

# 美軍砲兵「導航與定位系統」運用與發展之研究

作者：耿國慶

## 提要

- 一、美軍堪稱世界上少數擁有科技創造能力與雄厚財力，可依據實際作戰需求研發所望戰具與戰法之部隊，近 30 餘年「導航與定位系統」在美軍砲兵運用層面甚廣，其發展趨勢除代表現階段作戰需求與科技之演進，亦將影響其他國家建軍規劃。
- 二、美軍自 1981 年起，測地與「多管火箭系統」(MLRS) 率先運用「位置與方位決定系統」(PADS) 與「穩定參考組/定位系統」(SRP/PDS)，在 1991 年第一次波灣戰爭中，獲致重大戰果。戰後，美軍開始檢討砲兵在戰場上迫切的導航、定位與定向需求，積極推動新式「導航與定位系統」運用於測地、管式火炮、多管火箭、射向賦予裝備之研發計畫。目前各裝備所配備之系統已逐漸普及且進化至第二代，可實現 2020 年甚至未來在戰場建立優勢戰力之願景。
- 三、國軍砲兵目前僅少數裝備運用「導航與定位系統」，可符合「現代化」條件；絕大部分仍使用傳統方式因應，且目前運用之部分系統（如 ULISS-30）已屆壽限，即將面臨建案更新。未來將如何規劃相關裝備之運用方式或新系統之性能需求，美軍砲兵「導航與定位系統」運用、發展之歷程、趨勢與經驗，可供國軍參考。

關鍵詞：導航與定位系統、「改良位置與方位決定系統」(IPADS)、「整合式模組化定位定向系統」(MAPS-H)、「雷射慣性砲兵指示系統」(LINAPS)、「定位導航儀」(PNU)、「火炮射向賦予與定位系統」(GLPS)

## 前言

1991 年第一次波灣戰爭為「導航與定位系統」重要性之分水嶺，其地位由原本「可有可無」的奢侈品，躍升為「不可或缺」之必需品，目前已廣泛運用於砲兵武器與目標獲得裝備之導航、定位、定向與測地作業。美軍堪稱世界上少數擁有科技創造能力與雄厚財力，可依據實際作戰需求研發所望戰具與戰法之部隊，近 30 餘年「導航與定位系統」在砲兵運用層面甚廣，其發展趨勢除代表相關作戰需求與科技之演進，亦將影響其他國家建軍規劃。本研究除摘述美軍新、舊型「導航與定位系統」運用（配備）在測地、管式火炮、多管火箭、射向賦予裝備之性能比較與現階段新系統特性外，並歸納其主要發展趨勢，提供國軍相關裝備未來規劃、更新與研發參考。

## 美軍砲兵「導航與定位系統」發展與運用歷程

「導航與定位系統」就其作業原理而言，區分為「慣性系統」、「全球定位系統」(GPS)與「慣性/ GPS 整合系統」等三大類，惟其所衍生之產品種類繁多且名稱各異，運用層面涵蓋甚廣。砲兵基於測地、陣地佔領、射向賦予與射擊操作等，講求精度與速度，致「導航與定位系統」廣泛運用在砲兵專業領域。

美軍自 1981 年起，測地與「多管火箭系統」(MLRS)率先運用「位置與方位決定系統」(PADS)與「穩定參考組/定位系統」(SRP/PDS)，在 1991 年第一次波灣戰爭中，獲致重大戰果。波灣戰後，美軍開始針對砲兵在戰場上迫切的導航、定位與定向需求，積極推動新式「導航與定位系統」運用於測地、管式火炮、多管火箭、射向賦予裝備之研發計畫，目前各裝備所運用（配備）之系統已逐漸普及且進化至第二代（如表一），可實現 2020 年甚至未來在戰場建立優勢戰力之願景。

表一 美軍砲兵「導航與定位系統」運用與發展歷程

| 階段劃分<br>運用區分 |       | 初 期                                 | 現 階 段                                |
|--------------|-------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 測 地 系 統      |       | 1981 年<br>位置與方位決定系統<br>( PADS )     | 2004 年<br>改良位置與方位決定<br>系統 ( IPADS )  |
| 管 式<br>火 砲   | 自 走 砲 | 1991 年<br>模組化定位定向系統<br>( MAPS )     | 1992 年<br>整合式模組化定位定向系統<br>( MAPS-H ) |
|              | 牽 引 砲 |                                     | 2005 年<br>雷射慣性砲兵指示系統<br>( LINAPS )   |
| 多 管 火 箭 系 統  |       | 1982 年<br>穩定參考組/定位系統<br>( SRP/PDS ) | 1993 年<br>定位導航儀<br>( PNU )           |
| 射 向 賦 予 系 統  |       | 1970 年<br>方向盤<br>M2 ( M2A2 )        | 1995 年<br>火炮射向賦予與定位<br>系統 ( GLPS )   |

資料來源：作者自製

## 測地系統

美軍自 1981 年起納編總數高達 521 套「位置與方位決定系統」(Position and Azimuth Determining System, PADS；裝備程式 AN/USQ-70)，率先將砲兵測地邁入「自動化」時代（如圖一）。惟因 PADS 為早期使用「機械陀螺儀」為基礎之產品，1991 年「波灣戰爭」後，礙於性能限制，甚難於陣地變換適時提供完整與精確之測地成果，迫使射擊單位採用「應急測地」因應，不僅無法掌握火

力支援速度，亦影響射擊精度。

1995 年美軍檢討 PADS 性能不足、可靠性差與維修預算過高等問題，已屆嚴重地步，故使用有限預算區分 5 年期程，採購 717 套「火炮射向賦予與定位系統」( Gun Laying and Positioning System, GLPS ) 因應。遲至 2004 年，陸軍與陸戰隊始經由測試評估後，計畫以「改良位置與方位決定系統」( Improved Position and Azimuth Determining System, IPADS ) 取代 PADS，俾有效提升砲兵測地能力。

一、PADS 與 IPADS 性能比較：IPADS 與 PADS 皆為「獨立自主」( Self-contained ) 之「慣性測量系統」( Inertial Measuring System, IMS )，惟兩者基於組成與結構不同，且代表不同時代的科技背景，致 IPADS 較 PADS 具備更佳之條件（如表二）。

二、IPADS 特性：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、電瓶充電器、單柄（波羅）稜鏡與裝車設備等五大部分組成（如圖二），當編配美國陸軍與陸戰隊後，可解決 PADS 性能不足、可靠性差與維修預算過高等問題。

（一）符合美軍現階段測地需求：IPADS 依據美軍現階段測地精度、數據傳輸能力、存活力等需求與預算額度為設計標準，且採輕量與模組化設計，全部組件皆安裝在簡單與堅固之結構內，提供系統穩定與操作便利，除可安裝於輪型載具，亦可使用於直升機。

（二）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。美軍 PADS 原採「機械陀螺儀」，係使用高速旋轉之質量，產生極大的角動量，以感測輸入角速度，故存在瞬間反應不足、穩定性低、壽命短與維修困難等先天限制。IPADS 則採用先進的「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。<sup>1</sup>

（三）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。

---

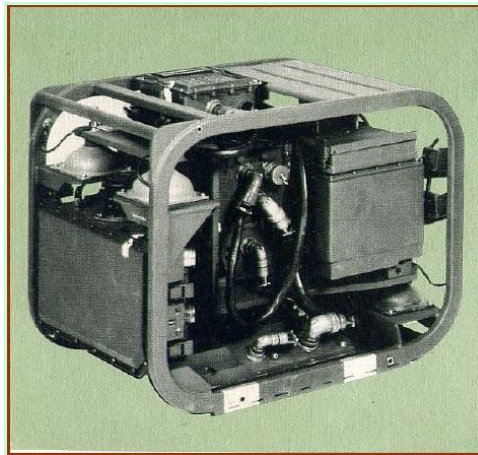
<sup>1</sup> 黃興國，《慣性導航系統原理與應用》（臺北市：全華科技圖書公司，民國 80 年 6 月），頁 45、106-107。

(四) 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。

(五) 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。

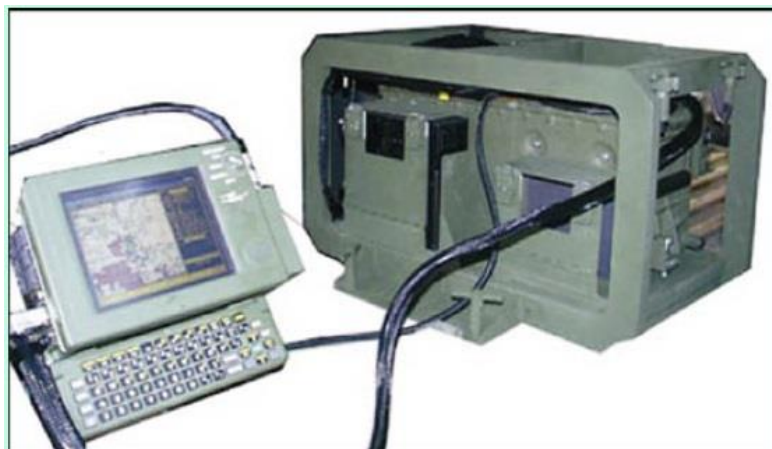
(六) 多元化顯示功能：IPADS 使用之「控制顯示器」(CDU) 使用 6.4 英吋 VGA 彩色點矩陣液晶顯示，除可清晰顯示操作狀態與測地成果外，並可在數位地圖上顯示「指北(羅經)度盤」(Compass Rose)，可增進車輛導航與尋找控制、統制點效能。

圖一 美軍自 1981 年起納編之「位置與方位決定系統」(PADS；裝備程式 AN/USQ-70)



資料來源：“Tactics, Techniques, and Procedures for FIELD ARTILLERY SURVEY (FM6-2)”  
(HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY 23/9/1993), p9-1。

圖二 美軍自 2004 年起納編「改良式位置與方位決定系統」(IPADS)



資料來源：L3 Communications Space & Navigation, [www.L-3Com/Spacenav](http://www.L-3Com/Spacenav). 15/2/2005。

表二 美軍測地 PADS 與 IPADS 性能比較

| 區分<br>項目              |       | P A D S<br>( 1 9 8 1 年 ) | I P A D S<br>( 2 0 0 4 年 ) | 附 記                     |
|-----------------------|-------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 製 造 公 司               |       | 美 國 立 頓                  | 美 國 L 3 通 訊                | CEP：圓形公算偏差。<br>PE：公算偏差。 |
| 重 量                   |       | 152 公斤                   | 61 公斤                      |                         |
| 精 度                   | 座 標   | 4.0 公尺 ( CEP )           | 4.0 公尺 ( CEP )             |                         |
|                       | 標 高   | 2.0 公尺 ( PE )            | 2.0 公尺 ( PE )              |                         |
|                       | 方 位 角 | 0.4 密位                   | 0.4 密位                     |                         |
| 測 地 範 圍               |       | 55 公里                    | 75 公里                      |                         |
| 任 務 時 間               |       | 7 小時                     | 無限制                        |                         |
| 耗 電 量                 |       | 961 瓦                    | 96 瓦                       |                         |
| 校 準 時 間               |       | 30-45 分鐘                 | 5-10 分鐘                    |                         |
| 平均故障時隔<br>( M T B F ) |       | 2,000 小時                 | 2,500 小時                   |                         |
| 資 料 記 憶               |       | 99 組                     | 65,535 組                   |                         |
| 數 位 地 圖               |       | 無                        | 有                          |                         |
| 數 位 傳 輸               |       | 無                        | 有                          |                         |

資料來源：“M111 IPADS Presentation to Taiwan Army”, COMMUNICATIONS Space & Navigation( 22/6/2005 )p15。

## 管式火炮

### 一、自走砲

1991 年美軍研發配備「模組化定位定向系統」(Modular Azimuth Position System, MAPS) 的「武士型」(Paladin) M109A6 式 155 公厘自走砲，為野戰砲兵之戰術運用、火力發揚與戰力提升，創造更有利的條件。(MAPS，如圖三)

1992 年美軍執行「MAPS 整合計畫」，將 MAPS 的「動態參考器」(Dynamic Reference Unit, DRU) 與「精確輕型 GPS 接收機」(Precision Lightweight GPS Receiver, PLGR) 整合，成為「整合式模組化定位定向系統」(MAPS-H)，俾增大 M109A6 式自走砲之作戰效益。

(一) MAPS 與 MAPS-H 性能比較 (如表三)：MAPS 為唯一符合美國陸軍 MIL-D-70789A (AR) 規格之陸地導航系統，<sup>2</sup>可持續提供載具座標、標高與射向方位角，1991 年已運用在英軍「戰士」(Warrior) 觀測載具與美軍 M109A6 式自走砲。1992 年美軍執行「MAPS 整合計畫」後，將 MAPS 提升為「慣性/GPS 整合系統」(MAPS-H)。

(二) MAPS-H 特性：「整合式模組化定位定向系統」(MAPS-H) 目的在增加運動中校準能力、不再依賴零速更新抑制慣性誤差、可即時提供位置 (標高)

<sup>2</sup> “Honeywell Briefing on the MAPS” , Honeywell Military Avionics, 29/6/2000,P1140124。

與方位資料、提升 MAPS 動態參考器性能、增加系統互補性與增大 1553B 資料庫容量等（如圖四）。目前 MAPS-H 除配備在 M109A6 式自走砲外，亦已安裝在美軍 AN/TPQ-36 與 AN/TPQ-37 「反火力戰目標獲得雷達」，提供雷達導航與定位（定向）使用。<sup>3</sup>

1.採用先進「雷射陀螺儀」：MAPS-H 採用美國「漢尼威爾公司」(Honeywell) 自行研發之 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。

2.適應火砲射擊震動：火砲射擊震動為及特殊之環境考驗，其中低頻、高熱能脈衝來自火砲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，俾適應火砲射擊震動（如圖五）。

3.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。

4.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,AFCSS)內，可於機動中迅速佔領陣地，利用 AFCSS 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。

圖三 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：MAPS The Modular Azimuth Position System,Military Avionics Division Honeywell Inc,1992 年簡報。

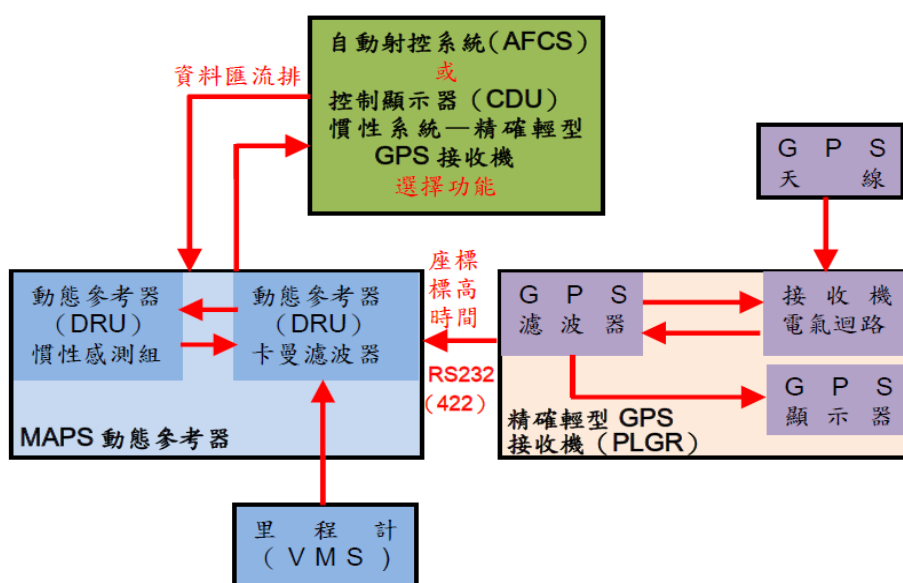
<sup>3</sup> “ The Power of Honeywell Inertial Navigation System – MAPS, EPLSS, TALIN ”, Honeywell Inc,JUN,29,2000,P24。

表三 美軍 M109A6 式自走砲配備 MAPS 與 MAPS-H 性能比較

| 區分<br>項目                |           | M A P S<br>( 1 9 9 1 年 )    | M A P S - H<br>( 1 9 9 2 年 )                  | 附 記                     |
|-------------------------|-----------|-----------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|
| 製 造 公 司                 |           | 美 國 漢 尼 威 爾                 | 美 國 漢 尼 威 爾                                   | CEP：圓形公算偏差。<br>PE：公算偏差。 |
| 重 量                     |           | 21 公斤                       | 21 公斤                                         |                         |
| 系 組 統 成                 |           | 1.動態參考器<br>2.控制顯示器<br>3.里程計 | 1.動態參考器<br>2.控制顯示器<br>3.里程計<br>4.精確輕型 GPS 接收機 |                         |
| 陀 螺 儀                   |           | 雷射陀螺儀<br>RLGx3              | 雷射陀螺儀<br>RLGx3                                |                         |
| 標 準 校 準                 |           | <15 分鐘                      | <5 分鐘                                         |                         |
| 方 位 測 量                 |           | <0.5 密位 ( PE )              | <0.34 密位 ( PE )                               |                         |
| 儲 存 方 位 角 校 準           |           | <0.3 密位/小時                  | 0.2 密位/小時                                     |                         |
| 俯 仰 側 傾 角               |           | <0.5 密位 ( PE )              | 0.34 密位 ( PE )                                |                         |
| 座 標                     | < 4 公 里   | 3.3 公 尺 ( CEP )             | 3.3 公 尺 ( CEP )                               |                         |
|                         | > 4 公 里   | 0.12%行駛距離                   | 0.15%行駛距離                                     |                         |
|                         | < 1 0 公 里 | 3.0 公 尺 ( CEP )             | <10 公 尺 ( CEP )                               |                         |
| 標 高                     | > 10 公 里  | 0.52%行駛距離                   | 0.10%行駛距離                                     |                         |
|                         |           |                             |                                               |                         |
| 電 力 需 求                 |           | 100 瓦、24VDC                 | 90 瓦、28VDC                                    |                         |
| 平 均 故 障 時 隔<br>( MTBF ) |           | > 4,000 小時                  | > 8,000 小時                                    |                         |

資料來源：作者自製

圖四 「整合式模組化定位定向系統」(MAPS-H) 結構示意



資料來源：The Power of Honeywell Inertial Navigation System—MAPS, EPLSS, TALIN, Honeywell Inc, 29/6/2000。

圖五 美軍 M109A6 式 155 公厘自走砲發射實景



資料來源：“Red Book 2013”，( Fires,1-2/2013 ) ,p66.

## 二、牽引砲

1990-2001 年兩次波灣戰爭期間，美軍計編制包括 M198 式、M777 式 155 公厘與 M119 式 105 公厘等三種牽引榴砲。基於未配備「雷射慣性砲兵指示系統」( Laser Inertial Artillery Pointing System, LINAPS )，美軍在伊拉克戰場常因砲口爆震與沙塵暴遮蔽「傳統度盤式瞄準鏡」( Conventional dial sight )，致無法執行射擊任務，須轉交英軍配備 LINAPS 的 L118 式 105 輕榴砲執行。<sup>4</sup>

2005 年美軍 M777 式 155 公厘與 M119 式 105 公厘牽引榴砲計畫配備 Selex 公司製造的「雷射慣性砲兵指示系統」( LINAPS )，俾提升射控系統效能（如圖六、七）。<sup>5</sup>

（一）LINAPS 組成與功能：2005 年之前，美軍各型牽引砲均未安裝「導航與定位系統」，基於英軍使用經驗與射擊精準彈藥之實際需求，特選用 LINAPS 提升射控系統效能。LINAPS 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（如圖八、九）。各組成與功能，分述如後。

1.「慣性導航單元」(INU)與 GPS 接收機：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。

<sup>4</sup> “More capability for LINAPS”, <http://janes.mil.tw/intraspx.dll?Disply Result&NumHits = 1000&SearchPara...> > 〈檢索日期：2014 年 1 月 6 日〉

<sup>5</sup> 呂致中，〈研析 M777 輕型牽引榴砲之設計與運用〉《砲兵季刊》，136 期，民國 96 年第 1 季，頁 80。

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，亦有能力承受火砲射擊震動。經實驗證明，FIN3110L 可適應空中吊掛或空投，且在火砲射擊超過 300G 之爆震強度下，仍可穩定運作。<sup>6</sup>

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。現就英軍使用 LINAPS 實際情況，區分基本特性（如表四）、武器管理能力與特殊效益三部分說明。

#### 1. 基本特性：

（1）無需測量火砲砲位：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。<sup>7</sup>

（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。<sup>8</sup>

（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，<sup>9</sup>並完成射擊準備。

<sup>6</sup>“LINAPS Artillery Pointing System”, (United Kingdom: SELEX Sensors and Airborne System Ltd, 2005), p2.

<sup>7</sup>同註 3……. p1〈檢索日期：2014 年 1 月 6 日〉。

<sup>8</sup>同註 3……. p2〈檢索日期：2014 年 1 月 6 日〉。

<sup>9</sup> 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。

(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。<sup>10</sup>

(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%。<sup>11</sup>

2. 武器管理能力：(1) 可執行「北大西洋公約組織」(NATO) 制式火砲與其他火砲之彈道計算；(2) 可利用彈道特性實施精確直接射擊；(3) 可相容與控制火砲所配備之其他感測器（如砲口初速雷達、雷射測距儀等）；(4) 可依據連結無線電之通信能力決定資料傳輸距離。<sup>12</sup>

3. 特殊效益：(1) 不論有無 GPS，皆可持續與精確的實施 3D 自我定位；(2) 可持續決定與顯示火砲砲管方位角與射角（仰度）；(3) 日、夜間可於全天候環境下作戰；(4) 可於直升機運送過程中操作；(5) 電力供應模組具備 115 安培/小時之電力，可提供 24 小時持續作業；(6) 具備智慧與靈活的人機介面。<sup>13</sup>

表四 LINAPS 系統重要諸元

| 重要諸元    |            | 系統名稱 | 雷射慣性砲兵指示系統<br>(LINAPS) | 備 考                                 |
|---------|------------|------|------------------------|-------------------------------------|
| 項目      |            |      |                        |                                     |
| 製 造 公 司 |            |      | 英國賽雷斯 (Selex`EO)       | CEP：圓形公算偏差。<br>PE：公算偏差。<br>RMS：均方根。 |
| 重 量     |            |      | 15 公斤                  |                                     |
| 座 標     | INS/GPS 模式 |      | 10 公尺 (CEP)            |                                     |
|         | INS/里程計模式  |      | 15 公尺或行駛距離之 0.15%      |                                     |
| 標 高     | INS/GPS 模式 |      | 10 公尺 (PE)             |                                     |
|         | INS/里程計模式  |      | 行駛距離之 0.1%             |                                     |
| 方位角     |            |      | < 1 密位 (RMS)           |                                     |

<sup>10</sup> 同註 3，p1。

<sup>11</sup> 同註 3，p2。

<sup>12</sup> 同註 5，p1。

<sup>13</sup> 同註 2，p1。

|           |    |            |                  |
|-----------|----|------------|------------------|
| 兩輪側傾角與俯仰角 |    |            | < 0.5 密位 ( RMS ) |
| 校準時間      | 靜止 |            | 10 分鐘            |
|           | 運動 | INS/GPS 模式 | 開機後 90 秒         |
|           |    | GPS 可用時    | 全部執行完畢約 10 分鐘    |
| 電力供應      |    |            | 28VDC , 45 瓦載具系統 |

資料來源：作者自製

圖六 美軍 319 空降砲兵團第 3 營砲手，正將砲彈裝填至新式「全數位」M119A3 式（105 公厘）輕榴砲之砲膛內



圖七 美軍 M777A2 式 155 公厘榴砲發射精準彈藥



圖八 「雷射慣性砲兵指示系統」(LINAPS)

圖九 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：圖六 “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>；圖七 “Red Book 2013”, (Fires, 1-2/2013), p40. ；圖八 “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>；圖九 “Additional orders for Selex EO / LINAPS”, <http://10.22.155.9/intraspex/CACHE/00058176/p1455637> <檢索日期：2014 年 1 月 6 日>。

## 多管火箭系統

1982 年美軍開始部署 M270 型「多管火箭系統」(Multiple Launch Rocket System, MLRS)，<sup>14</sup>基於 MLRS 具備當代多管火箭系統前所未有之創新設計，

<sup>14</sup> 應天行，〈新世紀之砲兵火箭—MLRS 多管發射火箭系統〉《國際防衛雜誌》，1985 年 1 月，頁 21-22。

尤其是發射架的「穩定參考組/定位系統」(Stabilization Reference Package/Position Determining System, SRP/PDS), 大幅提升導航、定位、定向、射控與反應能力, 將 MLRS 邁向嶄新的里程, 亦成為各國設計相關系統之典範。

1993 年在 MLRS 出 10 年後, 其 SRP/PDS 出現性能有限、反應慢與校正頻繁等缺點, 且無法滿足「陸軍戰術飛彈系統」(ATACMS) 發射需求, 致大幅降低戰術效益。<sup>15</sup> 美軍特啟動專案開發「定位導航儀」(Position Navigation Unit, PNU), 提供新型 M270A1、「高機動砲兵火箭系統」(HIMARS) 之「改良射控系統」(IFCS) 使用 (如圖十)。

一、SRP/PDS 與 PNU 性能比較 (如表五): SRP/PDS 為 1982 年美國「聯合信號公司」(Allied Signal) 針對「洛克希德、馬丁沃特公司」(Lockheed Martin Voughtl) 所研發之 MLRS 設計, 配備於 M270 型裝甲載具之火箭發射器, 屬早期使用「機械陀螺儀」為基礎之慣性導航系統。1993 年美軍為改進 MLRS 之作戰效能, 執行 SRP/PDS 性能提升作為, 聯合信號公司與「洛克希德、馬丁沃特公司」簽約, 以 4 年時間執行「環狀雷射陀螺儀」(RLG) 為基礎之陸地導航、定位與穩定系統開發計畫, 該系統命名為「定位導航儀」(PNU), 內建 P(Y) 碼 GPS 接收機與採用 32 位元電腦。<sup>16</sup>

二、PNU 特性:PNU 裝配於 MLRS 之發射系統, 可提供發射架導航與定位、定向資料。射擊任務期間, PNU 提供「改良射控系統」(Improved Fire Control System, IFCS) 所需之座標、標高與方位, 俾計算彈道與賦予發射架瞄準方位與射角。PNU 包括雷射陀螺儀與加速儀組成之慣性平台、內建 GPS 與「里程計」(VMS) 三部分, 因內建 GPS 接收機, 可補強慣性資料並提升發射架之陸地導航能力。<sup>17</sup>

(一) 提升性能滿足作戰需求: 1991 年第一次波灣戰後, 美軍為增大 MLRS 火箭彈與「陸軍戰術飛彈系統」(Army Tactical Missile System, ATACMS) 射程與精準導引能力, 特針對作戰需求改良包括 PNU 在內的各項性能, 俾提升裝備效益, 勝任 21 世紀之地面火力支援任務。

(二) 可實施停止與運動校準: PNU 具備停止與運動校準能力, 停止校準

<sup>15</sup> 詹皓名,〈陸戰火龍—MLRS 多管火箭與 ATACMS 陸軍戰術飛彈〉《尖端科技》, 146 期, 1996 年 10 月, 頁 35。

<sup>16</sup> Mark Hewish and Rupert Pengelley, "Achieving battlefield awareness, The benefits of accurate land navigation and positioning", (Janes International Defense Review, 5/1997), p43。

<sup>17</sup> "Multiple Launch Rocket System (MLRS) Operations FM6-60 (DRAFT)", Headquarters Department of the Army, 8/1999, p1-10。

為 2.5 至 5 分鐘，時間長短視資料與狀況而定；運動校準時間較長，須 15 分鐘完成，使用者可依據當時狀況適切選擇校準方式。

(三) 擇優參考輔助資料：M270A1 發射載具停止時，PNU 除可自動執行「零速更新」，補償累積誤差外，並可擇優參考輔助裝置（包括 GPS 與里程計距離編碼）與零速更新資料，發揮互補性與交叉校準功效，確保發射架最佳之導航、定位與定向精度。

(四) 可增大作戰效能：PNU「位置更新」距離較 SRP/PDS 的 6-8 公里延長為 12 公里，可增大作戰效能，且無須實施繁瑣、耗時的陀螺 30 日校正，改採「全輔助模式」(GPS 可用時)或「零速更新」(GPS 無法使用時)操作模式，補償系統累積誤差，提高導航、定位與定向精度。

(五) 具備降級模式有效因應：PNU 資料來源涵蓋慣性、GPS 與里程計距離編碼等三部分。當其中一項輔助裝置故障時，即進入操作模式降級，且不同裝置故障，對全系統將造成不同程度之影響。PNU 在偵測故障裝置後，即進入降級模式，並採取有效的應變措施，以確保發射架穩定與資料精。

表五 美軍多管火箭系統 SRP/PDS 與 PNU 性能比較

| 區分<br>項目    |       | SRP/PDS ( 1982 年 )              | P N U<br>( 1 9 9 3 年 ) | 附 記                                                                                         |
|-------------|-------|---------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 製 造 公 司     |       | 美 國 立 頓                         | 美 國 聯 合 信 號            | PNU 座標<br>精度：<br>1.當行駛距離<6.7<br>公里時=10 公尺<br>( CEP )。<br>2.當行駛距離>6.7<br>公里時=0.25%x<br>行駛距離。 |
| 重 量         |       | 20 公斤                           | 20 公斤                  |                                                                                             |
| 陀 螺 儀       |       | LG60x2 ( 穩定 )<br>LG800x1 ( 指北 ) | 雷射陀螺儀 RLGx3            |                                                                                             |
| 精 度         | 座 標   | <0.25%行駛距離                      | <10 公尺 ( CEP )         |                                                                                             |
|             | 標 高   | <10 公尺 ( PE )                   | <10 公尺 ( PE )          |                                                                                             |
|             | 方 位 角 | 0.7 密位                          | 0.4 密位                 |                                                                                             |
| 高 低 角       |       | -30 至+60 度                      | -30 至+60 度             |                                                                                             |
| 側 傾 角       |       | ±30 度                           | ±30 度                  |                                                                                             |
| 電 力 供 應     |       | 28VDC                           | 28VDC                  |                                                                                             |
| 反 應 時 間     |       | <7.5 分鐘                         | 15 分鐘 ( 運動 )           |                                                                                             |
| 再 校 準 時 間   |       | <3 分鐘                           | 2.5-5 分鐘 ( 停止 )        |                                                                                             |
| 位 置 更 新 距 離 |       | 6-8 公里                          | 12 公里                  |                                                                                             |
| 高 低 精 度     |       | <0.5 密位                         | <0.17 密位               |                                                                                             |
| 輔 助 系 統     |       | 無                               | P ( Y ) GPS 接收機        |                                                                                             |
| 配 備 載 具     |       | M270                            | M270A1<br>HIMARS       |                                                                                             |

資料來源：作者自製

圖十 美軍 M142 式「高機動砲兵火箭系統」(HIMARS) 發射實景



資料來源：MAJ David Dykema, CW3 Matt Mackenzie, CPT Justin Teague, “Advances of Precision Fires and Launchers”, (Fires, 3-4/2014), p56.

### 射向賦予系統

1991 年波灣戰爭期間，美軍仍使用 M2 ( M2A2 )「方向盤」(Aiming circle) 作為砲兵射向賦予之主要裝備（如圖十一），惟此種傳統型式方向盤，不僅結構簡單且功能有限，實無法滿足「現代化」(數位化、自動化)戰場需求。1995-2000 年，美軍區分五年期程換裝先進的「火炮射向賦予與定位系統」(Gun Laying and Positioning System, GLPS)，俾提升「非」M109A6 式自砲兵連（排）之射向賦予能力。

一、M2 ( M2A2 ) 與 GLPS 性能比較：M2 ( M2A2 ) 方向盤屬早期使用磁針定向之「光學機械式」產品，GLPS 則涵蓋陀螺儀定向、GPS 定位、雷射測距、光電測角與電子計算等組件，堪稱當代先進且全功能之系統（如圖十二），因此兩者性能相去甚遠（如表六）。

二、GLPS 特性：美軍於 1995 年決定採用「火炮射向賦予與定位系統」(GLPS)，預定 2000 年之前獲得 717 套，全數撥發至牽引砲或非 M109A6 式自走砲單位，「初始作戰能力」(Initial Operational Capability, IOC) 則定於 1998 會計年度。當每個六門砲之砲兵連或四門砲之砲兵排配賦乙套 GLPS 後，可有效解決戰場上日益升高之定位、定向問題。<sup>18</sup> GLPS 為瑞士「萊卡」(LEICA) 工業技術公司製造，系統涵蓋慣性定向、雷射測距、GPS 定位、光電測角與電子計算等組件，具備體積小、重量輕、精度高與功能完整等優點，堪稱先進且全功能之系統。

（一）快速定位：GLPS 通常整置於砲兵連（排）選擇點，可採 GPS 與「一點反交會」兩種方式決定「選擇點」(系統)位置，並顯示 WGS-84 之 UTM 方格座標。

<sup>18</sup> Mark Hewish and Rupert Pengelley, “Achieving battlefield awareness, The benefits of accurate land navigation and positioning”, (Janes International Defense Review, 5/1997), p46-47.

(二) 精確射向賦予與測定砲位：1.使用 GLPS 上之 SKK3-08 指北陀螺儀完成定向，並於 T502S 電子經緯儀輸入射擊指揮所通報之「砲檢(目)方位角」。2.經緯儀望遠鏡標定火炮瞄準具，測定至火炮之方位角、距離與高低角，並宣讀方向，實施射向賦予。3.計算砲位，並儲存座標、標高。

(三) 測定砲遮距離：以 MRF-2000-2 模組測距儀，直接瞄準遮蔽物或瞄準背立於遮蔽物上之砲手，測定精確之砲遮距離，提供計算「最小射角」使用。

圖十一 1991 年波灣戰爭期間美軍第 18 空降軍砲兵使用 M2 方向盤射向賦予

圖十二 美軍砲兵連(排)編配之「火炮射向賦予與定位系統」(GLPS)



資料來源：圖十一 “Artillery NCOs in Action……Command Sergeants Major Reports”, (Field Artillery, 11/1991), p47。圖十二 “Gun Laying and Positioning System (GLPS)”. (Leica Geosystems AG Defense & Special Projects. 9/2002)。

表六 M2 ( M2A2 ) 與 GLPS 性能比較

| 項目              | 區分 | M 2 ( M 2 A 2 )<br>方 向 盤      | 「火炮射向賦予與定位系統」<br>( G L P S )                                                                                         |
|-----------------|----|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 製 造 公 司         |    |                               | 瑞 士 萊 卡 ( L E I C A )                                                                                                |
| 重 量             |    | <10 公斤                        | <28 公斤                                                                                                               |
| 系 統 ( 裝 備 ) 組 成 |    | 1.本體<br>2.三腳架<br>3.附件 ( 零件包 ) | 1.SKK3-08 指北陀螺儀<br>2.T502S 經緯儀<br>3.MRF-2000-2 模組測距儀<br>4.PLGR 接收機<br>5.SZ19 覘標柱<br>6.電池組<br>7.SST90 三腳架<br>8.攜行箱、附件 |
| 定 向 精 度         |    | > 2 密位                        | 0.2 密位                                                                                                               |
| 定 向 時 間         |    | 2 分鐘                          | <210 秒                                                                                                               |
| 望 遠 鏡 倍 率       |    | 4 倍                           | 10 倍                                                                                                                 |
| 測 角 精 度         |    | ±0.5 密位                       | ±0.1 密位                                                                                                              |
| 測 距 能 力         |    | 無                             | 30-2,500 公尺                                                                                                          |
| 測 距 精 度         |    | 無                             | ±1 公尺                                                                                                                |
| 定 位 ( 座 標 ) 精 度 |    | 無                             | 1.視 GPS 性能而定<br>2.反交會法 3 公尺                                                                                          |
| 電 池 能 量         |    | 僅供夜間操作                        | 20 次作業                                                                                                               |
| 儲 存 資 料         |    | 無                             | 28 點                                                                                                                 |

資料來源：作者自製

## 發展趨勢與潛在限制

1981 至 2015 年近 30 餘年期間，美軍砲兵各裝備所運用之「導航與定位系統」，不僅逐漸普及且多數已進化至第二代，其主要目的在提升野戰砲兵之作戰能力，俾能勝任 2020 年甚至未來戰場之挑戰。歸納其主要發展趨勢與潛在限制如次。

### 一、發展趨勢

(一) 使用先進「雷射陀螺儀」：當前美軍所配備的「慣性系統」，其基礎感測元件已不再使用傳統「機械陀螺儀」。目前先進陀螺儀可區分為「環狀雷射陀螺儀」(Ring Laser Gyro)、「光纖陀螺儀」(Fiber Optic Gyro)、「自旋陀螺儀」(Spinning Mass Gyro)與「微電子機械」(REMS)等四種，其中「光纖陀螺儀」易受低溫與震動影響，且生產基礎較受限制；「自旋陀螺儀」兩次故障間平均時隔較短；「微電子機械」則尚未完全成熟；僅「環狀雷射陀螺儀」具備瞬間反應快、穩定性高、壽命長與價格低等優點，致成為軍用導航與定位系統之主流。<sup>19</sup>

(二) 邁向「慣性/GPS 整合系統」：「慣性系統」為適應戰鬥載具不實施「零速更新」的需求，原本就配備「里程計」(VMS)，提供「慣性系統」載具行駛之距離脈波，惟此舉仍無法全然抑制慣性系統隨時間、距離增加發散之誤差，仍須適時實施「位置更新」(Update)。基此，「慣性/GPS 整合系統」因運而生(如圖十三)。

1.理論基礎：「慣性/GPS 整合系統」係利用慣性系統與 GPS 兩者之「互補性」，當 GPS 信號良好時 ( $PDOP < 6$ )，<sup>20</sup>可更新整合系統之慣性資料；如 GPS 信號遭受干擾或衛星接收數低於 4 顆時，慣性系統仍可依據記憶或慣性資料執行任務。

2.整合方式：當 GPS 納入不受電磁干擾之「慣性系統」後，成效極為明顯，多數慣性系統在組裝前已內建 GPS 晶片板，亦有採「整合體」(Hybrid)方式，將微型 GPS 裝置在慣性系統之「動態參考器」內(如美軍現階段使用之 MAPS-H)。惟無論如何整合，仍以「慣性系統」為主體，GPS 僅為輔助裝備。

(三)內建 GPS 但不依賴：「慣性/GPS 整合系統」雖內建微型 GPS 晶片板，惟考量 GPS 信號易受干擾、欺騙與遮蔽，且受制於美國防部的管理與控制，致 GPS 僅為整合系統中的輔助系統，完全獨立自主的「慣性系統」仍為主體，並

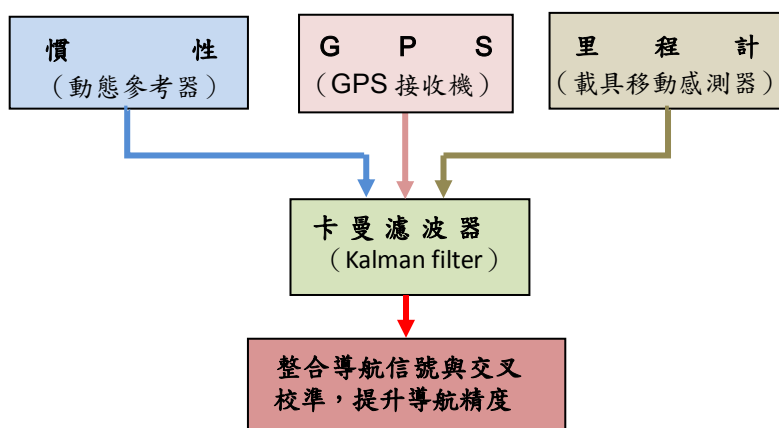
<sup>19</sup> 同註 3，P11。

<sup>20</sup> PDOP 值(位置精度因子)表示統計測量三度空間位置精度之指標，受衛星分布太空之幾何位置影響。如 PDOP 值變大，表示位置誤差也變大，通常 PDOP 值應小於 6，方可獲得較佳之定位結果。

由「卡曼濾波器」(Kalman filter)整合多重感測器(GPS 或 VMS)導航信息與交叉校準(如表七),俾提升導航精度,因此並不依賴 GPS。

美軍目前除測地仍使用純慣性的「改良位置與方位決定系統」(IPADS)外,其餘皆改採「慣性/GPS 整合系統」。充分顯示即使擁有 GPS 系統控制權的美軍,仍無法擺脫 GPS 存在的弱點,實值得其他國家警惕。

圖十三「慣性/GPS 整合系統」整合技術示意



資料來源：作者自製

表七 慣性/GPS/里程計負責功能對照

| 功能<br>區分 | 定 位                                      |    | 定 向 |    | 姿 態 |      | 行駛距離 | 導航信息 | 交叉校準 |
|----------|------------------------------------------|----|-----|----|-----|------|------|------|------|
|          | 座標                                       | 標高 | 方位角 | 航向 | 射角  | 兩輪水平 |      |      |      |
| 慣性系統     | V                                        |    | V   |    | V   |      | V    | V    | V    |
| GPS      | V                                        |    | X * |    | X   |      | X    | V    | V    |
| 里程計      | X                                        |    | X   |    | X   |      | V    | X    | V    |
| 附 記      | 1.V：可提供。X：無法提供。<br>2. GPS 定向精度不佳，未列入功能。* |    |     |    |     |      |      |      |      |

資料來源：作者自製

(四) 精度與效能提升：美軍目前使用之新式「導航與定位系統」已較舊系統性能明顯改善,包括定位與定向精度提升、作業範圍增大、校準時間縮短、資料處理能量多元、平均故障時隔增長與加大作業彈性等項目,將提供美軍砲兵更大之戰場優勢。

(五) 多元化資訊運用：目前美軍新式導航與定位系統之「控制顯示器」,不僅是單純的「人機介面」執行導航資料顯示、儲存,更增加了彈道計算、彈藥管理等功能,亦可利用高階數位地圖,顯示導航信息與標示路線、路測點、不可通行區域與北向指標等圖資,實已依據使用者需求,朝向多元化資訊運用。

(六) 逐漸普及至牽引砲：「導航與定位系統」因技術門檻過高,結構複雜,

致具備製造能力之廠商屈指可數，即使位居火砲附件，售價仍高達 20 至 30 萬美元，幾乎等同於一門輕型牽引砲之價格，致就投資效益考量，通常僅安裝在自走砲或多管火箭系統。惟鑑於全球經濟已歷經長期不景氣，美軍在軍備「預算減支」(Sequestration) 而承受強制性的預算緊縮之際，<sup>21</sup> 仍就實際作戰需求在輕型牽引砲安裝「導航與定位系統」，其著眼不僅發人深省，亦顯示就效益為前提之考量下，未來運用範圍終將普及至牽引砲。

(七) 提升射擊精準彈藥能力：現行多數「精準導引彈藥」(PGM) 射擊前須輸入火砲位置資料致新式火砲已將「導航與定位系統」列為自動化標準配備。當美軍 M777A2 式 155 公厘與 M119A3 式 105 公厘牽引榴砲配備 LINAPS 後，將有能力發射現階段與未來各種精準導引彈藥，射擊運動中之高價值目標。

(八) 適度減低測地負荷：當美軍管式火砲、多管火箭、射向賦予與目標獲得雷達等裝備，皆配備性能優異的「導航與定位系統」後，即可實現自身的定位、定向與射向賦予，將可減低對測地需求，測地單位僅須適時提供必要的「初始校準」或「位置更新」點。除可減低測地負荷或適度精簡測地編裝外，亦可優先指派測地單位支援其他重點地區。

(九) 優先考量產能自製：美軍目前除「雷射慣性砲兵指示系統」(LINAPS) 與「火砲射向賦予與定位系統」(GLPS)，分別由英國與瑞士製造外，其餘皆為產能自製。除可維護商業機密、刺激國家生產力外，亦可減少維修預算與其他衍生之複雜問題。

## 二、潛在限制

美陸軍八項戰略獨特性中，第七項即為「強化全球嚇阻」(Global deterrence)，<sup>22</sup> 致美軍作戰範圍廣袤。尤其近年來溫室效應致極地解凍，無論在軍事或商業上，北極已逐漸成為競爭的場域，許多國家（包括美、俄在內）正搜索極地資源與新航路，<sup>23</sup> 未來美軍作戰範圍勢將涵蓋高緯度的南、北極。惟極地屬特殊地區，不僅氣候嚴寒，砲兵可能因「磁傾角」(Inclination 或 Dip) 過大<sup>24</sup>，「北極星」(Polaris) 或「南十字星」(Southern Cross) 過高，影響傳統方式的磁針定向與天體觀測；

<sup>21</sup> Jonathan Tepperman 著，童光復譯，〈人物專訪：美國防部長卡特〉《國防譯粹》第 43 卷第 1 期，民國 105 年 1 月，頁 83。

<sup>22</sup> Loren B. Thompson 著，陳嘉生譯，〈不能沒有你：美國需要陸軍的八個主要理由〉《國防譯粹》，第 42 卷第 6 期，民國 104 年 6 月，頁 6。

<sup>23</sup> John AnTAL 著，趙公卓譯，〈通信的明日之星：機動用戶目標系統〉，《國防譯粹》，第 43 卷第 1 期，民國 105 年 1 月，頁 94。

<sup>24</sup> 磁場強度與水平面所成之垂直角。在南緯 70 度，東經 150 度及北緯 70 度，西經 95 度附近，磁傾角分別接近±90 度（即目前地磁南、北極位置），以目前 M2 方向盤磁針機構而言，無法歸北。

就連高科技「慣性系統」之感測元件－陀螺儀，亦將超出「緯度」限制，發生無法作業之嚴重問題（如表八）。

觀察美軍現行使用「導航與定位系統」，多以「慣性系統」或「慣性/GPS 整合系統」為主，除位居「輔助系統」的 GPS 與里程計（VMS）影響較小外，「慣性系統」將因超出南、北緯 75 度限制，發生誤差倍增甚至當機現象。基此，美軍現階段「導航與定位系統」，如須擴大運用範圍至南、北極，其科技與性能將有待突破。「慣性系統」受緯度限制原因，分述如下：

（一）緯度越高，感測地球自轉速率越小：陀螺儀本身「進動」現象，可分為「真正的進動」(Real precession)與「表面外觀的進動」(Apparent precession)。前者由陀螺儀本身製造上的偏差所造成，後者則因地球自轉速率及影響較少的公轉速率造成，須加以「補償」。地球自轉速率補償為緯度的函數，陀螺儀能感測到地球自轉速率的水平分量，隨緯度不同而改變（如圖十四），在赤道上分量為每小時 15.041067 度，在兩極則為零。<sup>25</sup>

（二）「指北」陀螺儀在兩極超出物理條件：慣性系統使用之陀螺儀通常包括提供慣性平台「指北」與「穩定」兩大功能，惟無法在兩極範圍內作業，為「指北」陀螺儀最嚴重缺點。當載具跨越南北極時，持續指北的慣性平台必須瞬間改變（轉向）180 度，對物理機械結構而言無法達成。基此，多數指北慣性系統皆無法在兩極的數百英哩範圍內作業，除非使用另一種特殊的「漫遊方向」（Wander azimuth）慣性系統。<sup>26</sup>

「導航與定位系統」如須克服緯度限制，首先必須全面採用「慣性/GPS 整合系統」，其次則須研發適用於極地的先進系統，以及可增進系統作業彈性之傳統定位、定向技術。

表八 美軍現階段「導航與定位系統」作業範圍

| 區分<br>限制 | 改良位置與方位決定系統 (IPADS)                    | 整合式模組化定位定向系統 (MAPS-H) | 雷射慣性砲兵指示系統 (LINAPS) | 定位導航儀 ( P N U ) | 火砲射向賦予與定位系統 ( G L P S ) |
|----------|----------------------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------|-------------------------|
| 作業緯度範圍   | 南、北緯 0-65 度(方位 0.4 密位)                 | 南、北緯 0-75 度之間地區       | 南、北緯 0-75 度之間地區     | 南、北緯 0-75 度之間地區 | 南、北緯 0-75 度之間地區         |
|          | 南、北緯 65-75 度 (方位 0.6 密位)               |                       |                     |                 |                         |
| 備考       | 「改良式位置與方位決定系統」 (IPADS) 作業緯度越高時，定向精度越差。 |                       |                     |                 |                         |

資料來源：作者自製

<sup>25</sup> 同註 1，頁 12。

<sup>26</sup> 同註 1，頁 21。

The diagram illustrates the Earth's rotation and the relationship between its angular velocity vector and geographic latitude. The Earth is represented as a yellow sphere with a grid of latitude and longitude lines. A blue arrow at the top indicates the axis of rotation, and a blue curved arrow around the equator indicates the direction of rotation, labeled "地球自轉方向" (Earth's rotation direction). A callout box points to the rotation axis, stating "地球自轉角速度 15.04 度/小時" (Earth's rotation angular velocity 15.04 degrees/hour). Two red vectors originate from the center of the Earth: one points along the rotation axis, and the other is perpendicular to the axis. The angle between these two vectors is labeled "緯度" (latitude) in red. A callout box points to the red vector perpendicular to the axis, stating "地球角速度向量" (Earth's angular velocity vector). The letters "W" and "E" are placed on the left and right sides of the sphere, respectively.

## 結語

美軍歷經 30 餘年的研改，砲兵各裝備所運用之「導航與定位系統」已逐漸普及且進化至第二代，可實現 2020 年甚至未來在戰場建立優勢戰力之願景。國軍砲兵目前僅少數裝備（如測地 ULISS-30、SPAN-7 與雷霆 2000 多管火箭系統等）運用「導航與定位系統」，可符合「現代化」條件；絕大部分仍使用傳統方式因應，且目前運用之部分系統（如 ULISS-30）已屆壽限，即將面臨建案更新。未來將如何規劃相關系統之運用方式或新系統之性能需求，美軍砲兵「導航與定位系統」運用、發展之歷程、趨勢與經驗，可供國軍參考。

一、黃興國，《慣性導航系統原理與應用》（臺北市：全華科技圖書公司，民國80年6月）。

二、應天行，〈新世代之砲兵火箭—MLRS 多管發射火箭系統〉《全球防衛雜誌》，1985 年 1 月。

三、詹皓名，〈陸戰火龍—MLRS 多管火箭與 ATACMS 陸軍戰術飛彈〉《尖端科技》，146 期，1996 年 10 月。

四、耿國慶，〈美軍砲兵測地未來新利器——「改良式位置與方位決定系統」(IPADS)〉  
《砲兵季刊》，129期 94年第2季，2005年4-6月。

五、耿國慶，〈美軍「多管火箭系統」(MLRS)彈藥與發射系統發展簡介〉《砲兵季刊》，156期 101年第1季，2012年1-3月。

六、耿國慶，〈析論美軍砲兵「火砲射向賦予與定位系統」(GLPS)〉，《砲兵季刊》，135期 95年第4季，2006年10-12月。

- 七、耿國慶，〈美軍 MLRS 多管火箭「穩定參考組/位置決定系統」(SRP/PDS)之研究〉，《砲兵學術雙月刊》，109 期，2000 年 8 月。
- 八、耿國慶，〈美軍「多管火箭系統」(MLRS)之定位、導航組件與測地作業〉《砲兵季刊》，126 期，2004 年 8 月。
- 九、呂致中，〈研析 M777 輕型牽引榴砲之設計與運用〉《砲兵季刊》，136 期，民國 96 年第 1 季。
- 十、Loren B. Thompson 著，陳嘉生譯，〈不能沒有你：美國需要陸軍的八個主要理由〉《國防譯粹》，第 42 卷第 6 期，國防部史編局，民國 104 年 6 月。
- 十一、干國強，《導航與定位—現代戰爭的北斗星》，〈北京：國防工業出版社，2004 年 2 月 3 刷〉。
- 十二、John AnTAL 著，趙公卓譯，〈通信的明日之星：機動用戶目標系統〉，《國防譯粹》(臺北市：第 43 卷第 1 期，民國 105 年 1 月)。
- 十三、Jonathan Tepperman 著，童光復譯，〈人物專訪：美國防部長卡特〉，《國防譯粹》(臺北市：第 43 卷第 1 期，民國 105 年 1 月)。
- 十四、Rupert Pangelley 著，〈重新評估火砲的未來角色〉《國防譯粹》(臺北市：第 31 卷第 9 期，國防部史編局)，民國 93 年 9 月。
- 十五、“M111 IPADS Presentation to Taiwan Army”, COMMUNICATIONS Space & Navigation ( 22/6/2005 )。
- 十六、“Tactics, Techniques, and Procedures for FIELD ARTILLERY SURVEY ( FM6-2 ) ” ( HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY 23/9/1993 )。
- 十七、The Power of Honeywell Inertial Navigation System—MAPS, EPLSS, TALIN, Honeywell Inc, 29/6/2000。
- 十八、“LINAPS Artillery Pointing System”, ( United Kingdom : SELEX Sensors and Airborne System Ltd, 2005 )。
- 十九、Mark Hewish and Rupert Pangelley, “Achieving battlefield awareness, The benefits of accurate land navigation and positioning”, ( Janes International Defense Review, 5/1997 )

### 作者簡介

耿國慶老師，陸軍官校 66 年班，歷任排長、測量官、連、營長、主任教官，現任職於陸軍砲兵訓練指揮部目標獲得教官組。