

以色列砲兵「天文定向模組」(ANFM) 發展與運用簡介

壹、作者：耿國慶雇員教師

貳、單位：陸軍飛彈砲兵學校目標組

參、審查委員：

謝敏華上校

王道順上校

徐坤松中校

王述敏上校

肆、審查紀錄：

收件：98 年 12 月 08 日

初審：98 年 12 月 10 日

複審：98 年 12 月 14 日

綜審：98 年 12 月 16 日

伍、內容提要：

- 一、砲兵定向為影響測地與射擊精度關鍵因素之一，目前定向方式區分為磁針、天體觀測與陀螺儀三種類型。1990 年，以色列「艾尼穆斯」(Azimuth) 公司依據先進軍事工程技術與特殊作戰需求，為國防軍砲兵研發「天文定向模組」(ANFM)，除增進磁針定向精度外，並改良天體觀測複雜、冗長之作業缺點，經戰場驗證，已獲得顯著成效。
- 二、「天文定向模組」(ANFM) 之基本型為 NORS-61，衍生型則為「火炮射向賦予系統」(AGLS) 與「目標情報與擷取系統」(ATLAS)，已廣泛運用於以色列國防軍砲兵、偵搜部隊與空軍。NORS-61 具備價格低、操作簡單與無需保修支援等優點，已與砲兵連 Wild G10、G11 方向盤混合。
- 三、以色列砲兵為滿足精確與迅速定位之要求，目前將砲兵連 Wild G10、G11 混合系統配合砲兵營 Wild GG1-3 陀螺儀系統使用。當天候不佳 NORS-61 無法定向時，即由砲兵營陀螺儀系統支援，提供符合精度要求之統一方位，俾增進射擊精度。
- 四、先進國家砲兵對定向裝備與技術之發展，始終不遺餘力。除以色列砲兵發展天文定向模組外，美軍砲兵亦於 1995 年汰除 M2 方向盤，換裝「火炮射向賦予與定位系統」(GLPS)。國軍目前 M2 方向盤使用已欲逾 30 年，已無

法滿足定向與射向賦予需求，亟須檢討更新。以色列國防軍砲兵天文定向模組發展與運用經驗，可供國軍未來研發與建案參考。

以色列砲兵「天文定向模組」(ANFM)發展與運用簡介

作者：耿國慶

提要

- 一、 砲兵定向為影響測地與射擊精度關鍵因素之一，目前定向方式區分為磁針、天體觀測與陀螺儀三種類型。1990 年，以色列「艾尼穆斯」(Azimuth) 公司依據先進軍事工程技術與特殊作戰需求，為國防軍砲兵研發「天文定向模組」(ANFM)，除增進磁針定向精度外，並改良天體觀測複雜、冗長之作業缺點，經戰場驗證，已獲得顯著成效。
- 二、 「天文定向模組」(ANFM) 之基本型為 NORS-61，衍生型則為「火砲射向賦予系統」(AGLS) 與「目標情報與擷取系統」(ATLAS)，已廣泛運用於以色列國防軍砲兵、偵搜部隊與空軍。NORS-61 具備價格低、操作簡單與無需保修支援等優點，已與砲兵連 Wild G10、G11 方向盤混合。
- 三、 以色列砲兵為滿足精確與迅速定位之要求，目前將砲兵連 Wild G10、G11 混合系統配合砲兵營 Wild GG1-3 陀螺儀系統使用。當天候不佳 NORS-61 無法定向時，即由砲兵營陀螺儀系統支援，提供符合精度要求之統一方位，俾增進射擊精度。
- 四、 先進國家砲兵對定向裝備與技術之發展，始終不遺餘力。除以色列砲兵發展天文定向模組外，美軍砲兵亦於 1995 年汰除 M2 方向盤，換裝「火砲射向賦予與定位系統」(GLPS)。國軍目前 M2 方向盤使用已欲逾 30 年，已無法滿足定向與射向賦予需求，亟須檢討更新。以色列國防軍砲兵天文定向模組發展與運用經驗，可供國軍未來研發與建案參考。

壹、前言

砲兵定向之目的，旨在提供測地起始方位，目標獲得、觀測器材定向與火炮射向賦予資料，為影響測地與射擊精度關鍵因素之一。20世紀初，世界各國砲兵多使用「方向盤」（Aiming circle）之磁針與「天體觀測」（Astronomic observation）遂行定向作業。1981年起，美軍砲兵相繼納編「位置與方位決定系統」（Position and Azimuth Determining System, PADS）與「測地用輕型方位陀螺儀」（Survey Instrument, Azimuth Gyro, Lightweight, SIGAL）後，砲兵定向裝備自此區分為磁針、天體觀測與陀螺儀三種類型。

1990年歷經中東戰火洗禮的「以色列國防軍」（Israel Defence Forces, IDF）砲兵，深感定向之重要性，由「艾尼穆斯科技股份有限公司」（Azimuth Technologies Ltd）依據先進之軍事工程技術與特殊作戰需求，研發「天文定向模組」（Astronomical North Finding Module, ANFM），不僅提升磁針定向之精度，亦改進天體觀測複雜、冗長之作業缺點，已廣泛運用於砲兵、偵搜部隊與空軍，且經戰場驗證獲得顯著成效。特簡介以色列砲兵定向裝備與技術之發展與運用經驗，提供國軍砲兵參考。

貳、發展緣起

1982年「黎巴嫩」（Lebanon）戰爭中，火力佔有極為重要之地位，因此在中東持續相當長久的歷次衝突中，堪稱為「砲兵戰」。一向行動秘密的以色列國防軍砲兵，成功的運用1973年「贖罪日」（Yom Kippur）經驗所研發出的新戰術與區域性先進武器系統，獲得重大勝利¹。戰後，砲兵戰術與裝備發展成為以色列國防軍建軍規劃重點，並定期實施研討。

一、1990年代初期，以色列國防軍為達成「現代化野戰砲兵所面臨之特殊複合任務」，特召開研討會，會中除達成三點共識外，並深切體認砲兵火力有效與否，不僅依賴火炮射向賦予與射擊精度，尚須由前進觀測官或目標獲得機構，提供目標精確

¹ Brigadier General (Reserves) Arie Mizrahi, IDF, Israeli Artillery Tactics and Weapons-Lessons Learned in Combat, Field Artillery 2/1990, p7。

之位置。其共識如下：

- (一) 必須提高第一群砲彈精度，並重視縮短、簡化與改進射擊修正程序之效能。
- (二) 射擊單位使用相同射擊諸元射擊時，必須縮小兩群射彈之散佈。
- (三) 數個砲兵連或砲兵營以單砲進行試射時，仍須具備以最大武器數射擊單一目標之能力。

二、1994 年，以色列砲兵歷經多次戰場驗證後，針對影響第一群砲彈精度之因素、單砲火力散佈與增進大口徑火砲集中射擊精度等問題，獲得突破性之進展。驗證報告中除肯定火砲射向賦予時方位精度之重要性外，並作成下列建議：

- (一) 改進測量裝備，確保射擊單位座標、射向賦予與標定之精度。
- (二) 探測與計算彈道氣象對射擊之影響。
- (三) 測量砲口初速。
- (四) 測量發射藥（火箭推進劑）之溫度。
- (五) 修定訓練方式與準則內容（如群射時採同一批號之彈藥）。
- (六) 改進目標獲得精度並辨別目標性質。²

叁、定向之重要性

以色列國防軍砲兵認為定向極為重要，曾以群射距離 20 公里之目標為例：如火砲僅存在射向賦予 9 密位誤差，將造成彈群大約 180 公尺之偏差。如除去原射向賦予偏差外，尚有不精確瞄準與射擊程序等誤差，射彈偏離目標之程度將更為可觀。因此必須確實掌握初發射彈，再以試射修正或依據「平均彈著點」（Mean Point of Impact, M P I）方式消除各項誤差，爾後數門砲、數個砲兵連或砲兵營即可射擊目標。

一、 影響射擊精度與效果：

- (一) 使用單砲試射修正後之射擊諸元，對任何非精確射向賦予

² Isaac Tzadik, Alignment of Artillery Units, Offprint from Issue MILITARY TECHNOLOGY 5/1994, p1。

或射向賦予誤差不一致其他火炮（單位）之射擊效果而言，將造成過大之火力散佈，致無法達成預期損害。惟達成射擊精度與效果之主要手段，即為「統一方格」（common grid）。

- （二）統一方格（包括統一方位、座標、標高）為達成精準與有效火力之制式方法。就當前射擊法則而言，目標與試射砲之方格誤差，可藉由射擊修正程序消除，惟目標與試射砲間之誤差修正量並非等同其他火炮。除非單砲試射之射擊修正可提供精確之射擊諸元，且適用於所有火炮時，始可使提高現代化砲兵火力之精準與效益。
- （三）砲兵射擊單位精確之射向賦予係極為重要、複雜且持續的程序，對射擊修正程序與效能影響甚鉅。因精確之射向賦予影響砲兵射擊效果，故砲兵單砲與射擊單位精確之統一方格，為所有現代化砲兵戰力發揮重要之基本需求。

二、影響砲兵整體戰力提昇：

野戰砲兵達成任務之方式，係以火力殲滅目標。砲兵近期雖已大幅改進彈藥、機動力、存活力與反應時間等，惟火力如無法落達目標，一切改進砲兵整體戰力所作之努力終將失敗。如前述改進措施已具成效，為使砲兵射擊單位（牽引砲、自走砲與火箭發射架）與目標獲得機構之射向賦予與定向有效，則統一方格（統一方向或方位角）為必要條件，所有單位皆須使用統一方格方位角且相互平行，或測量兩點方位使其朝向無窮遠的同一點。統一方位提供使用先進試射技術之條件，僅需極少之砲彈群數與試射程序，即可將火力涵蓋最大區域。亦即在極短時間內，僅由單砲試射，即可精確射擊多數目標。

肆、砲兵定向裝備區分

砲兵長久以來普遍使用裝置磁針之方向盤定向，基於「磁北」穩定性不足且定向精度有限，1981年起改採昂貴、複雜之陀螺儀，將精確之「正北」換算為「方格北」。1990年，以色列憑藉先進之軍

事工程技術與特殊作戰需求，研發革命性的「天文定向模組」（AN FM），除改進天體觀測複雜且冗長之作業方式外，亦為砲兵定向增加另一項新的選擇（各類型定向裝備比較，如表一）。以色列國防軍砲兵各種定向裝備簡述如後：

一、磁針系統：

此種系統內部裝置「磁性指北針」（Magnetic compass）與「測角器」（Goniometer），構造簡單且容易操作，僅需較低投資，即可獲得有限精度之定向資料（如砲兵連配賦之 Wild G10 與 G11，圖一）。對磁性干擾物極為敏感為磁針系統最大缺點，當磁針系統靠近金屬物體（甚至操作者之眼鏡金屬邊）、武器、裝備、電器與含磁性之岩石等，皆可能造成高達數十至百密位之誤差³。基於磁針定向無法提供精確之方格方位角，即使經過「磁偏校正」，亦精度有限，致不宜依賴磁針系統定向。



圖一：以色列國防軍砲兵連配賦之 Wild G11 方向盤
（磁針系統）

資料來源：WILD G11 Aiming Circle，Wild Heerbrugg Ltd。

³ Isaac Tzadik，Alignment of Artillery Units，Offprint from Issue MILITARY TECHNOLOGY 5/1994，p2。

二、陀螺儀系統：

「陀螺儀」系統（Gyroscopic）包括電子驅動式陀螺儀與機械式測角器，定向精度通常小於 1 密位（如砲兵營配賦之 Wild GG1-3 或 TAMAN NFS，圖二）。系統重約 20 公斤，因結構精密、耗電與敏感性高，致價格十分昂貴，操作時需使用外部電力（如載具電源），且使用者須具備操作與維修技術。陀螺儀定向精度極高，可獨立提供統一之方格方位角，即使對兩個相距甚遠之射擊單位個別實施射向賦予，仍可符合方位統一之要求⁴。



圖二：以色列國防軍砲兵營配賦之 Wild GG1-3 方向盤
（陀螺儀系統）

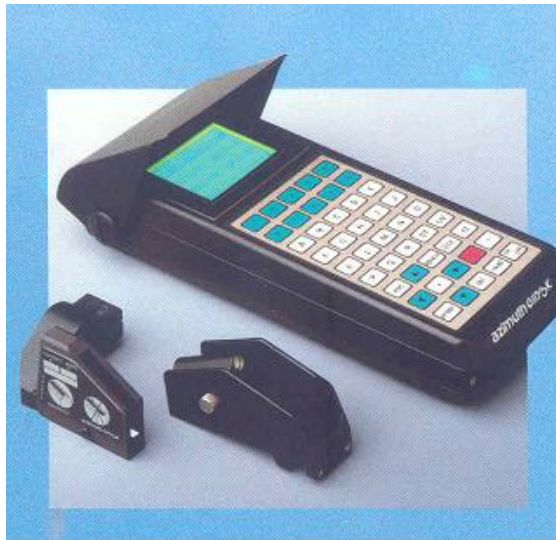
資料來源：WILD GG1 Automatic Gyroscope System，Wild Heerbrugg Ltd。

三、天文定向系統

1990 年代，以色列研發出第三種定向系統，其依據海上導航科技，利用天空中之天體（日間使用太陽，夜間則使用各種行星），提供高精度之定向資料，稱之為「天文定向模組」（ANFM，圖三），由以色列「艾尼穆斯科技股份有限公司」（Azimuth Technologies Ltd）生產，其基本系統命名為 NOR

⁴ Isaac Tzadik，Alignment of Artillery Units，Offprint from Issue MILITARY TECHNOLOGY 5/1994，p3。

S-61（圖四），衍生型為「火炮射向賦予系統」（AGLS）與「目標情報與擷取系統」（ATLAS），已廣泛運用於以色列國防軍砲兵、偵搜部隊與空軍等。該系統操作簡單，可在世界任何地方或任何時間，輕易辨識與計算已知天體之精確方位，模組原內建行星曆基本資料 61 筆，目前已增加為 100 筆⁵。



圖三：以色列艾尼穆斯公司開發之「天文定向模組」（ANFM）

資料來源：NORS-61 AZIMUTH North Seeking Module，Azimuth Ltd 2/1990。



圖四：以色列國防軍砲兵使用 NORS-61 定向

資料來源：Isaac Tzadik，Alignment of Artillery Units，Offprint from Issue MILITARY TECHNOLOGY 5/1994，p2。

⁵以色列 Azimuth 科技公司簡報，5/2006。

- (一) NORS-61 可使用任何商用「測角器」(以色列國防軍目前使用 G10 與 G11 方向盤)，且精密安裝小型、簡單之機械瞄準鏡與晝、夜目視鏡，另外配備內建方位判定軟體之小型手持電腦。因系統輕巧(不含測角器，重量僅 200 公克)、可靠、毋須外部電力且操作極為簡單，操作手僅需 1 小時之訓練，1-2 分鐘內即可完成高精度(± 1 密位)之定向資料。
- (二) 依賴天體為 NORS-61 之主要缺點。當天候不佳天體無法覘視時，「天文定向模組」(ANFM)即無法定向，此時操作手須改用測角器上「管式指北針」因應。當天氣晴朗後，NORS-61 需使用手持電腦計算與更新先前資料，2-3 分鐘始可達到預期精度。
- (三) NORS-61 因系統構造簡單，致價格與維修費用低廉，售價約為陀螺儀為基礎系統之 1/25。系統可提供諸多選配附件，僅須少量預算即可編配砲兵部隊所轄之砲兵連⁶。

表一

砲兵各類型定向裝備比較表			
區 分	磁 針	陀 螺 儀	天文定向模組
精 度	>20 密位 (視環境電磁影響程度而定)	<1 密位	± 1 密位
價 格	極低	極高	低
定 向 時 間	2-3 分鐘 (方向盤)	3.5 分鐘	1-2 分鐘
與其他裝備之相容性	簡單	極複雜	簡單
電力需求	不需要	特殊電源	商用電池
維 修 方 式	簡單	複雜	簡單
限 制	1. 易受電磁干擾 2. 磁場缺乏穩定性	作業範圍限於南北緯 75 度之間	受天候限制

⁶ Isaac Tzadik, Alignment of Artillery Units, Offprint from Issue MILITARY TECHNOLOGY 5/1994, p3。

資料來源：作者自製。

伍、火炮射向賦予系統（AGLS）

「火炮射向賦予系統」（AGLS）由以色列「艾尼穆斯」（Azimuth）公司生產，與「目標情報與擷取系統」（ATLAS）皆為「天文定向模組」（ANFM）之衍生型。ATLAS 原設計旨在提昇砲兵觀測與目標獲得之整合能力，惟基於系統主件「電子測角器」（ATLAS LT）之多元擴充與整合能力，特因應砲兵射向賦予與定位任務需求，發展新式三腳架或裝車使用之「火炮射向賦予系統」（AGLS）構型（圖五），已完成性能與戰場測試，目前部署於以色列國防軍與「北大西洋公約組織」（NATO）國家砲兵部隊。



圖五：「火炮射向賦予系統」（AGLS）構型

資料來源：以色列 Azimuth 科技公司簡報，5/2006。

一、系統組成：

（一）ATLAS LT 電子測角器（方位平台）：

為系統基本架構，可提供數位化戰場上所需之全方位通連選擇（圖六）。內部包括：整合式內部電腦、任務軟體、

鍵盤、電子式指北針（電羅經，Electronic compass）、數據通信機等五大部分。



圖六：AGLS之ATLAS LT 電子測角器

資料來源：以色列 Azimuth 科技公司簡報，5/2006。

（二）天文定向模組（Astronomical North Seeking Module，ANFM）：

ANFM 即 Azimuth NORS-61（如圖七），係利用天文定向原理，提供標點精確之正北或換算為方格方位角。

（三）攜行背包：

放置系統組件，提供防護與便於個人攜行。

（四）24V 外接電源線。

（五）軍規輕型三腳架：

極堅固與穩定，提供 AGLS 整置於不平坦地形。另附有不同腳架，供各型戰鬥載具使用。

（六）雷射測距儀（Laser Rangefinder；LRF）。

（七）夜視裝備（選配）：如熱像儀、星光夜視鏡。

（八）快拆式偵蒐器介面單元：可結合附加的日、夜間監視器。



圖七：AGLS 安裝之之「天文定向模組」(ANFM)

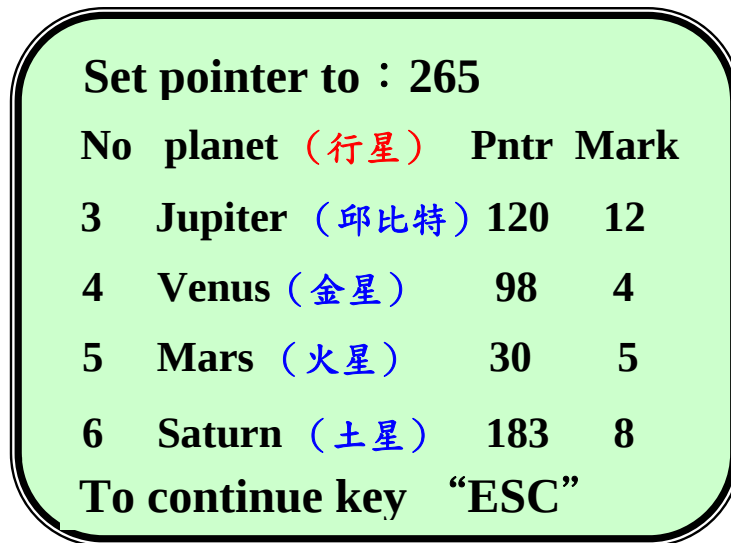
資料來源：以色列 Azimuth 科技公司簡報，5/2006。

二、重要諸元：

- (一) 重量：<8 公斤，最大可負載至 12 公斤。
- (二) 方向（水平）角：360 度旋轉。
- (三) 俯仰角：±400 密位。
- (四) 水平角與高低角測角精度：±1 密位。
- (五) 定向精度：搭配電子指北針為±5 密位；使用天文定向模組為±1 密位。
- (六) 電源：AA 電池或外接 12—32VDC。
- (七) 平均故障時隔（MTBF）：6,000 小時。

三、射向賦予操作：

- (一) AGLS 使用「天文定向模組」(ANFM) 定向（圖八）或電子指北針歸北，再以電子測角器逐一對各砲測取方位角、高低角。
- (二) 使用雷射測距儀測取各砲距離。
- (三) 由內建電腦計算火砲位置（座標、標高）。
- (三) 對火砲射向賦予，火砲並向 AGLS 反覘。
- (四) 將各火砲相關資料儲存至內部電腦中，俾監控與修正。



圖八：「天文定向模組」（ANFM）選擇行星定向示意

資料來源：以色列 Azimuth 科技公司簡報，5/2006。

陸、以色列砲兵使用經驗與效益

以色列國防軍砲兵一向強調大規模之火集中，1982 年黎巴嫩（Lebanon）戰爭時，師砲兵編制 M109A1、A2 式 155 公厘自走砲與 N107 式 175 公厘自走砲（圖九），爾後將 175 公厘自走砲更換為 M110 式 8 吋自走砲，再增編 MAR290「中程砲兵火箭」（Medium Artillery Rocket）⁷。惟砲兵連在 1994 年始獲得使用磁針定向之 G10 與 G11 方向盤，砲兵營則獲得以陀螺儀為基礎之定向裝備（如 Wild GG1-3 或 TAMAN NFS），實無法滿足精確與迅速之定向要求，亟須研擬有效之解決方式。以色列國防軍砲兵使用「天文定向模組」基本型 NORS-61 之經驗與效益列舉如後：

⁷Brigadier General (Reserves) Arie Mizrachi, IDF, Israeli Artillery Tactics and Weapons-Lessons Learned in Combat, Field Artillery 2/1990, p7。



圖九：1982 年以色列砲兵使用之 M107 式 175 公厘自走砲

資料來源：<http://10.22.155.6/index-jane's.html>（詹氏年鑑武器系統-基泰國際有限公司）。

一、混合運用：

以色列國防軍砲兵曾研擬數種解決精確與迅速定向要求之方式，惟最佳方式為砲兵連使用磁針為基礎之 Wild G10、G11 與 NORS-61 混合系統，再配合砲兵營 GG1-3 陀螺儀系統適切支援。經過包括實戰等多項測試，NORS-61 可提供符合精度要求之統一方格方位，並獲得改進射擊精度之優異成效。當遭遇不良天候狀況時，即使 NORS-61 之管型指北針無法達成預期定向精度，仍可由營級陀螺儀系統（Wild GG1）適切支援。

二、整合其他系統：

最近數年，以色列國防軍砲兵充分展示 NORS-61 整合陀螺儀系統之成效，並精確與迅速的部署在所有砲兵網狀組織內。當高精度之 NORS-61 定向系統使用在前進觀測所與射擊單位時，可獲得戰場技術射擊指揮與提高砲兵整體戰力方面之多項效益。基此，「天文定向模組」（ANFM）科技已將未來需求整合至「目標情報與擷取系統」（ATLAS）之目標獲得與觀測系統內，可藉由統一的術語，直接傳輸目標資料至砲

兵營，俾爭取前進觀測員與射擊單位間之傳輸精度與反應時間。

三、解決統一方格問題：

徹底解決統一方格問題，為 NORS-61 另一項優點。NORS-61 具備與 GPS 連接介面，其小型手持電腦可整合「全球定位系統」（GPS）接收機，充分提供定位與定向資料。惟為達到統一方格之定位要求，「艾尼穆斯公司」（Azimuth）強調必須使用「P 碼」（精確碼）或「差分 GPS」（DGPS），方可符合當前運用之精度需求⁸。

四、整合效益明顯：

將 NORS-61 與當前砲兵部隊之編裝與技術整合，極為簡單。因 NORS-61 具備低成本與操作簡單之優點，不僅適用於講求速成訓練之後備部隊，且與現行砲兵部隊之測角器材相容，甚至無須任何保修支援，故可免除建置複雜與昂貴之保修編組。

五、因應未來重大挑戰：

凡事強調檢查，為現代化戰場之特性。就講求精確之定向系統而言，務須將高價且精確之陀螺儀與低成本之 NORS-61 合併使用。目前砲兵部隊針對未來作戰所需面臨之重大挑戰如下：

- （一）在極短時間內，必須射擊多數目標。
- （二）運用有效之「打帶跑」（Shoot-and scoot）戰術，降低反火力戰威脅。
- （三）在逐漸增大之砲兵射程內，有效射擊目標。
- （四）為達成火力支援需求，必須縮短反應時間。
- （五）必須加強火力與破壞效果。

為達成前述效果之需求，砲兵定向系統必須面臨戰場一精度、反應時間、自動化操作與存活力等數項關鍵挑戰。前瞻未來解決之道，砲兵勢必需要換裝高價（超過 10 萬美金）且

⁸ Isaac Tzadik, Alignment of Artillery Units, Offprint from Issue MILITARY TECHNOLOGY 5/1994, p3。

高性能之「慣性定位定向系統」（如 GONS 或 MAPS）。當改進射擊速率與彈藥效能後，砲兵連即可成為重要且獨立之射擊單位。惟達成砲兵面臨之重大挑戰，尚需配合可加強射擊精度與反應時間相關之系統，因此選擇 NORS-61 系統不啻為低成本且有效之解決之道。

柒、結語

先進國家砲兵對定向裝備與技術之發展，始終不遺餘力。除以色列國防軍砲兵於 1994 年採用「天文定向模組」（ANFM）為主之系統外，美軍砲兵亦於 1995 年檢討傳統型式之 M2 方向盤，不僅結構簡單且功能有限，已無法滿足自動化之需求，特採購新一代的「火炮射向賦予與定位系統」（如 GLPS，圖十），以解決戰場上日益升高之定向與定位問題。

鑑於國軍砲兵目前編制之 M2 方向盤，已使用長達 30 餘年，不僅機件老舊、誤差增生，磁針定向精度已無法滿足測地定向與射向賦予之需求，故換裝新式方向盤實為當務之急。以色列國防軍砲兵定向裝備之發展與運用經驗，實可供國軍未來研發與建案參考。



圖十：美軍砲兵「火炮射向賦予與定位系統」（GLPS）

資料來源：Gun Laying and Positioning System (GLPS). Leica Geosystems AG Defense & Special Projects. 9/2002.