲目線轉移作業示意圖

資料來源：作者自行拍攝及彙整

二、射彈修正作業（決定修正基準線）

與地面觀測最大不同在於因空中觀測無固定觀目線，射彈修正必須以「砲目線」或「基準地線」為修正基準，且在選擇使用何種目標指示法時即同時決定修正基準線，如表 3 所列，座標指示法及砲目線轉移法綁定砲目線，基準地線轉移法則綁定基準地線；由於戰場景況複雜使無人機與目標之相對關係均為隨機（距離不定、高度不定），若目標區無基準地線可為作業之參考，則容易使觀測官對於彈著與目標之方向及距離修正量產生困惑（如圖 14），如何解決此一困境即為射彈修正技術發展之重點，說明如後。

（一）基準地線

1、說明：基準地線可同時做為目標指示及射彈修正、後續目標轉移之基準線，此線對於觀測官而言直觀、易於作業、精度可靠，並且於引導砲兵火力射擊及目標轉移作業之全程，均為同一作業方法，惟須注意，與基準地線轉移法相同，若無人機俯仰視角非垂直，則從基線往遠方位之距離較實際計算值為大，近方位則較小。

2、作法：依目標方眼射擊法作業原理，以基準地線取代觀目線，射彈之距離修正與地線平行、方向修正與地線垂直，觀測官以目標指示相同之端點，量測

⁵以戰術近程無人機（長 1.8 公尺、寬 40 公分）多次配合本部實彈射擊飛測所得參數，在天候及能見度良好情況下，於距目標 1 公里（無人機與目標之斜線距離）、相對高度 600 公尺以上，已難以聽見及看見。

畫面中彈著至端點之方向及距離長度，再扣除目標方向及距離長度，以差算法計算射彈之方向及距離修正量，回報射擊指揮所定點，此法之優點為無需考慮 T 角是否過大即可修正（如圖 15）。

3、輔助作業：以基準地線板及程式輔助作業，可達事半功倍之效果，作業方法如圖 16 所示。



圖 14 無人機與目標相對關係隨機之彈著點影像

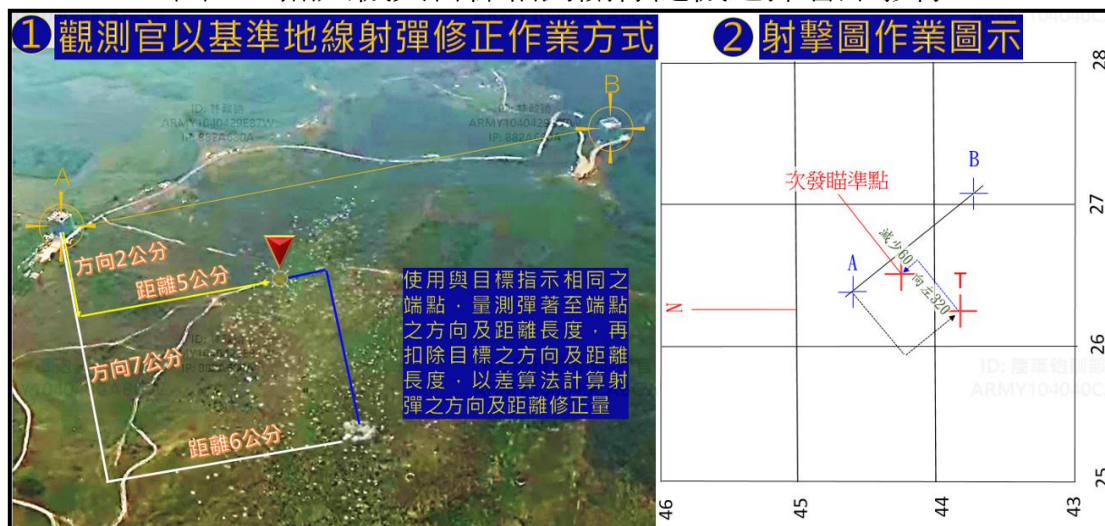
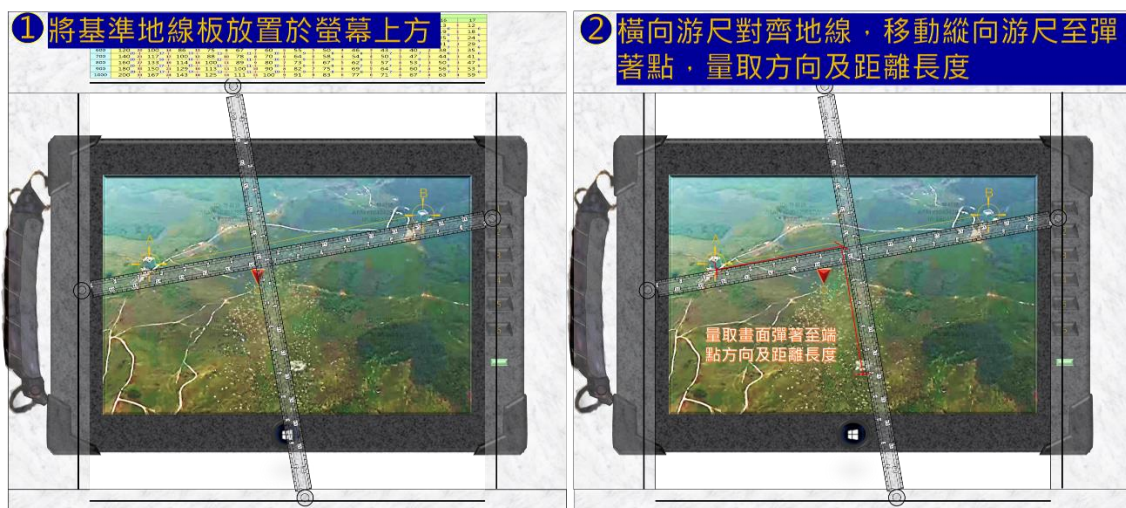


圖 15 基準地線射彈修正示意圖



③ 由於目標指示作業時，已於程式輸入所有資訊，因此僅須再輸入所量取彈著至端點之方向及距離長度，程式自動計算方向及距離修正量



圖 16 以基準地線板及程式輔助作業示意圖

資料來源：圖 14 至 16 均為作者自行拍攝及彙整

（二）砲目線

1、說明：砲目線是最常用且最不受限之射彈修正（目標轉移）基準線，美軍於阿富汗戰爭就常運用偵察專用（僅有即時影像）之渡鴉無人機（RQ-11⁶）以砲目線法修正砲兵火力。

2、作法：無人機準備執行射彈觀測時，必須飛抵接近砲目線，若觀測官對於影像距離掌握度不佳，可指揮射擊指揮所不變動火炮方向，於原距離及距離加減 200（或 400）公尺各射擊一發砲彈，便可為觀測官建立此空間之「距離梯尺」，此概念亦可用於建立「方向梯尺」，再依梯尺比例，判斷方向及距離修正量（如圖 17），以等量反向修正法則實施射彈修正。⁷

3、輔助作業：

a.程式：基準地線法或距離（方向）梯尺提供吾人一個「空間比例尺」的概念，更進一步思考，若可於輔助程式內建立「連續空間轉換投影」邏輯（如圖 18），便可在任意處建立比例尺後，由程式自動轉換為符合任何目標區之比例尺，以此概念作為輔助程式發展的技術軸心，可大幅提升砲目線法作業精度、速度，並且減少限制條件（如圖 19），優點如次：

- （a）目標區無須任何明顯地線，限制較少。
- （b）無須於目標區建立距離或方向梯尺，減少彈藥消耗及暴露我方陣地。
- （c）器材簡易（短尺或基準地線板均可）、步驟簡單，節省時間約 3 分鐘。

⁶<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw> 渡鴉式無人偵察機，為手拋且可拆解式定翼無人機，無須降落跑道，2022 年 12 月 23 日。

⁷《陸軍野戰砲兵射擊指揮訓練教範》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 103 年 10 月 30 日），頁 5-64。

(d) 自動轉為砲目線修正量，無人機無須接近砲目線即可執行射彈修正。

(e) 使用輔助程式可減少 1 次試射。

b.作法：於地面導控站附近找尋 2 個可判定座標之校正點，2 點連成之線為校正線（同基準地線之概念），操作無人機飛抵可觀測校正線之位置，並記錄無人機座標、高度（均可隨機）與量測螢幕中校正線長度，輸入程式後即完成空間比例尺建立；由於程式可將觀目線轉換為砲目線，飛抵目標區後，僅需量測並輸入炸點與目標之方向及距離長度，即可得到修正報告數值（如圖 20）。

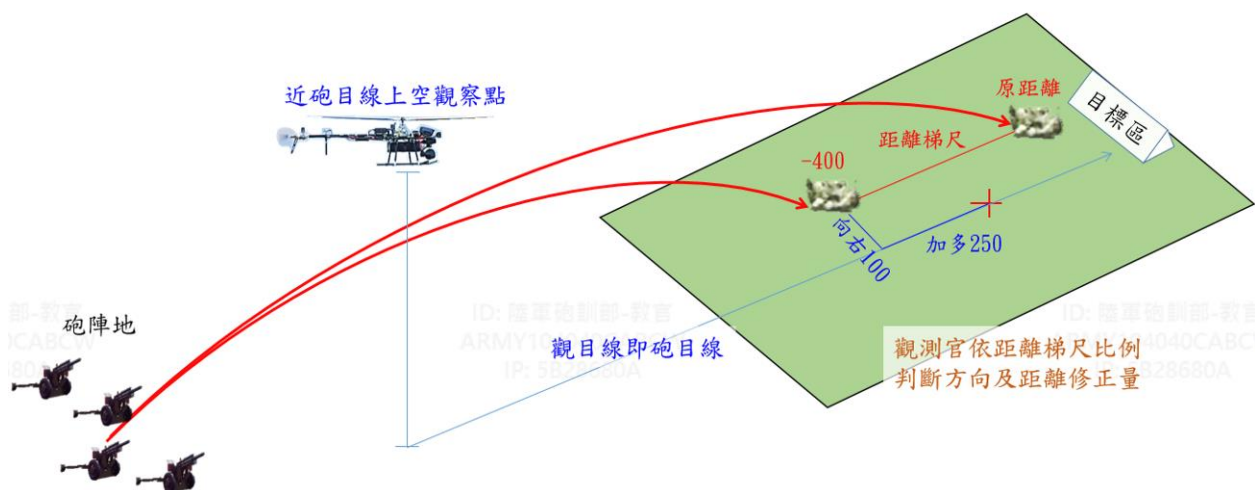


圖 17 砲目線距離梯尺射彈修正示意圖

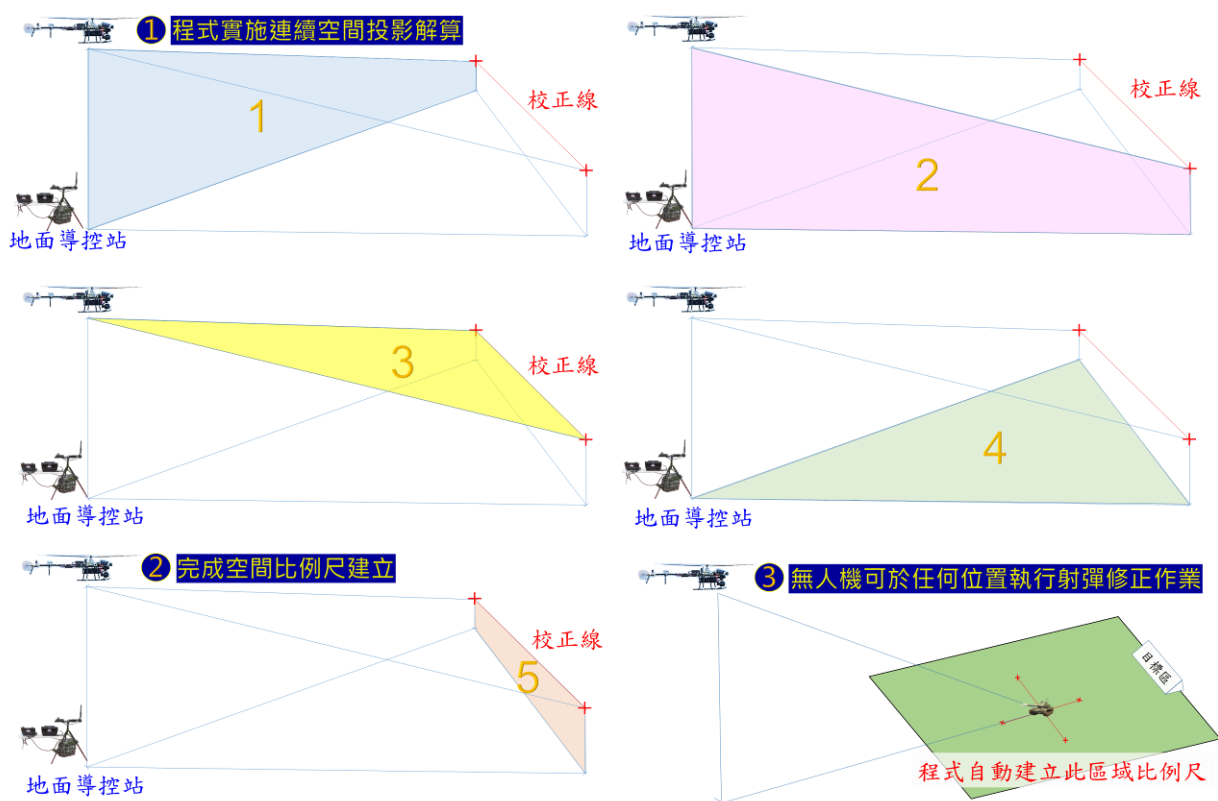


圖 18 建立空間比例尺概念示意圖

① 輸入校正點座標
輸入校正點、無人機座標。

② 輸入畫面校正線長度
將校正線於畫面中成概略橫向或縱向。

③ 輸入各點座標
輸入陣地、目標、無人機座標。

一、起飛校正基準				
輸入各點位座標 ①	區分	X	Y	H(標高)
	無人機座標	26820	46100	100
	校正點A(左遠)	27040	46120	6
	校正點B(右近)	26990	45900	20

基礎資訊欄 ②				
	至線距離	校正線長	跨度(密位)	縱向視距
	232	226	917	59
	量橫向線長	6.0 cm	得縱向線長	1.6 cm
	量縱向線長	0.0 cm	得橫向線長	0.0 cm

二、飛抵目標區				
輸入各點位座標 ③	區分	X	Y	H(標高)
	砲陣地	68900	40000	0
	目標	67700	41000	15
	無人機	67900	40500	400

基礎資訊欄				
砲目方位角	觀目方位角	羅盤度數	T角	觀目距離(斜)
5508	6012	338	505	662

三、射彈修正報告 ④ ⑤				
從炸點量	方向長度	1.5	修正報告 (觀目線)	1.向左加多
	距離長度	0.8		方向 160
				距離 155

⑥ 轉砲目線之修正報告	
方向	73
距離	213

④ ⑤ 輸入彈著偏差長度及修正報告
輸入畫面彈著偏差方向及距離長度，於下拉式選單選擇後，即得到從觀目線之方向及距離射彈修正量。

- 0.無
- 1.向左加多
- 2.向左減少
- 3.向左原距
- 4.向右加多
- 5.向右減少
- 6.向右原距

⑥ 砲目線修正報告
程式自動將觀目線所得之修正報告數值依T角自動轉換為砲目線之數值。

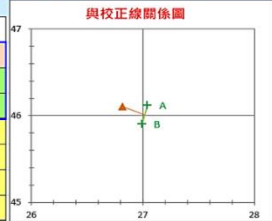
圖 19 砲目線輔助程式介面圖示

① 找尋校正點決定期座標，並量取該線長度



2 輸入各點座標及校正線長度，完成空間比例尺建立

一、起飛校正基準				
輸入各點位座標	區分	X	Y	H(標高)
	無人機座標	26820	46100	100
	校正點A(左遠)	27040	46120	6
	校正點B(右近)	26990	45900	20
基礎資訊欄	至線距離	校正線長	跨度(密位)	縱向視距
	232	226	917	59
	量橫向線長	6.0 cm	得縱向線長	1.6 cm
	量縱向線長	0.0 cm	得橫向線長	0.0 cm

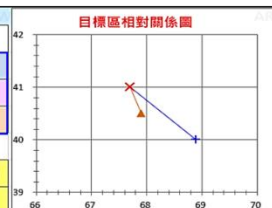


3 飛抵目標區，決定目標座標



4 輸入各點座標，完成比例尺轉換

二、飛抵目標區				
輸入各點位座標	區分	X	Y	H(標高)
	砲陣地	68900	40000	0
	目標	67700	41000	15
	無人機	67900	40500	400
基礎資訊欄				
砲目方位角	觀目方位角	羅盤度數	T角	觀目距離(斜)
5508	6012	338	505	662



5 量取畫面中彈著至目標之方向及距離長度



6 輸入數值後，即得以砲目線為基準之方向及距離修正量

三、射彈修正報告				
從炸點量	方向長度	1.5	修正報告 (觀目線)	1.向左加多
	距離長度	0.8	方向 距離	160 155
轉砲目線之修正報告				
			方向	距離
			73	213

圖 20 以砲目線輔助程式作業步驟示意圖

資料來源：圖 17 至 20 均為作者自行拍攝及彙整

三、小結

針對 2 種目標指示法、5 種作業方法之飛測及驗證成果綜整如表 4，其中座標指示法「雷射座標」之成果已滿足「精準射擊」所需目獲精度，⁸而「現地對照」及「上空懸停」結合輔助程式後，可試射 1 發等量反向修正或不經試射，以排（4 砲）效力射火制正面彌補目獲誤差；餘方法雖均可執行射擊要求，惟誤差必須藉由至少 2 次試射方能消除，未來兵監或駐地教育訓練之重點，可著重於強化訓練觀測官熟練分辨不同視角畫面，以建立準確空間及方向感，應可提升作業成效，期望使誤差小於 50 公尺，達到以排火力試射 1 發或於獲得修正量之條件下不經試射逕行效力射之目標。

表 4 目標指示精度及試射次數

目標指示法		目標指示誤差 (公尺)	人工作業 試射次數	輔助程式 試射次數	說明
座標指示法	極座標 (雷射標定)	<10	0-1	0-1	滿足「精準射擊」所需目獲精度
	現地對照	10-20	1-2		排(4 砲)射擊，結合輔助程式，試射 0-1 發等量反向修正效力射
	上空懸停	20-30			
已知(參考) 點轉移法	基準地線轉移	50-80	2-3	1-2	排(4 砲)射擊，結合輔助程式，試射 1-2 發等量反向修正效力射
	砲目線轉移	60-90			

資料來源：作者自行彙整

無人機引導砲兵火力射擊程序

美軍鑒於納卡及俄烏戰爭大量運用低、慢、小型無人機於局部戰爭執行偵蒐、誘敵、打擊、反火力、反輻射攻擊等經驗，正朝向建立此類無人機與火力支援小組的整合架構，完善火力要求作業程序，然而此類無人機雖然發揮極大作戰效益，但滯空續航力、影像圖傳及導控距離均為運用之限制因素，故是類無人機戰術運用時機及方式均須嚴謹律定，因此藉數次飛測所得成果後，針對引導砲兵火力射擊訂定作業程序共計五個步驟，分述如次：

一、步驟一－擬定並執行飛行計畫

（一）說明：此類無人機具備高機動性、高便利性及計畫可變動性，不易影

8 《ATP 3-09.30 Observed Fires》(Washington, DC, 2017 年 9 月 28 日)，頁 1-1，「精準射擊」所需五大條件為：「精確之目標位置與大小 (Accurate target location and size)」、「精確之射擊火砲位置 (Accurate firing unit location)」、「精確之武器與彈藥性能 (Accurate weapon and ammunition information)」、「精確之氣象資訊 (Accurate meteorological information)」及「精確之諸元計算 (Accurate computational procedures)」。

響我友軍空中飛航安全，無須建立專用飛行走廊，空域使用仍以空軍及陸航飛行器為主，UAV 組於飛行計畫中須能得知空中安全管制作為及空中友軍資訊，律定以時間、空層或路徑管制方式，操作無人機主動迴避，可降低火協空域管制上額外負擔。

(二) 執行：旅(作戰區)參二空業官依據火力支援要項需求，將砲兵營無人機納入空中偵察計畫，與空中火力支援小組(含空域管制)完成空域協調，砲兵營情報官依空中偵察計畫及空中安全管制作為，擬定飛行計畫(須包含地面導控站開設位置、機動及變換路線、偵察區域、飛行路徑、高度及空域管制措施、備援方式)，並交付 UAV 組執行飛行計畫。

二、步驟二－傳遞目標情報，並決定目標指示法

(一) 說明：無人機噪音低、體積小、隱匿性高、機動性強，適合執行戰術偵察和監視任務，提供我軍所欲打擊敵軍實體對象之目標情報，偵察之重點置於優先以砲兵火力打擊之目標，如指管通資、火箭、火砲、防空武器、主戰裝備、運輸載具及後勤輜重等高價值目標，發現目標後無人機持續鎖定目標，並概略決定其位置，再藉由無線電或加密式無線網路等手段，傳送目標情資至旅(作戰區)火協實施分析及研判，UAV 組接獲火協射擊命令後，須迅速決定目標指示法及基準線以引導火砲射擊。

(二) 執行：戰場目標偵察通常採局部地區偵察(點偵察)方式，針對飛行計畫指定之任務地區及所欲獲取目標情報資料詳細偵察，可飛行於目標側翼，保持遠距監視，調整光學鏡頭倍率，並採較高飛行姿態，避免遭敵發現或反制，此類無人機運用於防衛作戰，較適用於灘岸火殲、灘岸戰鬥、反擊作戰、縱深及城鎮作戰等階段，而觀測官應確實瞭解上述階段可能遭遇之高價值目標，以利執行空中偵察時可快速識別目標，並依各階段作戰之場域，預先選擇適合之目標指示法及射彈修正基準線(如表 5)。

三、步驟三－下達射擊要求，並持續觀測目標

(一) 說明：空中觀測因無固定觀目線，無須報告觀目方位角，且無人機可能欲隱匿形蹤或受反制等因素，而暫時脫離原觀測位置，因此通常用「待令放」控制發射時機，以利射彈觀測與修正；另射彈修正必須以「基準地線」及「砲目線」為修正基準，因此須於射擊要求中說明使用之基準線，於射擊要求下達前，若能重複確認目標位置，適度修正指示法，可提升射擊精度。

(二) 執行：空中觀測各目標指示法之射擊要求內容與地面觀測均為相同形式，減少兩者差異處，避免混淆並可提升訓練成效(如表 6)。

四、步驟四－射彈觀測與修正方法

無論以基準地線(與地線平行者為距離修正，與地線垂直者為偏差修正)或

砲目線（須確知砲陣地位置，利用圖台或地圖資訊，於影像畫面概略決定砲目線方向）為射彈修正基準，均與地面觀測以觀目線為修正基準方式不同，且無人機於每發射彈間之觀測位置可能會產生變動，因此以等量反向之射彈修正方式使射彈逐次靠近目標，較某一線上遠近夾差來的更為理想，可使觀測官於空中觀測畫面中較易掌握射彈修正量；另考量空中觀測因係垂直觀測炸點與目標之關係，故對空炸信管炸點高度之判定，甚感困難，不做炸高觀測及修正，餘相關內容同前段「射彈修正作業」所述。射彈修正報告內容：「**建國 12，我是中興 24，修正報告—向右九洞、加多麼三洞，要求效力射**」。

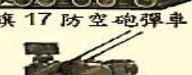
五、步驟五－戰損評估，任務結束

（一）進入效力射階段，可放大鏡頭倍率以利確認效力射效果及戰損評估（如圖 21），任務完成後，UAV 組依地面觀測報告要領，向射擊指揮所報告攻擊效果，如「**任務完成，敵集結車輛大部被摧毀，少部向北逃竄，無人機返航換電**」。若評估無人機電量尚足，則無須返航換電，可持續執行次一射擊任務，如任務均在起飛前已經計畫者，則告知射擊指揮所「**按計畫實施 XX 號目標射擊任務**」即可。

（二）若有任何狀況導致無法由無人機執行空中觀測任務時，亦應立即通報射擊指揮所，如「**遭敵攻擊，被迫降落**」，並評估是否可由地面觀測所或派遣任務備援機接手此一射擊任務。

表 5 各作戰階段敵高價值目標及適用目標指示法

我軍 作戰進程	距岸距離 (抵達時間)	敵軍 作戰進程	高價值目標(圖示)	目標指示法及 修正基準線
灘岸火殲	1k 至 0k (T)	突擊上陸	ZTD-05 兩棲突擊車 	1. 指示法： 座標指示法 ★優先：極座標（雷射標定） ☆次之：現地對照 2. 基準線： 砲目線
灘岸戰鬥	0k 至 (-6k) (T+32m)		ZBD-05 兩棲步戰車 	
反擊作戰			PLZ-07 式 122 自走砲  726 型氣墊船  072 型坦克登陸艦 	
城鎮作戰	-6k (T+2h40m)	陸上作戰 (中型合成旅)	08/92 式步戰車 	(如次頁)

城鎮作戰	-6k (T+2h40m)	陸上作戰 (中型合成旅)	ZTL-11 突擊車  PLL-05 120 迫榴砲  PLL-09 式 122 自走砲  PHL-11 式 122 多管火箭  紅旗 17 防空砲彈車  	1. 指示法： ★優先：座標指示法（雷射標定、現地對照、上空懸停） ☆次之：已知（參考）點轉移法—基準地線
		陸上作戰 (重型合成旅)	99/96 式坦克  89/04 式步戰車  PLL-05 120 迫榴砲 	2. 基準線： ★優先：砲目線 ☆次之：基準地線
城鎮作戰	-6k (T+2h40m)	陸上作戰 (重型合成旅)	PLZ-07 式 122 自走砲  89 式履帶多管火箭  紅旗 17 防空砲彈車 	(同上頁)

資料來源：圖片來源為詹氏年鑑，表格作者自行彙整

表 6 各目標指示法射擊要求內容

項次	目標指示法	射擊要求內容
一	座標指示法 雷射標定	O1 空中觀測～，雷射標定座標 34120、50450，敵通信中心，待令放、要求效力射
二	座標指示法 現地對照	O1 空中觀測～，對座標 34120、50450、砲目線，敵通信中心，待令放、要求效力射
三	已知（參考）點轉移法 基準地線法	O2 空中觀測～，從 A 點、基準地線、向右 250、減少 300，敵指揮所，待令放、要求試射
四	已知（參考）點轉移法 砲目線法	建國 18 空中觀測～，從 AB0101、砲目線、向左 270、加多 350，敵彈藥堆積所，待令放、要求試射

資料來源：作者自行彙整

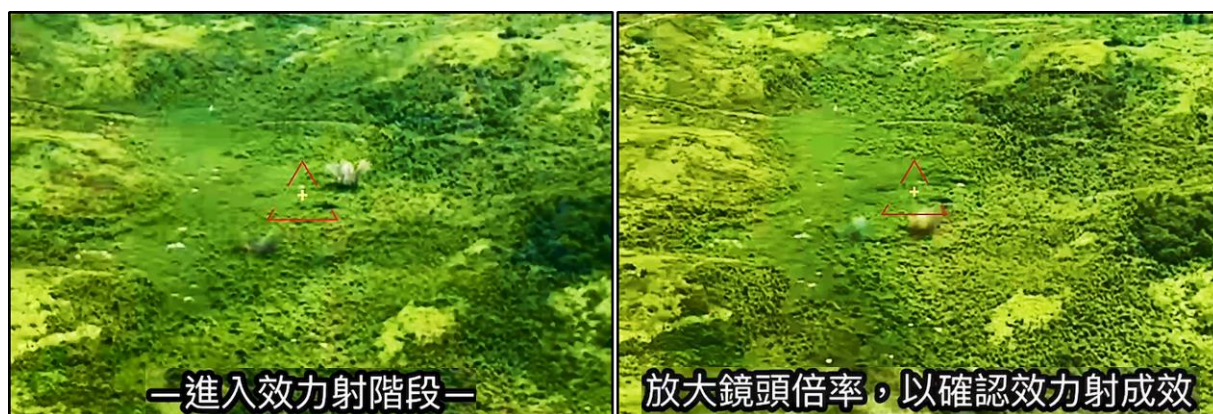


圖 21 確認效力射效果及戰損評估

資料來源：作者自行拍攝及彙整

實戰化訓練作為

為使無人機可實際運用於戰場，完備其效益，訓練要項區分教訓測三階段依序施訓，第一階段由兵監實施基礎訓練，第二階段於部隊駐地建立訓練課程及場地，第三階段綜合運用於砲測中心及聯訓基地執行實彈測考。

一、第一階段－兵監基礎訓練

為滿足引導砲兵火力射擊任務需求能力，應分別針對「飛行操作（飛行執照獲取）」、「戰術運用（目標偵蒐及引導火力）」、「火協作業（飛行計畫擬定及空域協調管制）」、「實戰訓練（戰鬥教練及實彈射擊）」等四部分實施無人機教育訓練，就引導火力射擊（空中觀測）課程設計而言，區分為「空中觀測程序與要領」及「空中觀測實彈射擊」兩大核心訓項（如表 7），施訓對象為通過無人機飛行操作及具備地面觀測職能之人員，時數共計 70 小時；另現有觀測模擬器（舊式）功能可有限度輔助教育訓練，使學員初步熟悉空中觀測技術及視角，在換裝新式觀測模擬器後，更可強化執行或變更飛行計畫及實際執行目標偵蒐等訓練。

二、第二階段－部隊駐地訓練

部隊駐地無論場地、師資、輔具等教學能量遠不足兵監完備，單位應循兵監無人機核心訓項並利用駐地可用資源，制定符合單位特性之課程規劃及場地配置，使兵監教育訓練得以延伸至部隊，說明如次：

（一）飛行操作場地設置：依各式無人機技令於營區內設置適合起降訓練場（以戰術近程無人機為例，技令規範起降場需 30X30 公尺空曠無遮蔽之場地），實施熟飛訓練，單位應注意依民航局「民用航空法遙控無人機專章」規範，⁹要求務必遵守「無人機空域法規限制」（如圖 22），¹⁰飛行於營區上空或已申請空域

⁹民航局，民用航空法遙控無人機專章，2019 年 8 月 14 日，<https://www.caa.gov.tw/Article.aspx?a=2194&lang=1>。

¹⁰民航局管理：400 呎以上、禁限航區、飛行場四週；直轄市（縣市政府）管理：400 呎以下，可至民航局空域查詢系統實施空域查詢。

管制之演習場域。

(二) 目獲暨目標辨識訓練：測量班於營區內路口、建築等處設立基準點，並完成標示及測地作業，可供 UAV 組以地圖或數位圖資實施座標指示或已知點轉移訓練，核對測地座標；另可於營區內針對應變部隊、主戰裝備、運輸載具、偽裝工事等實施戰場目標偵蒐及情資傳遞訓練，同時驗證部隊偽裝與無人機反制成效。

(三) 戰術區域勘查：藉本、外離島、作戰區反登陸作戰實彈射擊空域申請時機，操作無人機對敵進襲可能路線周遭兵要地形環境，如高大建築、顯著地物、河流、重要路口，影響飛行及通訊傳輸之高壓電塔、電纜等實施勘查，紀錄並建立飛行資料檔案；另外針對不同高度、距離等空中影像畫面，可拍照（錄影）並彙集成影像資料庫，供 UAV 組於駐地實施影像分析及地形、地物識別訓練。

(四) 防空部隊對抗演練：砲指部配賦目獲型無人機可藉無人機飛行訓練時，於營區內同步開設蜂眼雷達實施偵測與反偵測對抗演練，除可相互了解各別特性，制定具體作為，並可同時驗證部隊情報傳遞與無人機反制成效。

表 7 空中觀測課程設計規劃

課目名稱	課程內容		訓練時數
空中觀測程序與要領	目標指示法	1.座標指示法 2.已知（參考）點轉移法	21 小時
	射擊要求及射彈修正報告	1.基準地線法 2.砲目線法	
	觀測模擬器訓練（舊式）	1.地圖及衛照圖判讀 2.校正點選擇訓練 3.空中觀測射擊練習	35 小時
	觀測模擬器訓練（新式）	1.執行飛行計畫（立即修正飛行計畫） 2.目標偵蒐及情資回傳 3.空中觀測射擊練習（含建立空間基準）	
空中觀測實彈射擊	地面導控站開設及變換		14 小時
	空中觀測實彈訓練		
	地形、地物飛行識別		
	訓後檢討		
訓練對象	需通過無人機飛行操作及具備地面觀測職能之人員		
預期成效	經由原則講解、模擬器訓練及實彈射擊課程，使原已具備地面觀測職能之學員，獲得空中觀測技術，有利於單組或多組同步執行地面及空中觀測任務，減少技術協調、縮短作業時間。		

資料來源：作者自行彙整

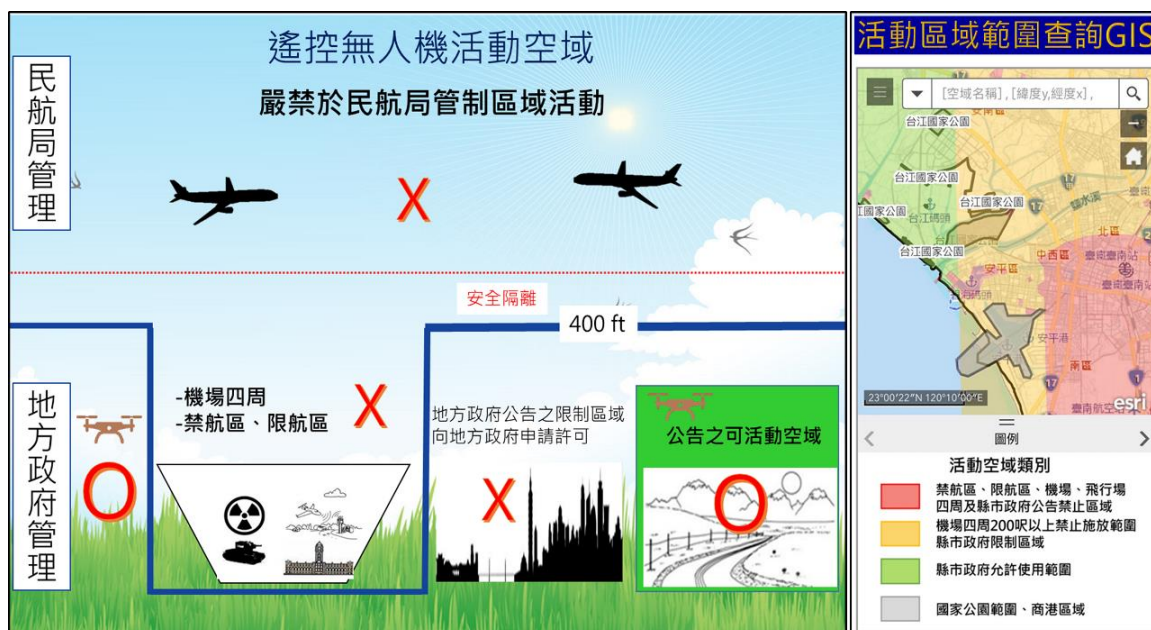


圖 22 無人機空域限制示意圖

資料來源：民用航空法遙控無人機專章及民航局空域查詢系統

三、第三階段－基地實彈測考

（一）普測階段納入空中觀測學科鑑測，包含飛行計畫、空中觀測技術及目標影像識別等項目，鑑測對象為進訓單位營情報官、觀通組長、觀測士。

（二）於營、連教練階段未實彈週次，實施目標區及地面導控站開設場地勘查；另進訓單位於未實彈週次可配合當週實彈射擊單位，完成目標區環場熟飛訓練。

（三）實彈射擊週次則結合測考想定，驗證重點置於火協組空中偵察計畫及空域管制協調作為、飛行計畫（空偵航路與導控站部署規劃）是否適切可行、依空中觀測程序引導砲兵火力及射擊效果評鑑（如表 8）。

表 8 砲兵無人機基地測考訓測規劃

測考階段	週次	訓測規劃
普測	2	空中觀測學科鑑測（飛行計畫擬定、空中觀測技術及目標影像識別）
換裝訓練暨連教練	2	1.無人機針對訓場完成環場熟飛訓練。 2.配合連教練實彈射擊，以無人機目獲結合地面觀測射擊。
營教練	7	1.不實彈週次：目標區及地面導控站開設場地勘查，並完成目標區環場熟飛訓練。 2.實彈週次：配合火協組測考想定，驗證空偵計畫及空域管制協調作為、飛行計畫是否適切可行並以無人機引導砲兵火力執行空中觀測實彈射擊科目。
期末測驗	2	增設空中觀測實彈射擊科目，納入期末鑑測射擊效果成績。

資料來源：作者自行彙整

結論與建議

一、結論

「觀測」為引導砲兵火力最直接且最有效之手段，自從無人機大量運用於現代戰爭後，更是直接克服地障限制，如同烏克蘭士兵所言彷彿化身「空中之眼」般親臨敵陣，縮短了目標情報至打擊鏈之間的時間，提升對時間敏感性目標的攻擊效果，因此，依戰術型無人機「損小、效高」之特性發展執行擊殺鏈之通用作法，確實符合提升我軍不對稱作戰戰力增長所需條件（**戰力增長=低成本+快速技術升級週期+多面向的實務應用刺激**），¹¹然而在無人機構型與運用方式持續不斷改變情況下，實難以獲得應用於實際作戰之最佳方法與程序，且亦同步縮短了空中觀測技術發展週期，未來仍須廣泛蒐整各國發展現況及戰場投入結果，依據各型無人機能力及運用觀念，持續修正作業程序及相關技術，期能滿足作戰需求。

二、建議

（一）擴展學術交流管道：民間無人機產業發展蓬勃，農噴、植保、航拍等飛行技術相關資訊及觀念，相較軍方於平時使用無人機之環境更為開放，可為我軍參考，因此兵監應建立與民間無人機開發或運用單位學術交流之管道，蒐整教學研究資料，作為授課及準則修訂依據。

（二）發展輔助作業程式：本研究所擬無人機空中觀測輔助作業程式建立於純視覺理論基礎上，因此，適用於各式機型，並可簡化作業流程、降低誤差，待後續蒐整更多機型及實彈射擊場地相關參數確認無須修正後，建議將程式功能建置於陸軍指管系統相關功能內，供部隊訓練及實彈使用。

（三）影像情報專人專責：影像判讀為專業技術，在面對多方及大量影像情資時，更須經過專業訓練人員快速分析及處理，否則作戰時機稍縱即逝，為滿足作業能量，建議於作戰區（旅）火協增設影像情報士 1-2 員（須具備地面及空中觀測職能），協助處理空中影像識別、目標性質及關聯，提升情報準確性，縮短反應時間，快速執行擊殺鏈，並可為專業觀測士官經管之延伸。

（四）建構聯戰訓練機制：藉由兵監教育、駐地訓練及實彈測考所得經驗及成果，逐漸完備無人機戰術運用及技術修正，將驗測模式呈報國防部納入聯訓基地訓測要項，通過實戰化練兵和演習，磨練戰場偵蒐、指管、打擊之鏈路，檢驗聯合作戰無人機運用效能，提升實戰化訓練成效。

參考文獻

- 一、《ATP 3-09.30 Observed Fires》(Washington, DC, 2017 年 9 月 28 日)。
- 二、《陸軍野戰砲兵射擊指揮訓練教範》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 103 年

¹¹袁瑋呈、劉士豪，〈創新作戰概念研究—以「國家關鍵基礎設施防護—機場防禦」角度檢視反制「遊蕩式自殺無人機」具體作為〉《洞見與攻略》（臺北），第 13 期，國防部，民國 111 年 3 月，頁 61。

10 月 30 日)。

- 三、《陸軍野戰砲兵觀測訓練教範》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 111 年 10 月 30 日)。
- 四、范薰彥，〈強化聯兵營戰術偵蒐效能－無人機飛行載具運用作為之研究〉《步兵季刊》(高雄)，陸軍步訓部，第 283 期，111 年 2 月。
- 五、袁瑋呈、劉士豪，〈創新作戰概念研究—以「國家關鍵基礎設施防護—機場防禦」角度檢視反制「遊蕩式自殺無人機」具體作為〉《洞見與攻略》(臺北)，第 13 期，國防部，民國 111 年 3 月。
- 六、<https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw> 渡鴉式無人偵察機，2022 年 12 月 23 日。
- 七、CTWANT，俄烏戰爭/烏無人機發現俄軍陣地，展開反砲兵打擊接連轟炸(2023 年 5 月 10 日報導)，<https://youtu.be/284cbsbR49M?si=et1KrWN5cPOLfNKa>。
- 八、TVBS 新聞網，烏克蘭部隊高度無人機化改裝大疆無人機俄軍懼怕(2023 年 6 月 29 日報導)，<https://news.tvbs.com.tw/amp/world/2165793>。
- 九、百科知識中文網，〈<https://jendow.com.tw/wiki/無線圖傳>〉，2022 年 10 月 27 日。
- 十、中時新聞網，勞民傷財，烏克蘭每月損失 1 萬架無人機(2023 年 5 月 22 日報導)，<https://www.chinatimes.com/amp/realtimenews/20230522004840-260417>。
- 十一、自由時報，建立不對稱戰力，三軍採購 1779 架軍用商規無人機(2023 年 8 月 21 日報導)，<https://def.ltn.com.tw/amp/article/breakingnews/4413246>。
- 十二、自由時報，5 款軍用商規無人機量產將逾 3000 架，原型機 7 月底交機見真章(2023 年 3 月 10 日報導)，<https://def.ltn.com.tw/amp/news/politics/breakingnews/4235238>。
- 十三、民航局，《民用航空法遙控無人機專章》，2019 年 8 月 14 日，<https://www.caa.gov.tw/Article.aspx?a=2194&lang=1>。
- 十四、民航局，《遙控無人機術科測驗政策宣導影片》，2019 年 8 月 29 日，<https://www.toutube.com/@user-qp3oo6eb3k>。

作者簡介

林政諭少校，陸軍官校 93 年班機械系，歷任觀通組長、副連長、連長、參謀主任，現任職於陸軍砲兵訓練指揮部。