

「威特」(Wild) GG1 陀螺經緯儀簡介

壹、作者：耿國慶 雇員教官

貳、單位：陸軍飛彈砲兵學校目標組

參、審查委員（依初複審順序排列）：

謝敏華上校

黃君武上校

徐坤松中校

張鐘岳上校

肆、審查紀錄：

收件：100 年 04 月 27 日

初審：100 年 04 月 28 日

複審：100 年 04 月 29 日

綜審：100 年 05 月 02 日

伍、內容提要：

- 一、「方向盤」為砲兵不可或缺之重要裝備，先進國家砲兵為滿足定向、射向賦予與連陣地測地對精度、速度與自動化之需求，積極換裝新式方向盤。1994 年以色列國防軍砲兵納編自動化之「威特」(Wild) GG1 陀螺經緯儀，執行精確定向、射向賦予與建立砲兵營方位統一任務。
- 二、Wild GG1 陀螺經緯儀屬高性能之自動化陀螺儀系統，由 G2K 小型經緯儀、SKK1 陀螺羅盤、陀螺電子裝置、GKB2 電源供應器與 GST90-1 三腳架等組成，約 2 分鐘即可決定 ± 0.3 密位精度之正北，經輸入「子午線收斂」數據將正北轉換為方格北後，同步將地線方位角與高低角直接投射至小型經緯儀望遠鏡之視野內。Wild GG1 已經過戰場驗證，可充分支援多數砲兵部隊之作戰效能。
- 三、Wild GG1 陀螺經緯儀之心臟—SKK1 陀螺羅盤，在經過多年研改後，新式的 SKK3 方位陀螺儀已廣泛運用在砲兵射向賦予、導航定位系統與全功能測地裝備上。1995 年美軍採購之「火砲射向賦予與定位系統」(GLPS)，已配備更新型的 LEICA SKK3-08 指北陀螺儀，不僅性能精進、定向精度大幅提升，且作業範圍更為寬廣。
- 四、當前先進國家方向盤之發展，已朝向自動化與模組化，且改採陀螺儀精確定向、小型經緯儀射向賦予與測角等趨勢。國軍砲兵使用 M2 方向盤已長達 30 餘年，為提升砲兵戰力，換裝新式方向盤勢在必行。欣聞軍備局第 402

廠刻正研發「TS99 式數位射向賦予系統」，Wild GG1 陀螺經緯儀具備之特性與能力，可供未來研發參考。

「威特」(Wild) GG1 陀螺經緯儀

簡介

作者：耿國慶雇員教官

提要

- 一、「方向盤」為砲兵不可或缺之重要裝備，先進國家砲兵為滿足定向、射向賦予與連陣地測地對精度、速度與自動化之需求，積極換裝新式方向盤。1994 年以色列國防軍砲兵納編自動化之「威特」(Wild) GG1 陀螺經緯儀，執行精確定向、射向賦予與建立砲兵營方位統一任務。
- 二、Wild GG1 陀螺經緯儀屬高性能之自動化陀螺儀系統，由 G2K 小型經緯儀、SKK1 陀螺羅盤、陀螺電子裝置、GKB2 電源供應器與 GST90-1 三腳架等組成，約 2 分鐘即可決定 ± 0.3 密位精度之正北，經輸入「子午線收斂」數據將正北轉換為方格北後，同步將地線方位角與高低角直接投射至小型經緯儀望遠鏡之視野內。Wild GG1 已經過戰場驗證，可充分支援多數砲兵部隊之作戰效能。
- 三、Wild GG1 陀螺經緯儀之心臟—SKK1 陀螺羅盤，在經過多年研改後，新式的 SKK3 方位陀螺儀已廣泛運用在砲兵射向賦予、導航定位系統與全功能測地裝備上。1995 年美軍採購之「火砲射向賦予與定位系統」(GLPS)，已配備更新型的 LEICA SKK3-08 指北陀螺儀，不僅性能精進、定向精度大幅提升，且作業範圍更為寬廣。
- 四、當前先進國家方向盤之發展，已朝向自動化與模組化，且改採陀螺儀精確定向、小型經緯儀射向賦予與測角等趨勢。國軍砲兵使用 M2 方向盤已長達 30 餘年，為提升砲兵戰力，換裝新式方向盤勢在必行。欣聞軍備局第 402 廠刻正研發「TS99 式數位射向賦予系統」，Wild GG1 陀螺經緯儀具備之特性與能力，可供未來研發參考。

關鍵字：方向盤、陀螺經緯儀、自動化陀螺儀系統、陀螺羅盤

壹、前言

長久以來，各國砲兵均使用「方向盤」(Aiming circle)作為簡易定向、射向賦予與連陣地測地之主要裝備。20 世紀末，先進國家砲兵檢討傳統式方向盤(如 M2 方向盤)，不僅結構簡單且功能有限，已無法滿足現代砲兵對精度、速度與自動化之需求，故換裝新式系統，以解決戰場上日益升高之定向問題。因此新一代的方向盤相繼問世，其功能與特性已呈現重大改變，可大幅提升砲兵戰力。

1990 年，歷經中東戰火洗禮之「以色列國防軍」(Israel Defence Forces, IDF)砲兵，深感定向精度對射擊效果至為重要。於 1994 年砲兵營納編自動化之「威特」(Wild) GG1 陀螺經緯儀(如圖一)，執行精確定向、射向賦予與建立砲兵營方位統一任務¹。因 Wild GG1 陀螺經緯儀屬高性能之自動化陀螺儀系統，除不受磁性干擾，可迅速、精確定向外，亦可執行射向賦予、方位檢驗等多種任務，實與國軍砲兵現行使用之 M2 方向盤結構與性能迥異，特蒐整 Wild GG1 陀螺經緯儀相關資料，提供國軍砲兵參考運用。



圖一：以色列國防軍砲兵營配賦之 Wild GG1 陀螺經緯儀

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

貳、Wild GG1 陀螺經緯儀組成與特性

Wild GG1 為「自動陀螺儀系統」(Automatic Gyroscope System)，全系統由 G2K 小型經緯儀、SKK1 陀螺羅盤、陀螺電子裝置、GKB2 電源供應器與 GST90-1 三腳架等組成，約 2 分鐘即可決定 ± 0.3 密位精度之正北，經輸入「子午線收斂」

¹ Isaac Tzadik, Alignment of Artillery Units, Offprint from Issue MILITARY TECHNOLOGY 5/1994, p3。

(方格偏差修正)數據將正北轉換為方格北後，同步將地線方位角與高低角直接投射至小型經緯儀望遠鏡之視野內。Wild GG1 為高性能之自動化陀螺儀系統，已經過戰場驗證，可充分支援多數砲兵部隊之作戰效能。其特性分述如下：

一、具備獨立、自主性：

就物理原理而言，陀螺儀係利用經由地球自轉對陀螺儀軸心之旋轉反應來測量與產生補償扭力，可迅速、精確與輕易之決定正北。系統具備獨立自主特性，可使用在磁性受干擾之環境，不論任何特殊地形與能見度，或缺乏已知點與方位基準狀況下，皆可全天候於南、北緯 75 度之間地區，執行精確定向作業。

二、運用範圍廣泛：

Wild GG1 自動陀螺儀系統用途廣泛，可支援砲兵（包括管式砲兵、火箭與海岸砲兵等）、目標獲得雷達、步兵迫砲、通信裝備或特種部隊執行作戰任務²。運用範圍如下：

- (一) 為砲兵、火箭發射架等間接射擊武器，實施射向賦予或平行檢查。
- (二) 為受領射擊任務之火砲陣地測定方位與射向賦予。
- (三) 提供雷達站定向方位角。
- (四) 為不同層級之砲兵部隊建立方位統一。
- (五) 長距離導線測量之方位檢查與控制。
- (六) 決定器材在地圖上之位置。
- (七) 對目標方位測量辨識與決定其地圖上座標。
- (八) 導航裝備定向。

三、定北作業快速、簡單：

Wild GG1 自動陀螺儀系統之操作簡單，定向過程全部自動化（如圖二），操作者僅需接受極短之訓練時數，即可熟練操作方式，獲得精確、專業之定向結果³。其定向步驟如下：

- (一) 使用小型經緯儀之指北針設定器材概略水平與方位。
- (二) 輸入器材位置之地理緯度。
- (三) 設定控制開啟「測量」。
- (四) 約 2 分鐘後，小型經緯儀自動校準瞄準北方。

四、可於野外實施定向校正：

² WILD GG1 Automatic Gyroscope System 簡報，Wild Heerbrugg Ltd，p2。

³ WILD GG1 Automatic Gyroscope System 簡報，Wild Heerbrugg Ltd，p2。

陀螺羅盤可於野外實施校正，使用內建裝置轉動至參考點之已知方位角，即可快速、簡單完成校正作業。



圖二：Wild GG1 陀螺經緯儀實施定向作業

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

叁、陀螺儀定向原理與限制

「陀螺儀」(Gyroscope)即正北定向儀。「正北」(True north)為「北天極」(Celestial North Pole)所在之位置，正北亙古不變，並非像「磁北」般變化不定，軍用地形圖與砲兵使用之方格北即由正北經「方格偏差修正」(Convergence)而來。

陀螺儀不受地形、天候與外界磁場影響，主要用於軍事工程測量定向、遠程武器發射定向與砲兵射向賦予⁴。國軍曾於民國 70 年採購瑞士 Wild ARK-2 陀螺方向盤 17 套（如圖三），編配於軍團、師砲兵測量排定向使用。ARK-2 設有一個懸吊、自由旋轉的陀螺馬達，當陀螺儀經由初始方位設定趨近子午線後，觀測與測量陀螺馬達在北方附近的振盪，即可獲得精確正北⁵。惟 ARK-2 陀螺方向盤屬早期產品，不僅結構脆弱、維修困難，且定向時間較長，已於民國 85 年汰除。

⁴ 《中國軍事百科全書－軍事地理測繪氣象》，軍事科學出版社，1997 年 7 月、北京，頁 543。

⁵ WILD GG1 Automatic Gyro System 簡報，Wild Heerbrugg Ltd，p3。



圖三：國軍砲兵 70 年使用之 Wild ARK-2 陀螺方向盤

資料來源：High performance—Wild Gyro Aiming Circles, Wild Heerbrugg Ltd。

一、定向原理：

來自旋轉陀螺儀之「慣性」(Inertia)，可維持在空間中的任何旋轉平台上。當陀螺儀經由三腳架接觸地球表面，由於地球自旋在陀螺儀上產生一方向扭力，使陀螺儀轉動朝向子午線（經線）平面，再透過電磁線圈產生之反作用扭力，控制陀螺儀在此位置之方向扭力與其他反作用扭力。

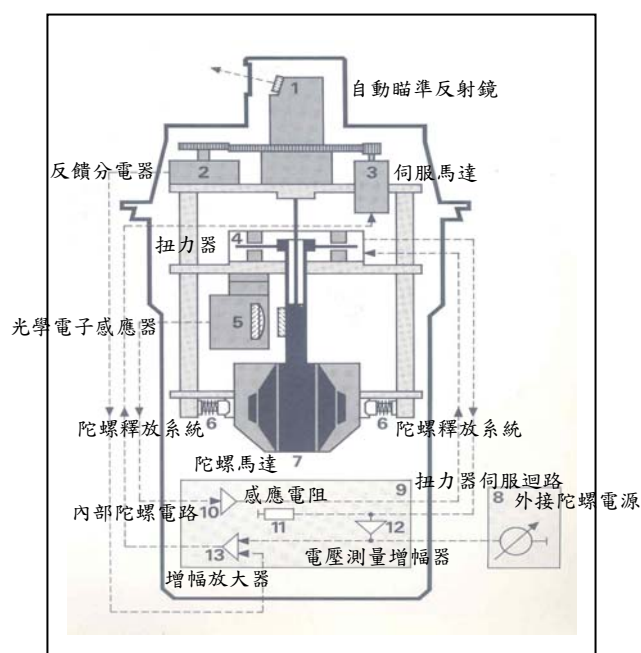
SKK1 陀螺羅盤（如圖四）目前以產生磁性作用扭力之方式調和偏離子午線平面之陀螺儀軸線，並依據當前電子控制裝置驅動參考反射鏡至正北，當自動校準與角度測量裝置令反射鏡獲得偏差後，自動瞄準畫面開始同步，小型經緯儀之望遠鏡即可瞄準正北。如校正使用之子午線收斂值（方格偏差修正值）可設定，則可將正北轉換為方格北⁶。

二、作業限制：

- （一）如小型經緯儀指北針無法提供小於 ± 50 密位之初始方位，表示陀螺儀電子系統所實施第一次測量，尚無法符合要求。必須經過修正初始方位後，再實施二次定向測量。
- （二）SKK1 陀螺羅盤基於物理條件之限制，目前僅適用於南、北緯 75 度間

⁶ WILD GG1 Automatic Gyroscope System 簡報，Wild Heerbrugg Ltd，p2。

地區之定向作業。



圖四：SKK1 陀螺羅盤內部構造

資料來源：Automatic Gyro System Wild GG1 簡報，Wild Heerbrugg Ltd，p3。

肆、各組件功能

Wild GG1 自動陀螺儀系統組件齊全且功能完整，通常採全系統遂行定向、射向賦予與測地作業。惟特殊狀況下，亦可拆卸 SKK1 陀螺羅盤，僅使用系統內之 G2K 小型經緯儀實施基本測角作業。其全系統組件功能分述如下：

一、小型陀螺電子裝置：

「小型陀螺電子裝置」(Compact SKE1 Gyro Electronics) 內建轉換器、控制與顯示單元，包括全部控制與顯示所需之元件、電子控制與陀螺羅盤之電力箱（如圖五），所有裝置皆收納在金屬材質容器內，以避免故障並確保連續任務之可靠性。「小型陀螺電子裝置」可藉由簡單的操作與誘導測量程序之顯示，提供裝置之控制與顯示。



圖五：Wild GG1 陀螺經緯儀之「小型陀螺電子裝置」(SKE1)

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

二、Wild SKK1 陀螺羅盤：

Wild SKK1「陀螺羅盤」(Gyro Compass)為執行精確定北之主要組件。由單自由度的懸浮式陀螺馬達、光學電子掃描(感應)器、安置在兩者間的陀螺儀，以及為設置參考反射鏡的內部電子裝置與驅動單元所組成(如圖六)。全部設計為使陀螺羅盤空間即使在衝擊與震動狀況下，仍可符合安全要求。陀螺羅盤測量方位扭力，係基於地球自轉與決定陀螺儀軸線與北偏差之結果。密封包覆的陀螺羅盤透過軸承環，穩固的懸掛在三腳架的上端，而三角基座與定向標誌，則確保 G2K 小型經緯儀安全穩固裝置在陀螺羅盤之頂端。



圖六：Wild GG1 陀螺經緯儀之 SKK1 陀螺羅盤

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

三、Wild G2K 小型經緯儀：

Wild G2K「小型經緯儀」(Compact theodolite) 其設計刻意針對軍事測地特性，符合單點水平角與高低角測量作業簡單、快速之要求。使用適切的三角基座精確定心，並由卡榫連接陀螺羅盤，以確保安全。亦為賦予陀螺儀初始方位，G2K 小型經緯儀內設有盒裝指北針與磁偏角校正裝置，當陀螺羅盤決定北方後，即可由平均自動校準轉接器傳輸至小型經緯儀。另為便於夜間作業，小型經緯儀頂上設置規標燈，提供其他器材（或火砲瞄準具）標定之用（如圖七）。

G2K 小型經緯儀亦可利用自身配備之角度測量裝置，執行廣泛的軍事測地任務，此時將不使用陀螺羅盤與陀螺儀電子儀器，而採用專屬之三角基座結合三腳架，遂行測地作業。



圖七：Wild GG1 陀螺經緯儀之 G2K 小型經緯儀

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

四、電源供應器：

SKK1 陀螺儀電子單元之電力由夾附式 Wild GKB2 12V 電池供應，使用鋼鐵包覆密封的「鎳鎘」(NiCd) 電池不需要保養，具備較低的自我放電元素與極端溫度之低電容損耗，且電池可更換。當電池完全充滿且在標準溫度下，陀螺儀可實施 40 次定向作業。使用 Wild GKL8 充電器，可利用市電實施緊急充電；陀螺儀電子裝置亦可藉由導線連接至任何 12V 或 24V 直流電 (DC) 插座（如載具電瓶）。當測量環境照明條件

不佳時，刻度環、水準氣泡、十字刻線與自動瞄準圖等照明，可透過連接環由陀螺羅盤連接至陀螺儀電子裝置提供。如 Wild G2K 小型經緯儀採用自身配備之角度測量裝置時，可使用 Wild SEB8 小型電池為方向、水準氣泡與十字刻線提供可靠之照明電力⁷。

五、Wild GST90-1 陀螺儀三腳架：

Wild GST90-1「陀螺儀三腳架」(Gyroscope tripod)係將三角基座與望遠鏡支柱整合至穩固可靠、耐惡劣天候、傾斜平台的三腳架，傾斜平台為達快速與提供陀螺羅盤預置方位之目的，分割成 50 密位間隔，且傾斜地表上之三腳架頭，可藉由球形水準氣泡使傾斜的三腳架平台概略水平。腳架上設有肩負式運輸背帶與架頭護蓋，提供三腳架在特殊地形運輸符合安全、穩固之要求（如圖八）。



圖八：Wild GG1 陀螺經緯儀之 GST90-1 陀螺儀三腳架與運輸箱

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

六、運輸箱：

「運輸箱」(Transport case)為堅固之塑膠材質，可依照箱內空間規劃，適切裝入陀螺儀電子裝置、陀螺羅盤與小型經緯儀等組件，並藉由特製的填充物確保運輸安全（同圖八）。就 Wild 公司簡報顯示：運輸箱共計 2-3 個，均為防水設計，短距離時可採人攜式運輸，長距離則採肩帶背負方式運輸。

⁷ WILD GG1 Automatic Gyroscope System 簡報，Wild Heerbrugg Ltd，p3。

惟 Wild GG1 陀螺經緯儀全系統（包括 G2K 小型經緯儀、SKK1 陀螺羅盤、SKE1 陀螺儀電子裝置、GST90-1 陀螺儀三腳架與 GKB2 電池等組件）總重高達 24.4 公斤，依據東方人體型與負重能力檢討，GG1 陀螺經緯儀僅適合車載運輸，待到達作業地點後，再行整置與作業。。

伍、重要諸元

Wild GG1 陀螺經緯儀為經過戰場驗證之高性能、自動化軍用系統，全系統各組件諸元均鉅細靡遺，現僅就重點部份摘要敘述，俾提供性能規格需求評估參考⁸。

一、Wild GG1 陀螺儀系統：

- （一）定北精度： ± 0.3 密位（ 1σ ）。
- （二）運轉時間： ~ 32 秒。
- （三）測量時間： ~ 90 秒。
- （四）作業範圍：南、北緯 75 度之間。
- （五）子午線收斂補償值： ± 100 密位。

二、Wild G2K 小型經緯儀：

- （一）重量：4.5 公斤。
- （二）望遠鏡倍率：8 倍。
- （三）視野（視界）： 105×80 密位。
- （四）垂直範圍： -500 密位至天頂。
- （五）焦距：50 公尺至 ∞ 。
- （六）方向分割間距：0.5 密位。
- （七）判讀值：0.2 密位。

三、SKK1 陀螺羅盤：

- （一）重量：5.6 公斤。
- （二）旋轉速度： ~ 12000 轉。
- （三）角速度： $\sim 100 \text{ Ncms.0}$ 。
- （四）電壓： $3 \times 85 \text{ VAC}$ ，200Hz（運轉期間 100V AC）。
- （五）校準範圍： ± 3 密位。

四、SKE1 陀螺儀電子裝置：

- （一）重量：4.1 公斤。

⁸ WILD GG1 Automatic Gyroscope System 簡報，Wild Heerbrugg Ltd，p4。

- (二) 輸入電壓 (內部電池) : 12V DC。
- (三) 輸入電壓 (外部電池) : 12V 或 24V DC。。
- (四) 輸出電壓 : 3×85VAC, 200Hz。
- (五) 外部照明插座 : 12V DC, 最大 200mA。

五、GST90-1 陀螺儀三腳架：

- (一) 重量 : 6.5 公斤。
- (二) 運輸長度 : 0.94 公尺。
- (三) 伸展長度 : 1.47 公尺。

六、GKB2 電池：

- (一) 重量 : 3.7 公斤。
- (二) 鎳鎘電池 : 10×1.2V。
- (三) 電壓 : 12 公尺。
- (四) 電容 : 7Ah。
- (五) 充滿電池定向測量次數 : 40 次。
- (六) 充電溫度範圍 : 0°C 至 +50°C。

七、GKL8 電池充電器：

- (一) 重量 : 3.3 公斤。
- (二) 輸入電壓 : 115V 或 220VAC, 50Hz 至 60Hz 或 24VDC。
- (三) 充電電流 (常數) : 0.2A 或 0.7A。
- (四) 充電時間 : ≤12h。
- (五) 溫度範圍 : -30°C 至 +50°C。

八、SEB8 小型電池：

- (一) 重量 : 2.2 公斤。
- (二) 鎳鎘電池 1.8A : 10×1.2V。
- (三) 電池充電 : 內建。
- (四) 輸入電壓 : 115V 或 220V, 50Hz 至 60Hz。
- (五) 電力消耗 : 5W。
- (六) 充電電流 : 0.18A。
- (七) 充電時間 : ~14h。
- (八) 充電溫度 : +10°C 至 +30°C。
- (九) 保險絲 (緩慢行為) : FST5020, 2.5A, 5mm×20mm。

九、環境狀態：

- (一) 溫度： -40°C 至 $+50^{\circ}\text{C}$ 。
- (二) 相對溼度：95% 在 $+55^{\circ}\text{C}$ ，5 循環。
- (三) 衝擊測試：50G/8ms/500×。
- (四) 墜落測試：1 公尺/6×。

陸、後續發展

Wild GG1 陀螺經緯儀係 1990 年研發之產物，在歷經多年演進後，其系統心臟—SKK1 陀螺羅盤業經大幅改良，新式的 Wild SKK3「方位陀螺儀」(Azimuth Gyroscope) 已廣泛運用於砲兵射向賦予、導航定位系統，甚至結合測距經緯儀成為全功能之測地裝備（如圖九）。

1995 年美軍建案採購「火炮射向賦予與定位系統」(Gun Laying and Positioning System, GLPS) 717 套，採購期程長達五年，將撥發至牽引砲或非 M109A6 式自走砲之砲兵連（排），俾解決戰場上日益升高的定位與定向問題⁹。採購中適逢德國 LEICA 集團併購瑞士 Wild 公司，GLPS 系統已配備更新型的 LEICA SKK3-08「指北陀螺儀」(Northfinding Gyroscope)，不僅性能精進、定向精度提升外，且作業範圍更為寬廣（如圖十）。Wild SKK3 方位陀螺儀與 LEICA SKK3-08 指北陀螺儀性能對照，如附表。



圖九：Wild SKK3「方位陀螺儀」

資料來源：WILD SKK3 AZIMUTH GYROSCOPE 簡報，Wild Leitz Ltd。

⁹ Mark Hewish and Rupert Pengelley, Achieving battlefield awareness, The benefits of accurate land navigation and positioning, Janes International Defense Review, 5/1997, p46-47。



圖十：美軍「火砲射向賦予與定位系統」(GLPS) 配備之 SKK3-08 指北陀螺儀
 資料來源：Gun Laying and Positioning System (GLPS) .Leica Geosystems AG Defense & Special Projects.9/2002.

附表

Wild SKK3 方位陀螺儀與 LEICA SKK3-08 指北陀螺儀性能對照表		
項 目	Wild SKK3 方位陀螺儀	LEICA SKK3-08 指北陀螺儀
定 向 精 度	± 0.2 密位 (PE)	± 0.2 密位 (PE) 65° 北緯至 65° 南緯
		± 0.3 密位 (PE) 75° 北緯至 75° 南緯
定 向 時 間	180 秒 (含陀螺馬達運轉時間)	<210 秒
參 考 方 位 基 準	方格北與正北	方格北與正北
預先校準與溫機	不需要	不需要
作 業 緯 度	70° 北緯至 70° 南緯	75° 北緯至 75° 南緯
定 平 精 度	± 3 分 (1σ)	(無資料)
重 量	7.2 公斤	7.1 公斤

資料來源：作者自製

柒、結語

「方向盤」因具備簡易定向、射向賦予與連陣地測地等基本功能，致成為野戰砲兵不可或缺之裝備。然就當前先進國家砲兵發展而言，方向盤已朝向自動化與模組化，且改採陀螺儀精確定向、小型經緯儀射向賦予與測角等趨勢，實與傳統型式方向盤之結構與性能，相去甚遠。

國軍砲兵目前使用 M2 方向盤已長達 30 餘年，其結構與功能已無法滿足當前作戰需求，為提升砲兵戰力，換裝新式方向盤勢在必行。欣聞軍備局生產製造中心第 402 廠刻正研發「TS99 式數位射向賦予系統」¹⁰（如圖十一），惟就簡報資料顯示，其系統結構、望遠鏡倍率、定向方式與測角精度等，尚有諸多研改空間。Wild GG1 陀螺經緯儀特性與能力，實可供國軍未來研發與建案參考。



圖十一：軍備局第 402 廠研發之「TS99 式數位射向賦予系統」

資料來源：國防部軍備局生產製造中心第 402 廠 TS99 式數位射向賦予系統簡報。

¹⁰ 國防部軍備局生產製造中心第 402 廠 TS99 式數位射向賦予系統簡報。