

砲兵測地定位定向裝備未來發展可能性之我見

作者：林柏志

提要

- 一、砲兵測地為陸軍砲兵部隊能精確獲得目標、觀測所及火砲陣地相對關係位置的重要方法，且為砲兵部隊在未換裝新型武器系統的狀態下，能協助完成精準火力打擊的重要關鍵之一。
- 二、隨服役時間進展，國軍砲兵測地使用的裝備漸屆壽期，藉由傳統測量方法，以及服役多年的 ULISS-30 定位定向系統，仍可獲得目標、觀測所及火砲陣地的座標，然傳統方法耗時且 ULISS-30 定位定向系統妥善率維持不易，在這樣的情況下，砲兵必須考慮新的裝備及方法，來提升測地效率。
- 三、在科技演進的發展條件下，利用全球衛星定位的方式來獲取座標資訊，的確為較為便利之方式，然我國並無自主研發之衛星訊號，在戰時運用狀況下，必有隱憂。

關鍵詞：定位定向系統、精準火力打擊

前言

國軍砲兵部隊自民國 87 年獲裝 ULISS-30 定位定向系統，¹裝備已使用多年，然目前裝備性能穩定，可提供精確定位定向資訊的特性，仍為我陸軍砲兵部隊測地作業倚賴的可靠測地成果來源；惟考量往後裝備妥善率可能逐年降低、重要維修料件無法獲得，及維修代價不符成本效益等因素，併同未來戰場瞬息多變與作業人力不足的多種窒礙，陸軍砲兵測地裝備需預先構思更新及提升的需求，必須考量新一代輕量化、操作容易及維修模組化等多項特點的定位定向裝備。因此，筆者評估現行作業方式及科技發展趨勢，提出個人研究見解，期能為砲兵測地發展略盡棉薄。

定位定向系統

現行採不使用傳統測量方法獲取位置座標的方式，大致區分為慣性導航系統及衛星定位系統兩種方法，簡述如次。

一、慣性導航系統²

慣性導航是利用陀螺儀和加速度計這兩種慣性感應器，藉由測量載具加速度和角速度而產生的自主式導航方法，其優點及缺點如次。

(一)優點：1.不依賴於任何外部資訊，也不向外部輻射能量的自主式系統，

1 《ULISS-30 定位定向系統操作手冊》(陸軍司令部，民 87 年 11 月 30 日)，頁 1-1。

2 華人百科，慣性導航系統特性，<https://www.itsfun.com.tw/%E6%85%A3%E6%80%A7%E5%B0%8E%E8%88%AA/wiki-8844846-3601726>，檢索日期：民國 112 年 5 月 5 日。

故隱蔽性好且不受外界電磁干擾的影響；2.可全天候全球、全時間工作於空中、地球表面乃至水下；3.能提供位置、速度、航向和姿態角資料，所產生的導航資訊連續性好而且噪聲低；4.資料更新率高、短期精度和穩定性好。

(二)缺點：1.由於導航資訊經過積分計算而產生，定位誤差隨時間而增大，長期精度差；2.每次使用之前需要較長的初始校準時間；3.設備的價格較昂貴。

二、衛星定位系統³

衛星定位系統是使用衛星對物體進行準確定位的技術，從最初的定位精度低、不能即時定位、難以提供及時的導航服務，發展到現如今的高精度 GPS 全球定位系統，可於任意時刻、地球上任意一點同時觀測到衛星，達到導航、定位、授時等功能，其優點及缺點分析如次。

(一)優點：1.可即時迅速獲得位置座標；2.系統接收裝置可迅速切換不同座標系統；3.接收裝置造價低廉。

(二)缺點：1.座標易受外在環境影響其精度（如複雜電磁環境、天候不佳等）；2.訊號易被攔截偽冒錯誤訊號，導致洩密及提供錯誤資訊；3.座標資訊為單點訊息，較不易辨別真偽。

獲取精確座標之目的

目前砲兵部隊，為求平時火炮射擊訓練安全、戰時精準打擊敵人有生力量之需求，精確座標測量，為必需之手段；然平時可利用建制測地裝備，如測距經緯儀、ULISS-30 定位定向系統等，對所需之各設施或訓練目標區域，實施座標定位及方位定向。

然以砲兵現有裝備，於平時實施防區測地，對作戰地區範圍內實施戰場經營，雖所耗費的時間及人力，為能正常實施戰備任務的現有砲兵部隊，在任務重疊情況下，略顯吃力；且在都市化發展快速的狀況下，座標與方位資料常被迫隨時更新，無法長期維持戰場經營成果，如遇定位定向系統妥善率不佳狀況下，部隊測地人員將被迫耗費更多時間及資源來完成任務。

再者，戰時轉換後，部隊雖可依賴平時防區測地產製的各目標及設施之座標，作為戰鬥前準備之依據，然一旦需依戰況變換陣地的狀況下，在非作戰計畫內之陣地、目標位置，若無法快速獲得精確之目標、陣地等座標情況下，將會大幅降低砲兵部隊火力支援的效果。

在此時空背景下，如何有效提升測地精度及速度，在耗費最少人力及時間的狀況下，不論平、戰時，均能有效快速獲得精確之座標資訊，提供射擊指揮所及陣地運用，為砲兵迫切解決的問題。以下先就砲兵現有測地裝備及技術實施探討。

3 中文百科，衛星定位系統，<https://www.newton.com.tw/wiki/%E8%A1%9B%E6%98%9F%E5%AE%9A%E4%BD%8D>，檢索日期：民 112 年 5 月 5 日。

一、傳統測地⁴

砲兵在實施傳統測地作業時，必須以精度良好的已知點作為測地統制點，使用建制測距經緯儀及方向盤等測量器材，使用導線法、前方交會法或三角（三邊）測量等測量技術，對所望之目標、觀測所及火砲陣地等位置，實施火砲射擊時所需各必要諸元及座標之測地作業，在《陸軍野戰砲兵測地訓練教範》中載列，若以測距經緯儀實施作業，作業所需耗費時間為每小時○公里之速度，方向盤則為每小時○公里之速度，且依據作戰計畫內之各設施位置距離遠近，其作業時間並非定數，以砲兵最小口徑 105 公厘榴彈砲為例，通常完成營全部測地時間，約需○分鐘，且所獲得座標及方位角等諸元，不易檢查其精度。

二、定位定向系統測地⁵

在使用 ULISS-30 定位定向系統，相對於傳統測地更加便利且快速，在臺灣地區道路交通網便捷的環境下，以較常道路速限 40 公里來推算，以砲兵最小口徑 105 公厘榴彈砲為例，完成營全部測地時間可以壓縮在○分鐘內完成，然因其必須花費時間（通常為○分鐘⁶）在精度良好的已知點完成初始校準後，才能開始作業，且易受地形因素（如高樓、無道路可供車輛通行的地區等）影響，增加作業時間，但所求得的座標及方位角精度相對穩定，且易於檢查。

三、小結

目前砲兵部隊所使用之裝備及測地技術，均可滿足平時防區測地及戰場經營成果，但若轉換成真實作戰時，以現有的裝備與技術而言，在不考慮成果精度的狀況下，每次實施營砲兵全部測地所耗費時間就需要○分鐘，且時間計算以砲兵最小口徑 105 公厘榴彈砲為例，若為射擊距離更遠的火砲，其陣地與目標及觀測所的距離將會更遠，其作業時間也會變長，在瞬息萬變的戰場，為提高戰場存活率又要兼顧精確定位定向，確保射擊效果，在新型火砲及彈藥尚無法獲得的狀況下，提升測地作業效率，絕對是增加砲兵射擊效果及戰場存活率的手段之一。

定位定向系統裝備介紹

精確定位定向，為各國軍事單位無不重點研發之科技，前段介紹現今定位定向系統大致區分為慣性導航及衛星定位兩種，但以軍事運用而言，兩種技術缺一不可，大部分先進武器系統，為求其能精確不間斷提供正確座標及方位，通常將慣性導航及衛星定位兩種技術同時設置於武器系統內，確保不會因其中一種系統損壞或被干擾而喪失其作戰優勢。

4 《陸軍野戰砲兵測地訓練教範》（桃園：陸軍司令部，民 111 年 10 月 5 日），第七章第二節第一款，頁 7-527。

5 中文百科，衛星定位系統，<https://www.newton.com.tw/wiki/%E8%A1%9B%E6%98%9F%E5%AE%9A%E4%BD%8D>，檢索日期：民 112 年 5 月 5 日

6 《ULISS-30 定位定向系統操作手冊》（桃園：陸軍總司令部，民 87 年 11 月 30 日），頁 1-9。

一、美軍 IPADS 慣性測量系統⁷

IPADS 為美國 L3 通訊公司之太空與導航部門所研發，由小型定位測量（導航）儀、控制顯示器、电瓶充電器、單柄（波羅）稜鏡與裝車設備等五大部分組成（圖 1），其特點如次。

（一）IPADS 系統採用先進之「雷射陀螺儀」：慣性系統需要「陀螺儀」（Gyros）在慣性空間內維持一固定角度，使「穩定參考平台」（Platform）保持水平，並提供「加速儀」（Accelerometers）測量水平加速度，採用先進的「環狀雷射陀螺儀」（Ring Laser Gyros, RLG），係以一般相對論觀念，利用兩束在封閉環路中以相反方向行進之雷射光波彼此間之頻率差，已獲得角速度之裝置。因 RLG 具備瞬間反應快、穩定性高、壽命長與價格低等優點，致成為軍用測量與導航系統之主流。

（二）增進戰場存活力：IPADS 藉由減少校準時間、增大作業區域與作業時間，以及經由數位地圖提供狀況預警等優異性能，可增進戰場存活力。

（三）提升測地統制能力：IPADS 可儲存 65,535 組測地資料，除可將作業地區可用之控制點、測地統制點先行儲存，作為初始校準或位置更新使用外，亦可儲存測地成果或測點諸元，俾利成果整理與傳輸作業。

（四）不依賴 GPS：IPADS 為「獨立自主」之慣性測量系統，運用既定之作業模式與零速更新時隔，無須依賴 GPS 或差分 GPS（DGPS）之輔助，即可建立測地統制與提供目標獲得設施、射擊單位等符合精度要求之測地成果。

（五）多元化顯示功能：IPADS 使用之「控制顯示器」（CDU）使用 6.4 英吋 VGA 彩色點矩陣液晶顯示，除可清晰顯示操作狀態與測地成果外，並可在數位地圖上顯示「指北（羅經）度盤」（Compass Rose），可增進車輛導航與尋找控制、統制點效能。



圖 1 美軍「改良式位置與方位決定系統」（IPADS）

資料來源：耿國慶，〈美軍砲兵「導航與定位系統」運用與發展之研究〉《砲兵季刊》，取自 L3 Communications Space & Navigation, www.L-3Com/Spacenav.15/2/2005。

⁷ 耿國慶，〈美軍砲兵「導航與定位系統」運用與發展之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 173 期，陸軍砲訓部，民國 105 年第 2 季，頁 2。

二、美軍 MAPS-H「整合式模組化定位定向系統」⁸

MAPS-H 系統(圖 2)為美軍 M109A6 式自走砲、AN/TPQ-36 與 AN/TPQ-37「反火力戰目標獲得雷達」所裝置的定位定向系統,採用美國「漢尼威爾公司」(Honeywell)自行研發 GG1342 雷射陀螺儀,具備瞬間反應快、數位式輸出信號、較不受環境干擾與結構堅固、成本低等優點,其特點如下。

(一)適應火炮射擊震動:火炮射擊震動為及特殊之環境考驗,其中低頻、高熱能脈衝來自火炮發射與制退復進產生之共振,對裝置於砲耳之「整合動態參考器」(DRU-H),造成持續 100 至 150 公尺/秒之寬頻音爆。1991 年 MAPS 設計之初即考慮此一問題,將特殊之電路基板組成與結構介面納入 DRU 之機械設計內,俾適應火炮射擊震動。

(二)提高精確性與自主性:MAPS-H 作業時,DRU 輸入已知點諸元後,即可精確顯示位置與方位資料,作業中「里程計」(Vehicle Motion Sensor,VMS)可抑制 DRU 之距離誤差。當砲車行駛時間與距離超過 DRU 之精度範圍時,可藉由系統內建「精確輕型 GPS 接收機」(PLGR)或手動「位置更新」方式,俾消除累積誤差,提供砲車更長時間與距離之任務執行能力。

(三)增進戰場存活力:M109A6 式自走砲已將 MAPS-H 整合至「自動射控系統」(Automated Fire Control System,AFCS)內,可於機動中迅速佔領陣地,利用 AFCS 自行計算射擊諸元執行射擊,待射擊後即刻迅速變換至新陣地,可避免敵方「反火力戰」危害,增進戰場存活力。

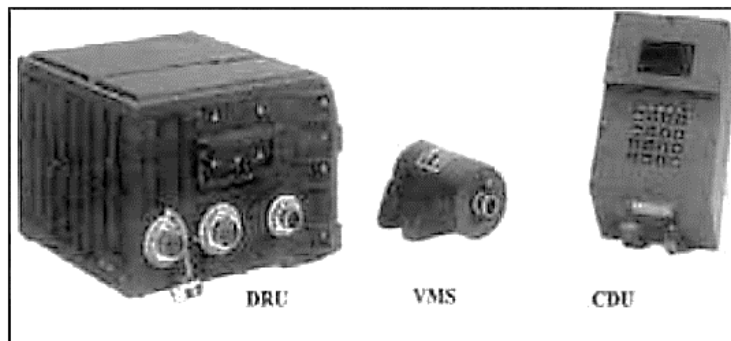


圖 2 美軍 M109A6 式 155 公厘自走砲配備之「模組化定位定向系統」
(MAPS)

資料來源:耿國慶,美軍砲兵「導航與定位系統」運用與發展之研究,砲兵季刊,取自 MAPS The Modular Azimuth Position System,Military Avionics Division Honeywell Inc,1992 年簡報。

三、LINAPS「雷射慣性砲兵指示系統」⁹

LINAPS 為配備於 M777 式 155 公厘與 M119 式 105 公厘牽引榴砲之導

⁸耿國慶,〈美軍砲兵「導航與定位系統」運用與發展之研究〉《砲兵季刊》(臺南),第 173 期,陸軍砲訓部,民國 105 年第 2 季,頁 5。

⁹耿國慶,〈美軍砲兵「導航與定位系統」運用與發展之研究〉《砲兵季刊》(臺南),第 173 期,陸軍砲訓部,民國 105 年第 2 季,頁 8。

引系統，包括慣性導航單元(含 GPS 天線)、瞄準手顯示與控制單元、里程計、電力供應模組與導航顯示器等組成(如圖 3、4)。各組成與功能，分述如後。

(一) 慣性導航單元(INU)與 GPS 接收機：

1.FIN3110L 慣性導航單元(Inertial Navigation Unit,INU)：為 LINAPS 提供導航與定位資料，基於針對砲兵需求特別設計之「固裝式」(Strap-down)環狀雷射陀螺儀，可提供不受干擾的導航信號。INU 以 Selex EO 所製造之「環狀雷射陀螺儀」(RLG)為基礎，並附加 12 頻道之 P(Y)碼或 C/A 碼 GPS 接收天線，可直接提供射向賦予與導航資料。

(1) INU 具備整合各種(如 GPS、載具里程計等)感測器之能力，經由「卡曼濾波器」(Kalman filter)混合導航解析，獲得持續與更精確之導航資料。當 INU 使用 GPS 為主要導航模式時，如 GPS 因故無法使用(信號干擾或系統判定其精度不佳時)，即可捨棄 GPS，改用里程計資料，俾達到精確「備援導航」之目的。

(2) INU 可提供精確之角度資料，如俯仰角、側傾(兩輪)角與方位角，亦有能力承受火炮射擊震動。經實驗證明，FIN3110L 可適應空中吊掛或空投，且在火炮射擊超過 300G 之爆震強度下，仍可穩定運作。¹⁰

2.瞄準手顯示與控制單元(LDCU)：「瞄準手顯示與控制單元」(Layers Display and Control Unit, LDCU)如同 LINAPS 結構的心臟，為高性能量產型組合 8.1 英吋觸控、電子冷光人機介面，單一組成即可透過介面針對系統中所有附加感測器之需求，有效率的同步執行彈道計算程序與射擊控制。另一特點則為可透過單元內之微型硬體提供導航與射擊控制能力，滿足與提供重要武器管理功能。

(二) LINAPS 特性：英軍 L118 式 105 公厘輕榴砲為最早配備 LINAPS 之火砲，由於美軍肯定配備 LINAPS 提升之效益與戰場驗證結果，亦計畫配備於 M777A2 式 155 公厘與 M119A3 式 105 公厘牽引榴砲，將牽引砲性能提升至「極致」的層次。

1.基本特性：

(1) 無需測量火炮砲位：安裝 LINAPS 之火砲放列後，可直接測量砲位(座標、標高與射向方位角)，基此英國皇家陸軍砲兵團之 L118 式 105 公厘輕榴砲部隊並無測地編組，可精簡測地裝備與員額。¹¹

10耿國慶，〈美軍砲兵「導航與定位系統」運用與發展之研究〉《砲兵季刊》(臺南)，第 173 期，陸軍砲訓部，民國 105 年第 2 季，取自“LINAPS Artillery Pointing System”(United Kingdom: SELEX Sensors and Airborne System Ltd,2005)，p2。

11耿國慶，〈美軍砲兵「導航與定位系統」運用與發展之研究〉《砲兵季刊》(臺南)，第 173 期，陸軍砲訓部，民國 105 年第 2 季，取自“LINAPS Artillery Pointing System”(United Kingdom: SELEX Sensors and A

(2) 無需設置瞄準標竿或選定遠方瞄準點：伊拉克作戰時，經常由於砲口爆震風或沙塵暴遮蔽火砲使用之「傳統度盤式瞄準鏡」，射擊任務僅能交由 L118 式 105 公厘輕榴砲執行。作戰期間共計射擊超過 10,000 發彈藥，且從未接獲故障回報¹²。

(3) 可迅速完成射擊準備：伊拉克作戰期間，安裝 LINAPS 之 L118 式 105 公厘輕榴砲由直升機載運，即使在沙塵暴中亦可於 2 分鐘內迅速變換射擊陣地，¹³並完成射擊準備。

(4) 提升射擊精度與改進複雜操作程序：2002 年 2 月實施 10 天可靠性驗證中，英軍四門參加測試的火砲每砲射擊三天，射擊總數超過 1,560 發，其中 900 發為強裝藥，系統射擊操作能力與火砲射擊精度均通過驗證¹⁴。

(5) 有利於放列、隱蔽與日、夜間運用：LINAPS 提供 L118 式 105 公厘輕榴砲定位、射向方位角與射角等數位資料，火砲可迅速、疏散放列於有利地形，不論任何天候「瞄準手顯示與控制單元」(LDCU) 皆可執行彈道計算與射擊控制。

(6) 僅需實施最小限度之訓練，即可操作：安裝 LINAPS 之 L118 式 105 公厘輕榴砲可支援自動化單砲操作與免除「傳統覘視系統」(Conventional sighting system，即瞄準鏡或週視鏡)，故減少單砲操作訓練時間約 30%¹⁵。



圖 3 雷射慣性砲兵指示系統」(LINAPS)

資料來源：耿國慶，〈美軍砲兵「導航與定位系統」運用與發展之研究〉，《砲兵季刊》，取自“Additional orders for Selex’EO/LINAPS”，<http://10.22.155.9/intraspex/intraspex.dll> StarPage > 檢索日期 2014 年 1 月 6 日。

irborne System Ltd,2005), p1

12耿國慶，〈美軍砲兵「導航與定位系統」運用與發展之研究〉，《砲兵季刊》(臺南)，第 173 期，陸軍砲訓部，民國 105 年第 2 季。

13耿國慶，〈美軍砲兵「導航與定位系統」運用與發展之研究〉，《砲兵季刊》(臺南)，第 173 期，陸軍砲訓部，民國 105 年第 2 季，取自 Rupert Pengelley，〈重新評估火砲的未來角色〉，《國防譯粹》，第 31 卷第 9 期，國防部史編局，民國 93 年 9 月，頁 86。

14耿國慶，〈美軍砲兵「導航與定位系統」運用與發展之研究〉，《砲兵季刊》(臺南)，第 173 期，陸軍砲訓部，民國 105 年第 2 季。

15耿國慶，〈美軍砲兵「導航與定位系統」運用與發展之研究〉，《砲兵季刊》(臺南)，第 173 期，陸軍砲訓部，民國 105 年第 2 季。



圖 4 安裝於英軍 L118 式 105 公厘輕榴砲左砲耳之新型瞄準手顯示與控制單元 (LDCU)

資料來源：耿國慶，〈美軍砲兵「導航與定位系統」運用與發展之研究〉《砲兵季刊》，取自“Additional orders for Selex EO / LINAPS”，<http://10.22.155.9/intraspx/CACHE/00058176/p1455637>〈檢索日期：2014 年 1 月 6 日〉。

四、坎姆考特普 S-100 無人機 (Camcopter S-100 UAV)¹⁶

(一)設計與開發：由奧地利 Schiebel 公司生產，於 2003 年至 2005 年開發；2012 年 3 月 12 日，Schiebel 宣布成功測試了公司開發的可與標準 Diamond 發動機互換的重燃料發動機。這種重燃料發動機允許使用 JP-5、Jet A-1 或 JP-8 噴氣燃料。這些燃料是船舶的標準燃料，比汽油更安全地儲存和處理；2013 年 2 月 7 日，Schiebel 在奧地利維也納新城的工廠對 Camcopter 上的 Thales Group I-Master 監視雷達系統進行了飛行測試，I-Master 系統重 30 公斤 (66 磅)，提供地面移動目標指示和合成孔徑雷達操作。

(二)裝備性能：¹⁷：最大起飛重量 (MTOW) 為 200 公斤 (440 磅)，續航時間為 6 小時 (可通過可選的外部 AVGAS 燃料箱延長至 10 小時以上)。它的最高速度為 220 公里/小時 (140 英里/小時)，升限為 5,500 米 (18,000 英尺)，作戰半徑 180 公里。它由 41 千瓦 (55 馬力) 鑽石發動機提供動力，可以攜帶各種有效載荷，例如光電和紅外傳感器。地面站之間的主要無線電鏈路佔用 5030-5091 MHz 頻段。UHF 頻段中的輔助鏈路將在 433.2125 MHz 至 434.4625 MHz 範圍內運行。

(三)特性：¹⁸

1.S-100 是一種多功能通用型無人機系統，主要由一個可根據不同使用者需求配備多種有效荷載的小型旋翼無人飛行器組成，可垂直起降，不需要發射與回收設備。操控人員一般採用兩種模式控制：一種是預先設定飛行程式自動飛行；另一種是手動操作。在這兩種模式下，無人機採用慣性導航和全球定位定向系統

16 詹氏年鑑電子資料庫，Schiebel Camcopter S-100，檢索日期：民國 112 年 5 月 5 日。

17 同註 16。

18 王強，《世界軍用無人機圖鑑》(臺北)，第 208 頁，四塊玉文創，2015 年。

雙重導航，可獲取精度較高的座標與方位。

2.S-100 無人機尺寸小，但卻具有相對較大的航程和有效載荷能力。無人機可以自動完成起飛到降落的整個飛行任務，僅由一部三重飛行控制電腦根據已有的飛行控制方法和演算法進行操控。

3.S-100 機身採用碳纖維硬殼式結構，具有優良的強度及重量比，能達到載荷能力與續航能力的最大化，在標準配置的情況下，能附載 **34** 公斤連續飛行 **6** 小時。

4.S-100 裝備配有紅外線攝影機、可見光攝影機及雷射測距儀，不用增加其他裝置就可以完成大範圍的一般搜索任務，也適用於砲兵目標觀測，具備有精準定位及識別目標能力。



圖 5 坎姆考特普 S-100 無人機

資料來源：詹氏年鑑電子資料庫，Schiebel Camcopter S-100，檢索日期：民國 112 年 5 月 5 日。

五、無人機慣性導航系統¹⁹

筆者蒐整研究國內公開網站相關發展商情簡介，已有多家廠商經營此領域，舉例訊聯光電公司研發的無人飛行器慣性導航系統（**DG for UAVs**），模組化且輕量化的裝置，可搭載於無人飛行器上，其作業原理方式為利用無人機裝備設數位相機或光學雷達，搭配 **GNSS** 接收器、**IMU** 慣性導航儀及雷射測距儀等裝置，在不需地面已知參考坐標的條件下，直接對地面位置實施測量。

（一）直接地理定位：直接地理定位（簡稱 **DG**）直接測量空載測繪傳感器（例如數位相機或光學雷達）的位置和方位角。從而可以將地球上的地理位置分配給來自相機影像的像素或來自光學雷達的雷射點，而無需地面控制點或任何額外的測量。

¹⁹ 訊聯光電，**DG for UAVs** 無人機慣性導航系統，www.linkfast.com.tw，檢索日期民國 112 年 5 月 5 日。

(二) 地理定位解析 (圖 6)：為了以非常高的準確度和精度計算酬載的位置座標和方位，系統裝置搭配使用多頻、多星 RTK 即時衛星定位裝置和後處理載波相位差分的 GNSS 接收裝置，並與慣性傳感器互相確認位置座標，獲得精確諸元。

(三) 測量之應用：無人機搭載定位定向系統及光學相機 (雷達)，可由地面控制站人員操作，不須抵達現地實施作業，即可於空中或無人機降落於目標位置，可直接於控制顯示器上獲取所需座標，可減少作業時間與人力；且在點位匹配或平差階段之前，預先計算每個影像的外方向，且在擁有相機的完整位置和方位的狀況下，可消除點位匹配失敗和減少航帶側向重疊等問題，確保座標精度。

(四) 光學雷達之運用 (圖 7)：光學雷達的直接地理定位直接測量光學雷達相對於地球的位置和方位，這意味著從光學雷達測距和角度計算出的點雲的 3D 座標可以直接參考到地球上的地理位置，而無需地面控制點或任何額外測量，即可獲得目標位置座標。

(五) 慣性導航無人機：因慣性導航及衛星定位之裝置，已可達到體積小、重量輕、功耗低及模組化等特性，可將所有類型的測繪傳感器如：相機、光學雷達、高光譜相機、熱成像相機等，裝載於體積較小的無人飛行載具上，且藉由技術及裝備性能等條件，緊湊型單板 OEM 模組，配有低雜訊、測量級多頻、多星 GNSS 接收器和 MEMS 慣性組件，可提供直接地理定位功能，無需依賴地面控制點提供正確座標。

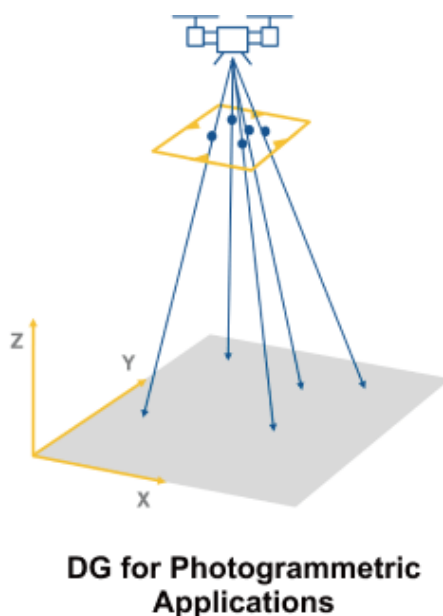


圖 6 地理定位解析示意圖

資料來源：訊聯光電，DG for UAVs 無人機慣性導航系統，www.linkfast.com.tw，檢索日期：民國 112 年 5 月 5 日。

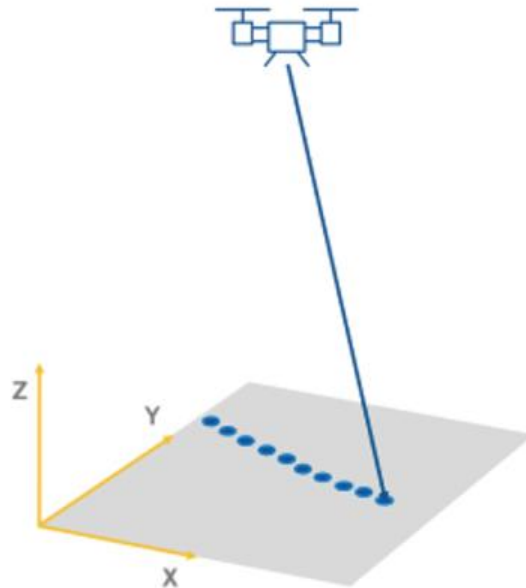


圖 7 光學雷達測量示意圖

資料來源：訊聯光電，DG for UAVs 無人機慣性導航系統，www.linkfast.com.tw，檢索日期：民國 112 年 5 月 5 日。



圖 8 APX-15 UAV 單板 GNSS 裝置

資料來源：訊聯光電，DG for UAVs 無人機慣性導航系統，www.linkfast.com.tw，檢索日期民國 112 年 5 月 5 日。



圖 9 APX-15 EI UAV 外部 IMU

資料來源：訊聯光電，DG for UAVs 無人機慣性導航系統，www.linkfast.com.tw，檢索日期：民國 112 年 5 月 5 日。



APX-18

圖 10 APX-18 UAV 用於光學雷達的低速/懸停的雙 GNSS 天線

資料來源：訊聯光電，DG for UAVs 無人機慣性導航系統，www.linkfast.com.tw，檢索日期：民國 112 年 5 月 5 日。



APX-20

圖 11 APX-20 UAV 用於最高精度和更高航高製圖的外部 IMU

資料來源：訊聯光電，DG for UAVs 無人機慣性導航系統，www.linkfast.com.tw，檢索日期：民國 112 年 5 月 5 日。



圖 12 四軸無人機系統

資料來源：訊聯光電，DG for UAVs 無人機慣性導航系統，www.linkfast.com.tw，檢索日期：民國 112 年 5 月 5 日。

測地方法及裝備革新

以現今臺灣土地面積雖腹地不如其他國家大，但都市化程度高，戰場變動幅度大，必須要有更快速且精確獲得所需座標及方位的方法，在測量方法侷限狀況下，筆者認為能就裝備提升後，改良測量方式，提高測地速度與精度。

一、慣性導引及衛星定位技術結合

慣性導引技術其最大優點即為較不受天候及外在電磁環境干擾的狀況下，能持續提供精確的座標及方位，但會因作業時間及距離過長，導致座標及方位精度不佳，故需要有短暫零速更新，或需尋找已知點作位置更新等需求，因此作業時間無法有效縮短，若能配合衛星定位技術，結合系統內資料隨時更新，兩者系統交叉比對，能更有效率完成測地作業。

二、運用無人載具提升作業速度

除統合慣性導引及衛星定位技術外，現有科技技術已能製造出重量輕、體積小及模組化的慣性導引系統，若能結合無人載具，在人員不移動的狀況下，僅於地面控制站，操作無人載具直接對所需座標（如目標區座標）實施測量，能更快速且精確獲得座標。

三、廣泛建立測地統制網

防區測地作業為砲兵戰場經營其中之一要項，由於各部隊作戰地區範圍已與部隊數量不成比例，且除常備部隊外，另有後備部隊也需要完成測地作業任務，然編制上並無法滿足測地任務需求，導致作戰區常備部隊作業量不堪負荷，故若能廣泛建立與調查「已知點」，不以同一「已知點」開始的作業模式，採選取距離作業區域較近之「已知點」，分段實施作業，在無定位定向系統的單位而言，其作業模式也較符合實際需求，且更能夠便於檢查作業精度，確保所得座標與方位的正確性。

結論

陸軍砲兵部隊負有地面火力支援的重要任務，在作戰地區火力支援範圍及部隊數量已喪失平衡的狀況下，火力必須能精準且有效率的打擊敵人的重要戰力，在此戰場瞬息萬變的狀況下，要能夠快速且精確地獲得目標座標，必定為迅速完成射擊準備，精準打擊目標的關鍵。另外，在武器採購與獲得上的窒礙，能夠以較少經費與裝備國產化的需求，絕對是現階段我軍提升精準火力打擊的不二法門。筆者在文中介紹的慣性導航及衛星定位裝置搭配無人機系統，極有可能為砲兵不論是座標及方位等諸元獲得的便利性，再者更可用於偵察敵情或觀測射彈等任務，值得作為未來建軍發展討論。

參考文獻

- 一、《ULISS-30 定位定向系統操作手冊》(桃園：陸軍司令部，民 87 年 11 月 30 日)。
- 二、華人百科，慣性導航系統特性，<https://www.itsfun.com.tw/%E6%85%A3%E6%80%A7%E5%B0%8E%E8%88%AA/wiki-8844846-3601726>，檢索日期：民國 112 年 5 月 5 日。
- 三、中文百科，衛星定位系統，<https://www.newton.com.tw/wiki/%E8%A1%9B%E6%98%9F%E5%AE%9A%E4%BD%8D>，檢索日期：民 112 年 5 月 5 日。
- 四、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範》(桃園：陸軍司令部，民 111 年 10 月 5 日)。
- 五、耿國慶，〈美軍砲兵「導航與定位系統」運用與發展之研究〉《砲兵季刊》(臺南)，第 173 期，陸軍砲訓部，民國 105 年第 2 季。
- 六、Rupert Pengelley，〈重新評估火砲的未來角色〉《國防譯粹》，第 31 卷第 9 期，國防部史編局，民國 93 年 9 月。
- 七、LINAPS Artillery Pointing System” (United Kingdom : SELEX Sensors and Airborne System Ltd,2005)。
- 八、Additional orders for Selex EO / LINAPS”，<http://10.22.155.9/intraspex/CACHE/00058176/p1455637>。
- 九、MAPS The Modular Azimuth Position System, Military Avionics Division Honeywell Inc,1992 年簡報。
- 十、L3 Communications Space & Navigation，www.L-3Com/Spacenav.15/2/2005。
- 十一、詹氏年鑑電子資料庫，Schiebel Camcopter S-100。
- 十二、王強，《世界軍用無人機圖鑑》(臺北)，四塊玉文創，2015 年。
- 十三、訊聯光電，DG for UAVs 無人機慣性導航系統，www.linkfast.com.tw。

作者簡介

林柏志，陸軍官校 96 年班、陸軍飛彈砲兵學校野砲正規班 202 期，曾任旋翼機飛行官、副連長、連長、訓練官、後勤官、教官，現任職於陸軍砲兵訓練指揮部。