

精進 M2 方向盤測角精度之研究

壹、作者：吳嘉晉 上尉

貳、單位：陸軍飛彈砲兵學校目標組

參、審查委員：

王東祿上校

王道順上校

彭德任中校

王述敏上校

季忠勤中校

肆、審查紀錄：

收件：98 年 03 月 04 日

初審：98 年 03 月 04 日

複審：98 年 03 月 06 日

綜審：98 年 03 月 09 日

伍、內容提要：

- 一、M2 方向盤自民國 66 年起，即納編砲兵部隊遂行連測地與射向賦予作業。經 30 餘年之使用後，其性能不佳且誤差增生，已造成部隊訓練、戰備與測考莫大困擾，亟須提升 M2 方向盤測角精度，以確保過渡階段之執行任務能力。
- 二、測角功能為 M2 方向盤遂行作業之憑藉，因此測角精度為達成任務之關鍵。目前在砲兵部隊使用中，常見 M2 方向盤水平角空迴過大、高低角誤差難解與方位角精度不足等現象，須採水平角累積測角與落實高低角、磁偏校正等方法，有效提升測角精度。
- 三、本文所提供之測角精度提升方法，仍屬有限，期盼發揮拋磚引玉功效。即砲兵部隊除落實累積測角、高低角校正與磁偏校正要領外，並持續精研提升測角精度之方法，充分發揮 M2 方向盤之作業效能，進而提升砲兵整體戰力。

精進 M2 方向盤測角精度之研究

作者：上尉教官 吳嘉晉

指導：耿國慶 老師

提要

- 一、 M2 方向盤自民國 66 年起，即納編砲兵部隊遂行連測地與射向賦予作業。經 30 餘年之使用後，其性能不佳且誤差增生，已造成部隊訓練、戰備與測考莫大困擾，亟須提升 M2 方向盤測角精度，以確保過渡階段之執行任務能力。
- 二、 測角功能為 M2 方向盤遂行作業之憑藉，因此測角精度為達成任務之關鍵。目前在砲兵部隊使用中，常見 M2 方向盤水平角空迴過大、高低角誤差難解與方位角精度不足等現象，須採水平角累積測角與落實高低角、磁偏校正等方法，有效提升測角精度。
- 三、 本文所提供之測角精度提升方法，仍屬有限，期盼發揮拋磚引玉功效。即砲兵部隊除落實累積測角、高低角校正與磁偏校正要領外，並持續精研提升測角精度之方法，充分發揮 M2 方向盤之作業效能，進而提升砲兵整體戰力。

壹、前言

M2 方向盤 (Aiming circle) 自民國 66 年起，即遂行國軍砲兵部隊營、連測地、射向賦予與觀測等作業，直至民國 71 年凱恩 (Kern) K1-SE 30 秒測距經緯儀與 CS/PAS-2 雷觀機納編砲兵營、連後，M2 方向盤始專司砲兵連測地與射向賦予作業。惟經過長達 30 餘年之使用後，M2 方向盤因機件老舊、使用不當與維修成效有限之原因，致性能不佳且誤差增生，已造成部隊訓練、戰備與測考之莫大困擾。

20 世紀末，先進國家砲兵檢討傳統型式之 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，故換裝新式系統，以解決戰場上日益升高之定位與定向問題。國軍鑑於 M2 方向盤老舊為不爭之事實，且自「精進案」後，採「戰砲排」為基本運用單位，對測地與射向賦予之負荷倍增，已計畫籌購新式射向賦予與定位系統。惟在裝備尚未更新之前，實應精進 M2 方向盤測水平角、高低角與方位角作業精度，俾確保其過渡階段執行任務之能力。

貳、測角作業範圍與誤差原因

M2 方向盤具備基本測角（水平角、高低角與方位角）功能，故可遂行砲兵連（排）測地與射向賦予作業，因此測角精度之良窳，實為達成作業任務之關鍵，如何消除（或減少）誤差，則為砲兵測地、砲操專業教學與操作者致力之目標。M2 方向盤目前在砲兵部隊之作業範圍與誤差原因分析如下：

一、水平角空迴過大：

M2 方向盤使用已逾 30 年，因機件老舊與度盤空迴，致精度退化。當砲兵連測量班實施連陣地測地時，常因「水平角」(Horizontal angles) 誤差過大，影響測地精度。鑒於 M2 方向盤無法像測距經緯儀般實施「對回復測」(正、倒鏡測角)，以提高測角精度。¹故須採取較複雜之累積測角方式，解決空迴問題。

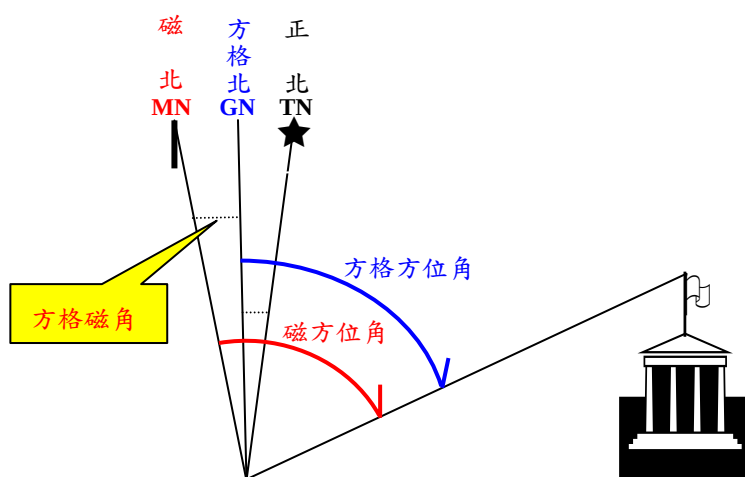
二、高低角誤差難解：

M2 方向盤經長期使用後，通常高低管形水準氣泡與高低輔助分劃不同步之情況極為明顯，即高低管形水準氣泡居中後，高低輔助分劃並非指向“0”。雖可藉由鬆開緊定螺將“0”對正指標之方式調整，惟當高低管形水準氣泡誤差時，即無法奏效，實為造成「高低角」(Vertical angles) 誤差過大之主因。務須採取精密之校正方式，改善高低角誤差。

¹ 李瓊武著，測量學新編，(台北市，九樺出版社，民國 77 年 4 月再版)，頁 170。

三、方位角精度不足：

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) 將磁北修正為方格北(如圖一)，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」(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，皆可能導致定向精度不佳。基於磁偏校正之結果影響方位角法射向賦予、測決定方位角與測取測地統制點假設方位角之精度，務須謹慎行之。

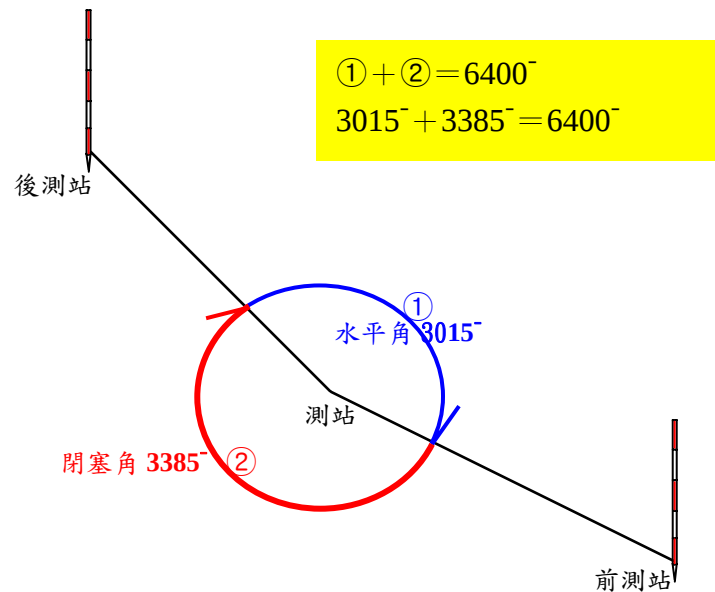


圖一：方格北與磁北關係示意

資料來源：作者自製

叁、水平角累積測角要領

M2 方向盤因水平角度盤空迴較大，誤差較難掌握，實為影響測地精度之主因。原本常用之「分劃閉塞」測角方式已不適用(如圖二)，較有效之方法為採用「累積測角」，且恪遵水平角分劃須看讀至 0.5 密位，如作業中望遠鏡之十字標線不慎超過前標桿，不得逆轉，應再重新實施乙次之規定，將可消除(或減少)空迴，提升測角精度。累積測角可區分為重複兩次、重複三次兩種方式，作業步驟與要領如下：



圖二：M2 方向盤分劃閉塞之測角方式

資料來源：作者自製

一、累積測角，重複兩次：(如圖三)

(一) 第一種：

- 1.於測站整置器材，確實對正測站並精確水平。
- 2.動上部，裝定“0”。再動全部（方向微動螺），將“0”對正後測站標桿。
- 3.動上部，順時針標定前測站標桿，看讀①分劃至 0.5 密位（1215.5 密位）。
- 4.動全部，將①分劃（1215.5 密位），重新標定後測站標桿。
- 5.動上部，順時針標定前測站標桿，看讀②分劃至 0.5 密位（2432 密位）。
- 6.將累積角值（2432 密位）÷2，即得平均水平角（1216 密位）。

注意：平均水平角應與第一次所測角值相差在 1 密位以內，否則測角無效，須重複乙次。²

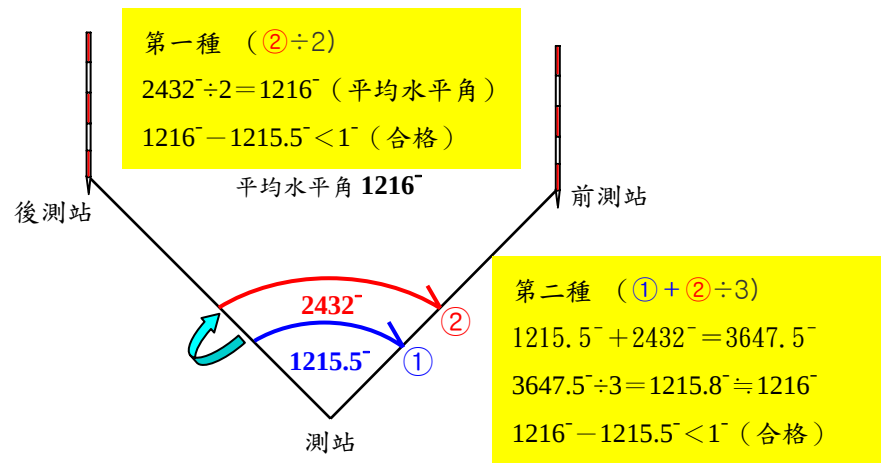
(二) 第二種：(如圖四)

同第一種 1 至 5 動，再繼續下列動作：

- 6.將① + ②分劃（1215.5 + 2432 = 3647.5 密位）÷3，即得平均水平角（3647.5 ÷ 3 = 1215.8 ÷ 1216 密位）。

注意：平均水平角應與第一次所測角值相差在 1 密位以內，否則測角無效，須重複乙次。

² Artillery survey (TM6-200), Published JUNE 1960 by GHQ Army GRC, p38。



圖三：M2 方向盤水平角「累積測角，重複兩次」示意

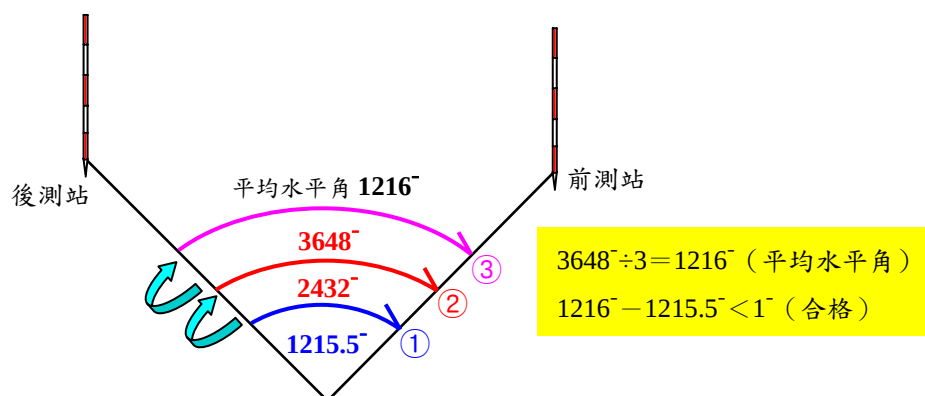
資料來源：作者自製

二、累積測角，重複三次：

作業步驟同「累積測角，重複二次」之 1 至 5 步驟，再繼續下列動作：

6. 動全部，將②分劃 (2432 密位)，重新標定後測站標桿。
7. 動上部，順時針標定前測站標桿，看讀③分劃至 0.5 密位 (3648 密位)。
8. 將累積角值 (3648 密位) $\div 3$ ，即得平均水平角 (1216 密位)。

注意：平均水平角應與第一次所測角值相差在 1 密位以內，否則測角無效，須重複乙次。³



圖四：M2 方向盤水平角「累積測角，重複三次」示意

資料來源：作者自製

³ Artillery survey (TM6-200), Published JUNE 1960 by GHQ Army GRC, p39。

肆、高低角校正要領

M2 方向盤之高低水準氣泡是否精確，決定高低角之精度，惟就使用經驗高低水準氣泡甚少無誤差者，故校正成為必要之程序。然就實驗結果觀察，高低角可區分為「利用已知高低角」與「正負比較法」兩種有效之校正方式。

一、利用已知高低角校正：

通常標準之磁偏校正站其 4 個「方位基準點」(S) 中，至少有一個 S 點須具備已知高低角，⁴故「利用已知高低角校正」須於磁偏校正站配合磁偏校正實施。其要領如下：

- (一) 整置 M2 方向盤於磁偏校正站，器材高須與校正站規定高度一致。
- (二) 將十字標線精確對正具備已知高低角之 S 點，並看讀其高低角至 0.5 密位。
- (三) 將看讀之高低角與已知高低角比較，計算高低角修正量。
- (四) 鬆動高低輔助分劃轉螺上之兩只調整螺，將正確高低角對正標線。亦可將高低修正量註記於 M2 方向盤高低本分劃板右側（望遠鏡支臂），或紀錄於磁偏紀錄板上適當位置（磁偏常數下方）。

二、正負比較法：

選擇一段相距 100 公尺且地勢明顯差異之地線，其座標、標高或實際距離皆不需為已知。⁵理論上兩端之 M2 方向盤，在器材高相同之情況下，其標高應為正、負關係；如不相同，則須計算其標高修正量（如圖五）。其要領如下：

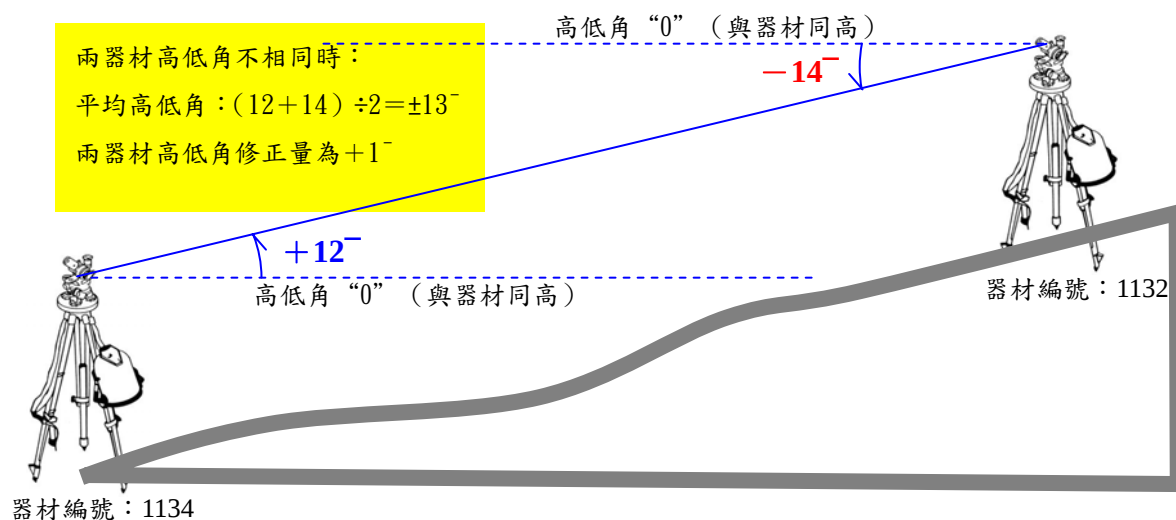
- (一) 在選定地線之兩端整置 M2 方向盤，其器材高務必一致。
- (二) 兩部 M2 方向盤相互測定對物鏡之高低角，並看讀至 0.5 密位。
- (三) 核對兩部 M2 方向盤之高低角，應為正、負關係（如 +12 密位、-12 密位）。當兩部 M2 方向盤之高低角不相同時（如 +12 密位、-14 密位），則將兩高低角值相加後除 2，即得平均高低角（±13）。
- (四) 將兩部 M2 方向盤所測高低角與平均高低角比較，即得各器材之高低修正量（+1）。
- (五) 鬆動高低輔助分劃轉螺上之兩只調整螺，將正確高低角對正標線。亦可將高低修正量註記於 M2 方向盤高低本分劃板右側（望遠鏡支臂），或紀錄於磁偏紀錄板上適當位置（磁偏常數下方），每次測高低角時均

⁴ 野戰砲兵測地訓練教範（上冊），（桃園縣，國防部陸軍司令部，民國 95 年 5 月），頁 2-52。

⁵ Artillery survey (TM6-200)，Published JUNE 1960 by GHQ Army GRC，p44。

加減高低角修正量。

(六) M2 方向盤三腳架不動，更換其他本體續行高低角校正。



圖五：「比較法」求取高低角修正量示意

資料來源：作者自製

伍、磁偏校正要領

磁偏校正之目的，在求得 M2 方向盤「磁針方格偏差常數」，除可使器材所測之方位角與軍圖之方格方位角一致，亦可校正與統一器材之磁針偏差量，以提升測量方位角精度。磁偏校正之時機可區分為定期與不定期，均須於精度良好之磁偏校正站實施，如未獲得適切之磁偏校正站時，可採換算磁偏常數之方式因應，爾後再伺機補行校正。

一、磁偏校正時機：

磁北與方格北之關係（即「方格磁角」⁶）通常因時、因地而變化，且 M2 方向盤之磁針性能亦可能隨環境而改變，為確保測得較精確之方格方位角，應適時實施磁偏校正。

（一）定期校正：

通長每月乙次，最少應每季乙次。

（二）不定期校正：

1. 通常部隊移動超過 40 公里（25 哩），須行磁偏校正。當跨帶時，部

⁶方格磁角簡稱「G-M」角，係指磁北與方格北之夾角。其大小與方向因時而異，此乃因磁北每年變化不同，故其值亦隨之增減。軍用地形圖閱讀手冊（增修版），（台北市，國防部情次室印發，民國 81 年 6 月），頁 48。

隊即使移動數公里，亦須校正。

2.射擊、測地任務前，或 M2 方向盤遭雷電、巨震之後。

3. M2 方向盤新獲得或維修後。

二、磁偏校正方法：

美軍砲兵將磁偏校正區分為「先標定再歸北」與「先歸北再標定」兩種方法，然目前國軍僅採用前者。為提供砲兵部隊更多選擇，特將兩種磁偏校正方法之要領，詳述如後：

（一）先標定再歸北法：

1.整置 M2 方向盤於磁偏校正站上。

2.動上部裝定第一象限方位基準點（S1）之方位角，再動全部瞄準方位基準點。

3.動上部概略瞄準北方後，打開磁針解脫鉸，轉動輔助分劃轉螺由放大鏡內將磁針精確歸北。

4.看讀分劃（看讀至 0.5 密位），即為本具 M2 方向盤之「磁偏常數」。

5.按前述步驟，分別對其他象限之方位基準點逐一測定，求取磁偏常數。

6.比較各方位基準點所得之磁偏常數，如相差在 2 密位以內，即計算其平均值（按四捨五入要領），否則將重新校正（如表一）。

7.將磁偏常數紀錄於 M2 方向盤之「磁偏紀錄板」上（如圖六）。

表一

磁偏校正紀錄表			地點：牛長山 測手：李○○				
(先標定再歸北法)			時間：民國 98 年 2 月 18 日 0810 時				
磁偏常數		方位基 準點	S1	S2	S3	S4	平 均 磁 偏 常 數
器材			O1 觀測所三 樓頂覘標頂左 1617.5 密位	關廟方向電塔 頂中央避雷針 3058 密位	歸仁機場塔台 避雷針中央 4845.5 密位	保東國小科學 館避雷針中央 5776.5 密位	
單位	種類	編號					
砲 兵 第 1 營	M2 方 向 盤	1132	6365.5 ⁻	6365 ⁻	6364.5 ⁻	6366.5 ⁻	6365 ⁻
備 考			6365.5 + 6365 + 6364.5 + 6366.5 = 25461.5 25461.5 ÷ 4 = 6365.375 ÷ 6365				

（二）先歸北再標定法：

1. 整置 M2 方向盤於磁偏校正站上。
2. 動全部概略瞄準北方後，打開磁針解脫鉸，轉動方向微動螺由放大鏡內將磁針精確歸北。
3. 動上部順時針逐一測至各象限之方位基準點，並記錄其磁方位角分劃（看讀至 0.5 密位）。
4. 實施上述 2 至 3 步驟，至少三次。
5. 決定每一象限方位基準點之平均磁偏常數。
 - (1) 用各點之方格方位角，減去所測之平均磁方位角（不夠減時加 6400 密位），即得器材對各象限方位基準點之磁偏常數。
 - (2) 將各點磁偏常數平均（按四捨五入），即得平均磁偏常數（如表二）。
6. 將磁偏常數紀錄於 M2 方向盤之「磁偏紀錄板」上。⁷

表二

磁偏校正紀錄表							地點：牛長山		測手：李○○								
(先歸北再標定法)							時間：民國 98 年 2 月 18 日 0810 時										
單位		器材		磁偏常數		方位基準點		S1		S2		S3		S4		附記	
								O1 觀測所三樓頂規標頂左 1617.5 密位		關廟方向電塔頂中央避雷針 3058 密位		歸仁機場塔台 避雷針中央 4845.5 密位		保東國小科學館 避雷針中央 5776.5 密位			
編號		次數		第一次		1645.5 ⁻		3087 ⁻		4874.5 ⁻		5806.5 ⁻					
M2 方向盤		第二次		1644 ⁻		3086.5 ⁻		4875.5 ⁻		5806 ⁻							
1132		第三次		1645 ⁻		3087.5 ⁻		4874 ⁻		5805.5 ⁻							
平均磁方位角		1644.83 ⁻		3087 ⁻		4874.67 ⁻		5806 ⁻									
方位基準點方位角				1617.5 ⁻		3058 ⁻		4845.5 ⁻		5776.5 ⁻		不夠減時，先將方位基準點方位角加 6400 ⁻ 後再減					
平均磁方位角（－）				－1645 ⁻		－3087 ⁻		－4874.5 ⁻		－5806 ⁻							
磁偏常數				6372.5 ⁻		6371 ⁻		6371 ⁻		6370.5 ⁻							
平均磁偏常數				6372.5 + 6371 + 6371 + 6370.5 = 25485 ⁻ 25485 ÷ 4 = 6371.25 ÷ 6371 ⁻													

資料來源：作者自製

⁷ Artillery survey (TM6-200), Published JUNE 1960 by GHQ Army GRC, p40。



圖六：M2A2 方向盤之「磁偏紀錄板」

資料來源：作者自製

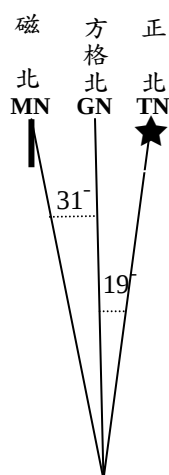
二、越區之磁偏常數換算：

當部隊運動超過 40 公里後（跨帶時，僅移動數公里即須校正），M2 方向盤之磁偏常數已不適用，亟須利用該地區設置之磁偏校正站，求取正確的磁偏常數。如當地未設置磁偏校正站（或無法獲得）時，則須運用適當公式，換算 M2 方向盤在新地區之磁偏常數因應。惟此舉無法取代正常校正程序，仍應於狀況許可時，補行磁偏校正。

（三）範例：

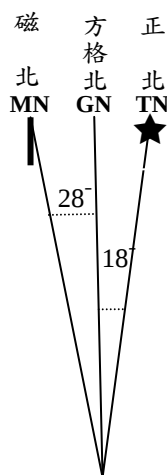
砲一營第一連 M2 方向盤於牛長山（圖名：旗山，圖號 9418 I）實施磁偏校正，其平均磁偏常數為 6371 密位。目前該連機動至官田（圖名：新化，9419 II），在無法獲得磁偏校正站之狀況下，如何將牛長山磁偏常數換算為官田地區之磁偏常數（旗山、新化偏角圖：如圖七）。

NONE 51 第 51 帶



旗山，9418 I

NONE 51 第 51 帶



新化，9419 II

圖七：旗山、新化軍用地形圖方位偏角圖

資料來源：台灣省五萬分一軍圖：旗山、新化（87 年版）

（二）磁偏常數換算要領：

公式：原磁偏常數＋原方格磁角＝磁針分劃

磁針分劃－當地方格磁角＝當地磁偏常數

或：原磁偏常數＋原方格磁角－當地方格磁角＝當地磁偏常數

換算：6371'＋31'＝6402'

6402'－28'＝6374'（當地磁偏常數）

或：6371'＋31'－28'＝6374'（當地磁偏常數）

三、磁偏校正注意事項：

為確保磁偏常數之精確，M2 方向盤磁偏校正除須於符合規定之磁偏校正站實施外，亦須先行磁針檢查且恪遵實施之相關規定，方可達成校正任務。

（一）磁針檢查：

磁針檢查之目的在確認磁針性能，因磁偏校正僅適用於磁針性能正常之器材；至於磁針性能異常者，則應立即送修。檢查要領如下：

1. 整置 M2 方向盤，將管型水準氣泡精確居中，打開磁針解脫鉸，轉動方向微動螺，精確歸北。
2. 使用一鋼（鐵）質物體（如鐵釘），於磁針北端擺動，使磁針在樞軸上往復運動。

3.觀察磁針擺動。如擺動正常且鋼（鐵）質物體離開後，磁針能靜止於放大鏡中央（精確歸北），即屬正常。如磁針轉動劇烈、良久不停，或擺動數次即驟然停止，即表示磁針性能異常。⁸

（二）磁偏校正規定：

- 1.磁偏校正應在清晨或午後實施，最為可靠；正午實施，則最不可靠。因地球上若干地區，其磁北與方格北之關係在白天可能發生多達3密位之變化。⁹
- 2.同一單位之器材，均應在同一時段內校正，使單位全部器材可獲得較趨近之方格方位角。
- 3.每部器材所決定之磁偏常數，均為專屬，無法應用於其他器材。因各器材之磁針性能互異，其最大差異可能多達40密位。¹⁰
- 4.磁偏校正時，應與影響磁針之物體保持安全距離（如表三）。

表三

M2 方向盤與影響磁針之物體保持安全距離對照表		
項次	影響磁針之物體	安全距離
1	電力線	150 公尺
2	電力設備	150 公尺
3	鐵軌	75 公尺
4	重型與中型火砲、戰車	75 公尺
5	輕型火砲、載重車	50 公尺
6	電話線、鐵絲網	30 公尺
7	鋼盔、步槍等	10 公尺

資料來源：Field artillery survey（FM6-2），Department of the army，9/1978，p7-9。

陸、結語

M2 方向盤因具備測水平角、高低角與方位角等基本功能，故可遂行砲兵連測地與射向賦予作業，在長達30餘年的服役中，對砲兵戰力之貢獻，實有目共睹。然現階段M2方向盤結構老舊與性能不佳，已為不爭之事實，更新先進系統

⁸ Artillery survey（TM6-200），Published JUNE 1960 by GHQ Army GRC，p44。

⁹ Artillery survey（TM6-200），Published JUNE 1960 by GHQ Army GRC，p42。

¹⁰ Artillery survey（TM6-200），Published JUNE 1960 by GHQ Army GRC，p42。

勢在必行。惟在新裝備未獲得之前，為確保 M2 方向盤過渡階段執行訓練、戰備與測考任務之能力，砲兵部隊除落實累積測角、高低角校正與磁偏校正要領外，並持續精研提升測角精度之方法，有效發揮 M2 方向盤之作業效能，進而提升砲兵整體戰力。

參考資料：

- 一、李瓊武著，測量學新編，(台北市，九樺出版社，民國 77 年 4 月再版)。
- 二、Artillery survey (TM6-200)，Published JUNE 1960 by GHQ Army GRC。
- 三、野戰砲兵測地訓練教範(上冊)，(桃園縣，國防部陸軍司令部，民國 95 年 5 月)。
- 四、軍用地形圖閱讀手冊(增修版)，(台北市，國防部情次室印發，民國 81 年 6 月)。

作者簡介：吳嘉晉上尉，陸軍官校專 22 期砲科，曾任排長、副連長、測量官，現服務於飛彈砲兵學校目標獲得組。