

跨越「方向盤」階段，邁向「數位化」目標之研究－ 以美軍為例

作者：耿國慶

提要

- 一、砲兵早期因遷就科技條件與各「專業」（測地、射向賦予、觀測）間需求差異有限，致選擇功能廣泛、用途多元與補保容易之「方向盤」，達成「單一裝備」滿足「多數專業」之目的。時至今日，科技條件、戰場環境與專業需求等與半世紀前差異甚大，傳統型式「方向盤」已優勢不再，勢將由數位（自動）化之「新式系統」取代。
- 二、美軍自 1960 年採用 M2（含 M2A2）方向盤，取代 M1 方向盤，至 1991 年全軍總數高達 2,290 套。¹「沙漠風暴」後，美軍開始檢討「M2 方向盤」適應性，除測地已納編「定位定向系統」（PADS）外，並計畫 1995 年起區分五年期程換裝「火炮射向賦予與定位系統」（GLPS），率先跨越「方向盤」階段，邁向「數位化」目標，其成效已通過戰場考驗。
- 三、國軍砲兵於民國 66 年將 M1 換裝為 M2 方向盤後，遂行長達 40 年之砲兵連測地與射向賦予作業，即使已藉由翻修改善現況，仍無法滿足當前作戰需求。筆者建議可借鏡美軍研發思維與經驗，將砲兵連測量班、戰砲排分別換裝符合「數位化」（自動化）條件之「全測站經緯儀」、新式「射向賦予系統」，俾能符合個別專業之特殊需求，提升砲兵戰力。

關鍵詞：M2 方向盤、火炮射向賦予與定位系統（GLPS）、全測站經緯儀、射向賦予系統

前言

自 1950 年起，「方向盤」（aiming circle）即為砲兵連測地、射向賦予為主，觀測為輔之制式裝備。「方向盤」在砲兵長達半世紀的服役中，即使經歷科技蛻變、戰爭轉型與火炮數次世代交替，仍無改變其重要地位。直至第一次波灣戰後（1991 年）檢討，美軍發現 M2 方向盤結構老舊且功能有限，已無法滿足現階段作戰需求，亟需換裝新式系統，以解決戰場上日益升高之定位與定向問題。因此相繼換裝新一代的「測地」與「射向賦予」系統，率先跨越「方向盤」階段，邁向「數位化」（自動化）目標，且獲得具體成效。

國軍砲兵與美軍相似，早期使用 M1 方向盤（如圖一），民國 66 年後換裝

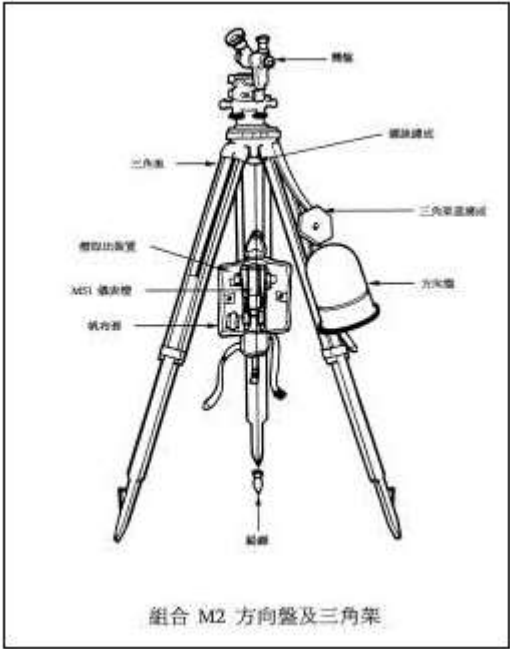
¹ “The Army Positioning & Navigation Master Plan,” (Washington DC: United States Army Combined Arms Combat Developments Activity, 9/1990), Table 3B。

M2 方向盤（如圖二），遂行長達 40 年之砲兵連測地與射向賦予作業（如表一），即使目前藉由翻修改善老舊現況，仍無法滿足當前「數位化」（自動化）戰場需求。未來是否仍繼續使用「方向盤」系列產品？或換裝符合專業需求之新式系統？誠宜審慎規劃，以符實需。



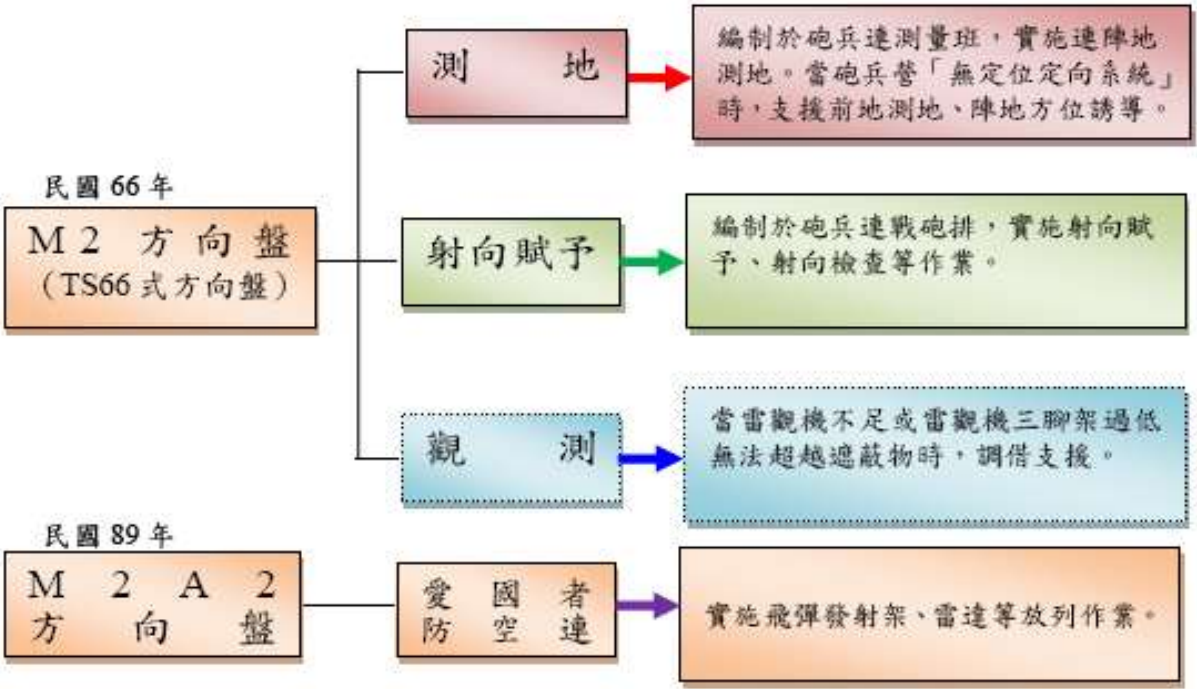
圖一 M1 方向盤

資料來源：ARTILLERY SURVEY，(TM6-600)，11/1954，GHQ ARMY GRC，p34。



圖二 M2 方向盤

資料來源：作者改繪美軍準則



表一 國軍砲兵目前 M2（M2A2）方向盤運用範圍

資料來源：作者自製

M2 方向盤現況檢討

M2 方向盤外觀與測量「經緯儀」相似，可用於測量水平、高低（俯仰）與方位角，加裝濾光鏡後可對太陽觀測實施「天體觀測」（Astronomy observations，即天文定向）。砲兵早期因遷就科技條件與各專業（測地、射向賦予、觀測）間需求差異有限，致選擇功能廣泛、用途多元與補保容易之「方向盤」，達成「單一裝備」滿足「多數專業」之目的。時至今日，科技條件、戰場環境與專業需求等與半世紀前差異甚大，傳統型式之方向盤已優勢不再，被新式系統取代為必然趨勢。M2 方向盤現況檢討如下。

一、定向精度不佳：M2 方向盤定向係以「磁針」為主，「天體觀測」為輔。惟兩種定向方式所得之「方格方位角」，精度有限。

（一）磁針定向：M2 方向盤設置磁針，作為定向與測方位角使用。惟磁針以磁北為基準，須利用「磁針方格偏差常數」（Declination constant，簡稱磁偏常數）將「磁方位角」修正為「方格方位角」（如圖三），方可提供砲兵使用。因磁北變異甚劇且影響磁針精度之因素甚多，如未與影響磁針之物體保持安全距離或磁針生鏽、磁性異常、「均重」²（Counter weight）不當、樞軸磨損，以及未實施「磁偏校正」（Declination）或磁偏校正站資料誤差等，皆可能導致測地「定向」或「方位角法」射向賦予精度不佳。

（二）天體觀測：M2 方向盤利用天體觀測定向時，不僅易受天候與光害限制、作業繁瑣，且須經「方格偏差修正」將「正方位角」修正為「方格方位角」，致甚少使用。

二、望遠鏡倍率不足：M2 系列方向盤之望遠鏡倍率僅 4 倍，視界僅 10 度（約 180 密位），除無法調整焦距外，反覘體亦不明顯。當測地時測站過遠，或射向賦予時陣地幅員寬廣、各砲間隔縱深過大、天色較暗時，即測角或覘視（標定）困難，造成測地與射向賦予不便。

三、無法測距：測地須獲得測站間精確距離求算座標、標高，戰砲排則須測取「砲遮距離」作為陣地射擊準備。因 M2 方向盤無法測距，測地須藉捲尺量距，陣地「砲遮距離」則由採目測、圖上量取方式決定，不僅影響測地速度與精度，易影響最小射角計算之結果。

四、缺乏數位化條件：就當前科技發展要件觀察，「數位化」為「自動化」之必要條件。惟 M2 方向盤採傳統「機械式」設計，不僅無法自動計算「測地成果」或射向賦予、測定砲位，亦缺乏資料儲存與傳輸功能，影響作業時效。

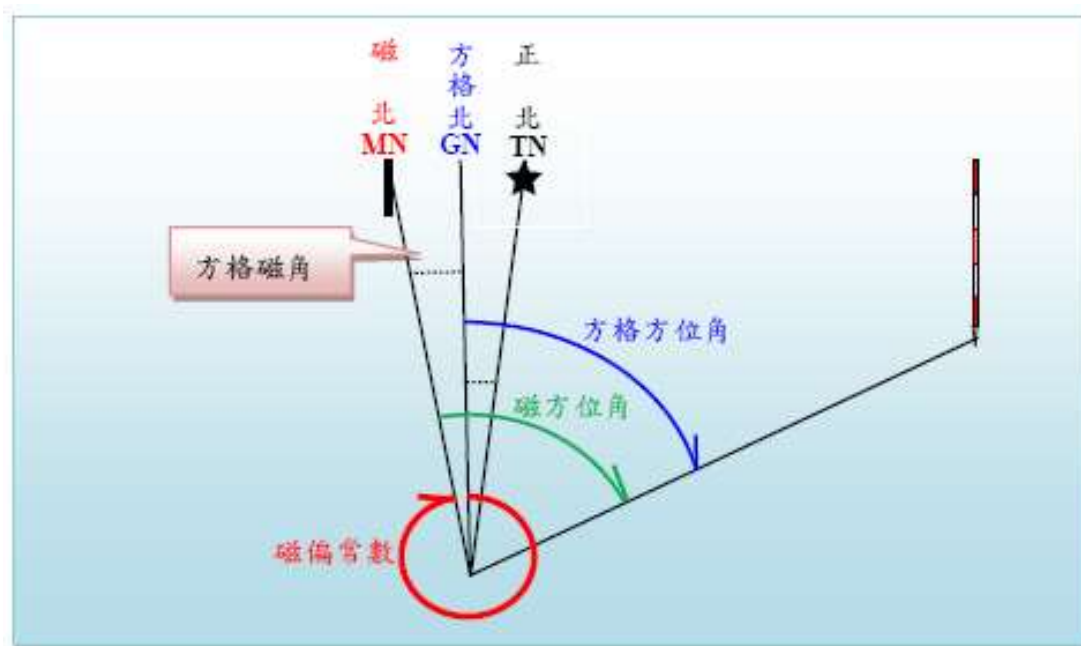
² 磁針因受地球磁極之吸引，即使磁針被樞軸支承重心，但仍向較近之地球磁極下傾，使磁針無法居於水平位置，而形成約與緯度成正比之磁傾角。為使磁針水平，須於下傾之他端繞以銅絲，稱「日均重」。出自：江儀助，測量學，頁 207-208。

五、夜間操作困難：M2 方向盤夜間照明裝置使用傳統燈泡與 BA30 電池（1 號電池）×2，由「標線燈」照明望遠鏡內標線分劃，「指燈」則照明反規體、磁針歸北、看讀方向、高低分劃與錘球定心等。當夜間測地與射向賦予時不僅使用不便，亦因反規體不明顯（體積過小、高度不足且無法自行發光），造成標定、判讀分劃與反規困難。

六、分劃設計不夠精密：M2 方向盤之方向、高低分劃設計皆為 1 密位（最小可看讀至 0.5 密位），因精密度較低，就砲兵連測地而言，測量班甚難於時限（1 小時內）建立符合：座標 $>1/500$ 、方位角 ± 2 密位精度要求之測地成果。就射向賦予而言：民國 72 年後獲得之 M110A2、M109A2、M109A5 式自走砲，其「瞄準具」（週視鏡）之方向分劃最小可裝定至 0.25 密位，惟 M2 方向盤僅可顯示至 1 密位，因兩者差距甚大，影響射向賦予作業配合度與精度。

七、機械度盤容易空迴：M2 方向盤為光學機械式設計，因考量不影響磁針定向精度，分劃度盤採較易磨損之銅質「精密齒輪」（如圖四）。當長期使用或操作不當時（如未將方向補助分劃歸零，即大方向轉動本分劃），易使齒輪不正常磨損而導致空迴，將影響連測地與射向賦予精度。

八、氣泡膨脹影響精度：M2 方向盤計有「管形水準氣泡」×2，規格須小於左、右三條刻劃。惟「管形水準氣泡」無洩壓設計，當長期曝曬陽光或環境溫度變化過大時容易膨脹，其大小目前均到達左、右三條刻劃中間的長刻劃（99、100 年翻修時並未全數換新），已逐漸影響器材水平與測高低角之精度。如水準氣泡大於左、右三條刻劃最外面之短刻劃時，將嚴重影響作業精度（如圖五）。

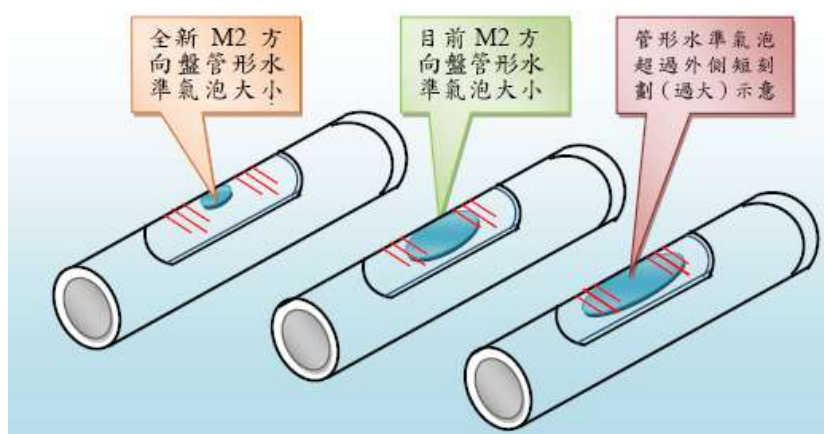


圖三 方格北與磁北關係示意

資料來源：作者自製



圖四 M2 方向盤分割度盤之銅質「精密齒輪」
資料來源：作者自製



圖五 M2 方向盤管形水準氣泡規格比較
資料來源：作者自製

美軍砲兵研發實例

自二次世界大戰起，砲兵遷就科技條件與考量各專業間差異有限，選擇具備功能涵蓋廣泛、用途多元且補保容易條件之傳統「方向盤」(M1、M2、M2A2 型式)，作為砲兵測地、射向賦予與觀測裝備。至 90 年代後，在科技蛻變、戰爭轉型與新式火炮需求改變衝擊下，美軍體認「數位化」(自動化)重要性與「單一裝備」無法滿足砲兵「多數專業」特殊需求之現實，致傳統方向盤之重要性明顯改變，將由其他「目標陸軍裝備」(Objective Army Requirements, OAR)取代。³就美軍砲兵為例，測地、射向賦予、觀測等專業，已逐漸回歸專業本質，納編符合專業需求、數位(自動)化、增大戰場存活力、精簡人力、提升效率與射擊精度之裝備。

³ Mr.Jeff Froyland and CW4 Scott Prochniak, "Training and Doctrine Command Capability Manager-Fires Brigade," *Fires* 2013 March-April (Fires Seminar 2013), p42-43.

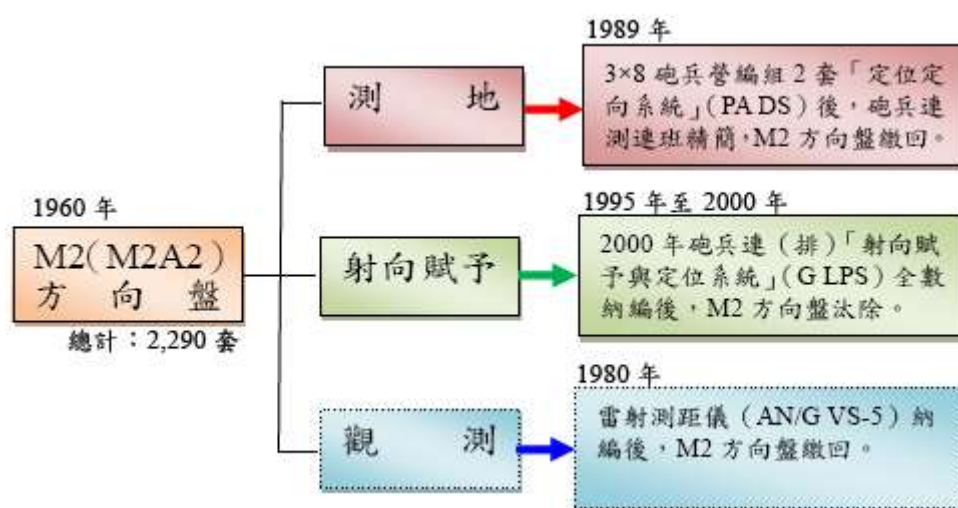
美軍無疑為全球少數擁有科技創造能力與強大財力，可依據實際需求研發所望戰具與戰法之部隊，鑒於現階段對抗各種不明確威脅與反恐、反叛亂之兵力投射戰略，對聯合火力支援需求迫切，陸軍部分則積極發展野戰砲兵戰力，其測地與射向賦予跨越「方向盤」階段，邁向「數位化」目標之研發思維與經驗（如表二），可供國軍參考。

一、砲兵連測地

1981 年美軍為提升砲兵營（含）以上層級之測地能力，已開始納編「定位定向系統」（Position Azimuth Determining System，PADS）。⁴至 90 年代，美軍開始採用「每營三個連、每連八門砲、區分兩個戰砲排」（簡稱 3×8）取代原本 3×6 編組方式，俾增大火力運用彈性、提高戰場存活力、殺傷力與後勤整補速度。⁵惟此舉測地作業量將增至 2 倍（3×8 較 3×6 增加 3 個排陣地中心）以上，須將營部連測量班增編為：「定位定向系統」（PADS）組×2、測量組×1（編制：T16 經緯儀、SEDME-MR 中距離測距儀、SIAGL 定向陀螺儀），負責各砲兵連之戰砲排、目標獲得設施之測地作業（如表三）。⁶各砲兵連測量班則同時精簡編組，M2 方向盤辦理繳回。

當砲兵營測地作業由原本的「勞力密集」，轉變為「裝備與技術密集」型態後，已可充分涵蓋砲兵連原使用 M2 方向盤執行之測地任務（裝備性能比較，如表四）故可精簡連測量班，將員額轉用其他編組。如有其他應急定位、定向需求，則可由戰砲排 1995 年後編配之「火炮射向賦予與定位系統」（GLPS）支援。

表二 美軍跨越「方向盤」階段，邁向「數位化」目標之歷程



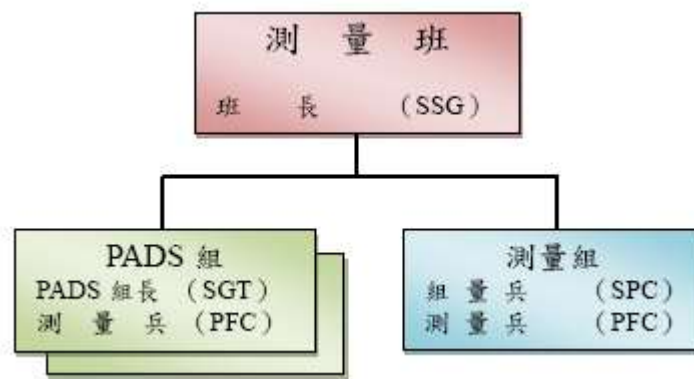
資料來源：作者自製

⁴ 美軍於 1981 年納編 PADS（AN/USQ-70），2005 年換裝 IPADS。

⁵ Col John M. Pickler MAJ P. Gay, “3x8 FA BATTALION” Artillery 2/1989, p32。

⁶ “Tactics, Techniques, and Procedures for FIELD ARTILLERY SURVEY (FM6-2)” , (Headquarters, Department of the Army, 23/9/1993), p1-7。

表三 美軍 3x8 砲兵營測量班編組



資料來源：“Tactics, Techniques, and Procedures for FIELD ARTILLERY SURVEY (FM6-2)”，
(Headquarters, Department of the Army, 23/9/1993)，p1-7。

表四 美軍砲兵連 M2 方向盤與砲兵營測量班裝備性能比較

區分 作業項目	砲 兵 連	砲 兵 營 測 量 班			
	M 2 方 向 盤	SIAGL 陀螺儀	T 1 6 經緯儀	SEDME - MR 中距離測距儀	P A D S 定位定向系統
定 向 方 式	1.磁針定向 2.天體觀測	陀螺儀 定 向	天 體 觀 測		1.方位地線 2.方位轉換鏡
定 向 精 度	>±20 [˚]	<±0.4 [˚]	<±0.15 [˚]		<±0.4 [˚] （密位）
定 位 能 力			✓	✓	✓
測 距 能 力				✓	✓
望 遠 鏡 倍 率	4 倍	10 倍	30 倍		
計 算 砲 位			✓	✓	✓
測 角 精 度	±0.5 [˚]	±0.001 [˚]	±0.1 [˚]		
資 料 儲 存					✓
夜間作業能力	Δ	✓	✓	✓	✓
附 記	一、M2 方向盤為磁針定向精度。 二、SIAGL 陀螺儀定向精度視緯度而定，緯度越高則精度越差。 三、/表示無此項能力。✓表示具備能力且實施便利。 四、Δ表示可實施惟便利性不足。				

資料來源：作者自製

二、射向賦予

美軍於 1991 年波灣戰爭期間，美軍仍使用 M2 (M2A2)「方向盤」作為砲兵射向賦予之主要裝備 (如圖六)。1995 年決定採用「火炮射向賦予與定位系統」 (Gun Laying and Positioning System, GLPS)，計畫區分五年期程採購 717 套，預定 2000 年之前，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。未來每個六門砲之砲兵連或四門砲之砲兵排皆可配賦乙套 GLPS (如圖七)⁷，可有效解決戰場

⁷ Mark Hewish and Rupert Pengelley, “Achieving battlefield awareness, The benefits of accurate land navigation and

上日益升高之定位、定向問題。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，堪稱先進且全功能之系統。

(一)系統組成：GLPS 為模組化設計，可視使用者之特定需求組合構型。系統通常包括 SKK3-08 指北陀螺儀、T502S 電子經緯儀、MRF-2000-2 模組測距儀(如圖八)、PLGR 接收機、SZ19 觇標桿、電池組、SST90 三腳架、攜行箱與附件等。重要組成之構造與特性，分述如後。

1. SKK3-08 指北陀螺儀：為慣性系統，不受「電磁干擾」，可於 3.5 分鐘完成定向作業，在南、北緯 65 度之間地區，可提供 0.2 密位(公算偏差，PE)精度之方位角；南、北緯 65 - 75 度之間地區，則為 0.3 密位(PE)。

2. T502S 電子經緯儀：為電子式結構，使用電子氣泡定平，具備測量水平角、高低角與整合全部系統能力(如使用介面、中央處理等)。包括 MRF-2000-2 模組測距儀、SZ19 觇標桿等，皆安裝於 T502S 電子經緯儀上。

3. MRF-2000-2 模組測距儀：由 T502S 電子經緯儀之望遠鏡光軸發射雷射，測距能力可達 2 公里以上，精度為 ± 1 公尺。MRF-2000-2 模組測距儀為非危險性之「I 級護眼雷射」(Class I eye-safe Laser)，符合 1993 年「美國國家標準協會」(ANSI)所定之 Z136.1 雷射使用安全標準(ANSI Z136.1)。⁸

4. PLGR 接收機：為體積小、重量輕、可手持操作，具「反欺騙」(Anti-Spoofing, A-S)能力，機體結構堅固、防震、防水之 GPS 接收機(裝備程式 AN/PSN-11)。區分為「標準定位服務」(Standard Positioning Service, SPS)與「精確定位服務」(Precise Positioning Service, PPS)兩種機型，平均定位精度為座標 10 公尺(圓形公算偏差，CEP)、標高 10 公尺(PE)，可與 GLPS 連線使用。

(二)系統功能：「火炮射向賦予與定位系統」(GLPS)與「M2 方向盤」比較，具備精度高、功能完整與數位化條件等優點(如表五)。其功能分述如下。

1. 快速定位：GLPS 通常整置於戰砲排陣地「選擇點」，可使用 GPS 與「一點反交會」兩種方式決定「選擇點」(系統)位置，系統將顯示該點之「1984 年世界大地系統」(WGS-84)UTM 方格座標。

(1) GPS 定位：由連線之 PLGR 直接傳輸「選擇點」(系統)所在位置之座標、標高，至系統之 T502S 電子經緯儀。

(2) 一點反交會：A.輸入適當且可確認之已知點座標、標高。B.測定「選擇點」(系統)至已知點方位角、距離與高低角，再由系統自動計算「反交會點」(選擇點或系統)位置。C.儲存「選擇點」(系統)位置資料。

positioning”，Janes International Defense Review, 5/1997, p46-47。

⁸廖偉民，《光電及雷射概論》(亞東書局，民國 77 年 8 月 2 版)，頁 269-278。

2.精確射向賦予與測定砲位：(1) SKK3-08 指北陀螺儀完成指北，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) T502S 電子經緯儀之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，並宣讀火炮射向賦予「方向」。(3) T502S 電子經緯儀自動計算砲位，並儲存砲位座標、標高。

3.測定砲遮距離：T502S 電子經緯儀之望遠鏡直接瞄準遮蔽物或瞄準背立於遮蔽物上之砲手，以 MRF-2000-2 模組測距儀精確測定「砲遮距離」。



圖六 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
資料來源：“Artillery NCOs in Action……Command Sergeants Major Reports”，(Field Artillery, 11/1991)，p47。



圖七 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：Gun Laying and Positioning System (GLPS). Leica Geosystems AG Defense & Special Projects. 9/2002.



SKK3-08 指北陀螺儀

T502S 電子經緯儀

圖八 GLPS 之 SKK3-08 指北陀螺儀、T502S 電子經緯儀（含 MRF-2000-2 模組測距儀、SZ19 觇標桿）

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

表五 M2 方向盤與「火砲射向賦予與定位系統」(GLPS) 性能比較

項目 \ 區分	M 2 (M 2 A 2) 方 向 盤	火砲射向賦予與定位系統 (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 2.三腳架 3. 附件 (零件包)	1.SKK3-08 指北陀螺儀 2.T502S 經緯儀 3.MRF-2000-2 模組測距儀 4.PLGR 接收機 5.SZ19 觇標柱 6.電池組 7.SST90 三腳架 8.攜行箱、附件
定 向 精 度	>±20 密位	<±0.2 密位 (南、北緯 65 度間)
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		30—2,500 公尺
測 距 精 度		±1 公尺
定 位 (座 標) 精 度		1.視 GPS 性能而定 ★ 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
備 考	PLGR 區分為 SPS 與 PPS 兩種機型,PPS 可使用 C/A 碼與加密 P (Y) 碼,精度較高;SPS 僅使用 C/A 碼,則精度較差,通常平均定位精度為 10 公尺 (CEP)。 ⁹	

資料來源：作者自製

國軍未來規劃建議

國軍使用 M2 方向盤已逾 40 年，其結構與性能已不符「數位化」(自動化)條件，亦無法滿足連測地與射向賦予之個別專業需求，尤其未來砲兵將規劃火砲性能提升與精準彈藥射擊，相關裝備宜前瞻任務同步更新，以符實需。前述美軍跨越「方向盤」，邁向「數位化」之作為與經驗，可供國軍規劃連測地與射向賦予裝備參考(如表六、七)。相關建議，分述如後。

一、連測地裝備提升為「全測站經緯儀」：自「精進案」後，國軍砲兵已採用與美軍相同之 3×8 砲兵營編組，惟營部連測量班仍維持原來定位定向系統組×1、測量組×1(7 人)編制，實無法滿足倍增之測地需求。基此，砲兵連測量班(4 人)依需要將支援砲兵營測地，無法比照美軍精簡，且不宜再使用效率較低的 M2 方向盤，建議換裝「全測站經緯儀」(Electronic total station)，將可符合編制條件，且提升測地速度與精度(如表八)。相關理由分述如後。

(一)就裝備條件而言：就「測繪學辭典」解釋：「全測站經緯儀」為集光、機、電子為一體之高科技測量器材，具備水平角、垂直角、距離、高差測量功能之測量裝備，因整置後即可完成測站全部測量而稱之，⁹國軍砲兵目前使用之蔡司 Rec Elta-13、徠卡 TPS700 測距經緯儀皆屬「全測站經緯儀」。「全測站經緯儀」包括測角系統、測距系統、電源、數據處理、通信介面、顯示屏、鍵盤等部分，較傳統方向盤功能多元、完整，砲兵連測量班可就任務，選擇倍率、測距能力、測角精度較現行砲兵營使用「測距經緯儀」差，價格較低之機種，將可獲較大效益。

(二)就作業編組而言：砲兵連測量班(班長、測量士、測量兵×2，合計 4 人)，目前使用 M2 方向盤(導線測量標準編組 6 人)，須採缺員(2 人)操作或由連上抽調餘員支援，並準備多數標竿始可遂行。如採「全測站經緯儀」時(導線測量標準編組 5 人)，作業編組僅缺 1 人，由班長兼任紀錄手即可作業，較符合編制條件。

(三)就整體效益而言：通常 M2 方向盤測地速度為每小時 1 公里、精度為 1/500，當陌生地形或不良天候狀況下，速度更慢。「全測站經緯儀」測地速度為每小時 2 公里、精度為 1/1,000，不僅連單獨執行任務時，可增進測地速度與精度；即使營全部測地時(不論有、無「定位定向系統」作業型態)，皆可適切支援，俾減輕營部連測地負荷，確保測地任務達成。

二、戰砲排換裝新式「射向賦予系統」：除美軍所使用之 GLPS 外，數種新式「射向賦予系統」已使用於先進國家砲兵，均具備優異性能，符合當前戰砲排迫切需求之定位、定向、砲位計算、射向賦予、射向檢查、陣地準備作業等

⁹ 國家教育研究院「雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網」(2003 年 10 月)，網址 <http://terms.naer.edu.tw>。

功能，可獲致 M2 方向盤更大之效益。相關理由分述如後。

（一）就未來新式火炮相容性而言：國軍砲兵戰力提升區分為「現有 M109A2、M109A5 式自走砲性能提升」與「採購新式火炮取代其他舊型牽引砲」兩大方向，而未來射向賦予所使用之裝備，應前瞻與新式或性能提升後之火砲系統相容性。如規劃未來使用 M777 系列 155 榴牽引砲，¹⁰則傳統方向盤已無法配合，採用新式「射向賦予系統」為必然趨勢。

（二）就戰場存活力而言：砲兵在戰場主要威脅來自「空中」與「反火力戰」。美軍依據「伊拉克自由作戰」（OIF）經驗：當反砲（迫砲）雷達「偵測目標」至「反火力戰射擊」全部流程僅需 6 分 37 秒（如圖九），¹¹以「料敵從寬」思維模式，敵亦可能具備相同能力。因此準則中明確律定 M109A6 自走砲在中、高度威脅環境之「存活運動」（Survivability Movement）策略，除須採機動與分散部署，且在射擊區內須實施 300-500 公尺之存活運動，藉以脫離反火力戰威脅。¹²至於「非」M109A6 自走砲單位，無法自行定位、定向，惟有藉「火炮射向賦予與定位系統」（GLPS）特殊性能，達成存活運動之目的。即使測地無法及時支援，戰砲排仍可自行確定砲位與射向賦予。

（三）就精準彈藥射擊需求而言：「精準導引武器」係運用尋標（感測）器偵測自目標（參考點）反射之電磁能量或「相關科技」比對，經過處理程序後，使之導引目標之武器。¹³惟目前精準彈藥多採 GPS 方式導引，須輸入「發射點」與目標（參考點）位置，當砲彈發射後，利用彈頭內 GPS 即時定位資料持續比對與目標關係，並適時修正彈道方位與姿態，將砲彈導引至目標。基此，射擊精準彈藥須由火炮內建或外部輸入位置資料，因新式「射向賦予系統」可測量各砲精確位置，符合射擊精準彈藥需求。

（四）就實際效益而言：1995 年「火炮射向賦予與定位系統」（GLPS）與以色列 TAMAN「定北/射向賦予系統」（North Finding System / Gunlaying and Positioning System, NFS/GLS）共同參與美國砲校舉辦之技術性能測試（NFS/GLS，如圖十），經審慎評估後美軍決定採用 GLPS，¹⁴其評估效益為：增取作戰時效、提升反應能力、增大戰場存活力、有效替代 PADS、適切精簡兵力、因應「過渡

¹⁰王世彰，〈從世界各國火炮發展探討陸軍砲兵部隊未來發展〉《砲兵季刊》（臺南），175 期，砲訓部，民國 104 年第 4 季，頁 17。

¹¹耿國慶，〈美軍伊拉克自由作戰（OIF）反火力戰之目標獲得作為簡介〉《砲兵季刊》（臺南），第 137 期，砲訓部，民國 96 年第 2 季，頁 19-20。

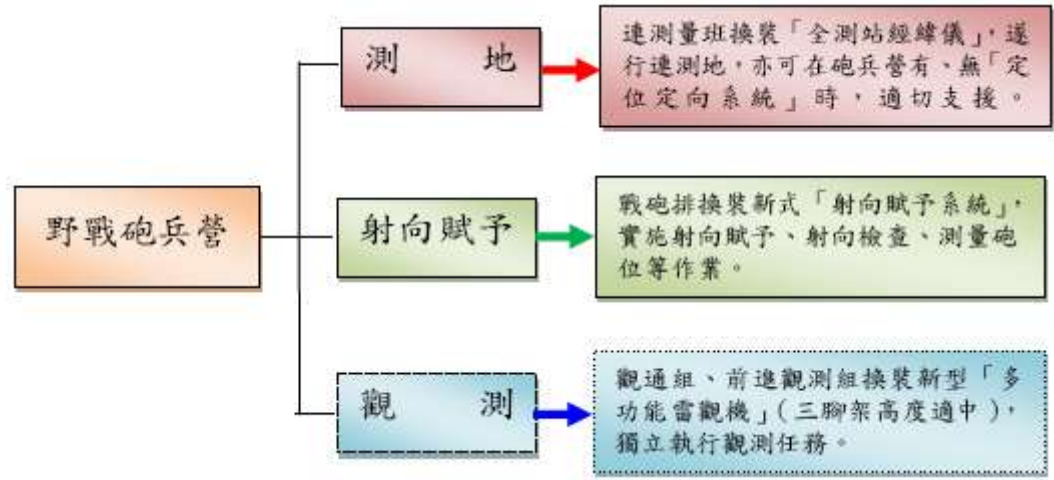
¹²彭勳章、張晉銘，〈從美軍準則研究 M109A6 自走砲之運用〉《砲兵季刊》（臺南），第 127 期，砲訓部，民國 93 年第 3 季，頁 28。

¹³《國軍軍語辭典—92 年修訂本》（臺北市：國防部，民國 93 年 3 月），頁 10-9。

¹⁴耿國慶，〈析論美軍砲兵「火炮射向賦予與定位系統」（GLPS）〉《砲兵季刊》（臺南），第 135 期，砲訓部，民國 95 年第 4 季，頁 04-6。

階段」(M109A2 提升為 A6 式自走砲)、節約維修預算等七點。¹⁵部分效益符合國軍需求，可供參考。

表六 國軍未來砲兵連測地與射向賦予裝備規劃構想



資料來源：作者自製

表七 國軍未來砲兵連測地與射向賦予裝備性能需求擬案

需求 項目	區分	連	測	地	射	向	賦	予
定向能力 與 精 度		陀螺儀：≤±1 密位（PE） 或數位指北針：≤±9 密位			陀螺儀：≤±1 密位（PE） 或數位指北針：≤±9 密位			
定位能力		GPS：≤±10 公尺（CEP） 一點反交會：≤±10 公尺			GPS：≤±10 公尺（CEP） 一點反交會：≤±10 公尺			
測距能力		紅外線：≥1000 公尺 雷射：≥500 公尺			雷射：≥2000 公尺 （測量砲遮距離使用）			
測距精度		<±（3mm+Dx2ppm）			<±2 公尺			
望遠鏡倍率		≤±30 倍			≥±10 倍			
射向賦予作業		不需要			需要			
計算砲位		需要			需要			
測角精度		≥±0.1 密位或≤±10 秒			≥±0.25 密位			
資料儲存容量		>90 點			>30 點			
夜間作業能力		需要			需要			
反覘體裝置		不需要			需要（供火砲反覘使用）			
重量（全套）		<20 公斤			<25 公斤			
附 記		一、定向方式為裝備價格決定之主要因素，「陀螺儀」較「數位指北針」之價格高出數十倍。 二、望遠鏡倍率、測距能力與精度、測角精度等為價格次要決定因素。 三、戰砲排測量「砲遮距離」無法設置反射稜鏡，僅可採用雷射測距。 四、「全測站經緯儀」為現貨市場之民規，通常<30 萬元；「射向賦予系統」則為軍規，價格較高。						

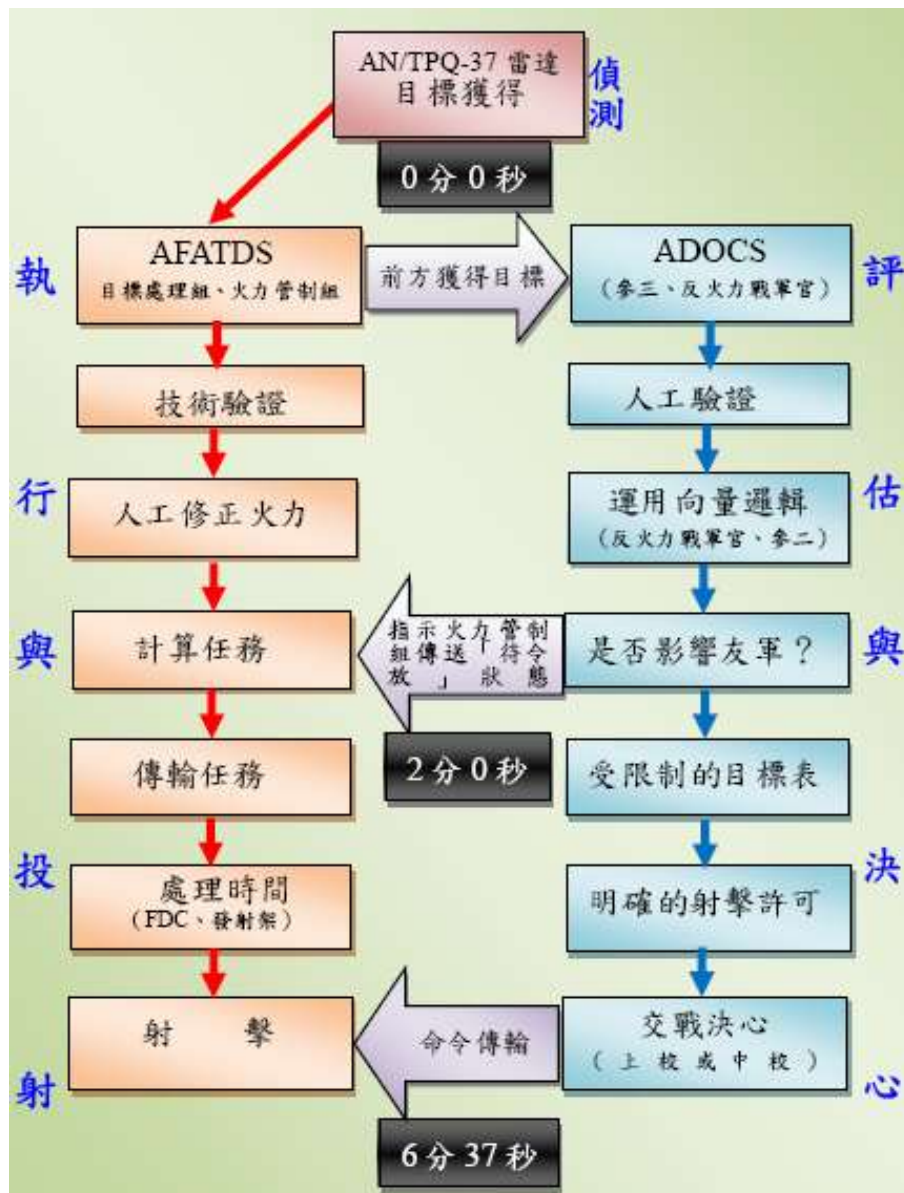
資料來源：作者自製

¹⁵ “Gunlaying and Position System Audit Report (WR95-204)”. U.S.Army Space Command,13/3/1995,P27.

表八 砲兵連測量班原、建議編裝作業編組與效益對照

項目	區分	原 編 裝	建 議 編 裝
		M 2 方 向 盤	全 測 站 經 緯 儀
編制人數	測量班長	組長兼前標桿手	組長兼紀錄手
	測 量 士	測（計算）手兼後標桿手	測（計算）手
	測 量 兵	前捲尺手	反射器手
	測 量 兵	後捲尺手	後標桿手
作 業 精 度		1/500	1/1,000
作 業 速 度		每小時 1 公里	每小時 2 公里

資料來源：作者自製



圖九 OIF 期間第 3 機步師「反火力戰」之平行判斷流程

資料來源：Warrant Officer Three Brian L and Lieutenant Colonel Noel T.Nicolle，Acquisition ! 3d ID Counterfire in OIF，Field Artillery 9-10/2003，p44。



圖十 以色列 TAMAM 工業生產之「定北/射向賦予系統」(NFS/GLS)

資料來源：Mark Hewish and Rupert Pengelley, Achieving battlefield awareness, The benefits of accurate land navigation and positioning, Janes International Defense Review, 5/1997, p47。

結語

1950 年起，美軍砲兵即使用「方向盤」遂行測地、射向賦予與觀測作業。90 年代後，在科技蛻變、戰爭轉型與新式火炮需求改變等衝擊下，深刻體認「數位化」(自動化)重要性與「單一裝備」無法滿足「多數專業」特殊需求之現實，將測地換裝「定位定向系統」(PADS)，射向賦予則採用「火炮射向賦予與定位系統」(GLPS)，率先跨越「方向盤」階段、邁向「數位化」目標，其成效已通過戰場考驗。

國軍砲兵目前 M2 方向盤使用已逾 40 年，其結構老舊、功能有限，為不爭之事實。建議可參考美軍研發思維與經驗，將砲兵連測量班、戰砲排分別換裝符合「數位化」(自動化)條件之「全測站經緯儀」、新式「射向賦予系統」，俾能符合個別專業之特殊需求，提升砲兵戰力。

參考資料

- 一、國家教育研究院《雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網》(2003 年 10 月)，網址 <http://terms.naer.edu.tw>。
- 二、廖偉民，《光電及雷射概論》(臺北：亞東書局，民國 77 年 8 月 2 版)。
- 三、Gun Laying and Positioning System (GLPS) .Leica Geosystems AG Defense & Special Projects.9/2002.
- 四、Mr.Jeff Froysland and CW4 Scott Prochniak, “Training and Doctrine Command Capability Manager-Fires Brigade,” Fires, 2013 March-April (Fires Seminar 2013) ,p42-43.

- 五、“ARTILLERY SURVEY ”. (WASHINGTON 25,D.C : HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE ARMY.8/1961) .
- 六、“The Army Positioning & Navigation Master Plan,” (Washington DC : United States Army Combined Arms Combat Developments Activity, 9/1990) ,Table3B.
- 七、“Tactics, Techniques, and Procedures for FIELD ARTILLERY SURVEY (FM6-2)” , (Headquarers, Department of the army , 23/9/1993) .
- 八、耿國慶,〈美軍砲兵對「火炮射向賦予與定位系統」(GLPS)之建案與運用〉《砲兵學術雙月刊》(臺南),第102期,砲訓部,民國88年5月。
- 九、彭勳章、張晉銘,〈從美軍準則研究 M109A6 自走砲之運用〉《砲兵季刊》(臺南),第127期,砲訓部,民國93年第3季。
- 十、耿國慶,〈析論美軍砲兵「火炮射向賦予與定位系統」(GLPS)〉《砲兵季刊》(臺南),第135期,砲訓部,民國95年第1季。
- 十一、耿國慶,〈美軍伊拉克自由作戰(OIF)反火力戰之目標獲得作為簡介〉《砲兵季刊》(臺南),第137期,砲訓部,民國96年第2季。
- 十二、吳嘉晉,〈精進 M2 方向盤測角精度之研究〉《砲兵季刊》(臺南),第146期,砲訓部,民國98年第3季。
- 十三、耿國慶,〈威特(Wild) GG1 陀螺經緯儀簡介〉《砲兵季刊》(臺南),第153期,砲訓部,民國100年第2季。
- 十四、耿國慶,〈砲兵方向盤發展與運用之研究〉《砲兵季刊》(臺南),第163期,砲訓部,民國102年第4季。
- 十五、耿國慶,〈M2 與 M2A2 方向盤機械作用檢查與鑑定要領之研究〉《砲兵季刊》(臺南),第171期,砲訓部,民國104年第4季。
- 十六、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,砲訓部,民國105年第2季。
- 十七、王世彰,〈從世界各國火炮發展探討陸軍砲兵部隊未來發展〉《砲兵季刊》(臺南),第175期,砲訓部,民國105年第4季。

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。