

M2 與 M2A2 方向盤機械作用檢查與鑑定要領之研究

作者：耿國慶

提要

- 一、M2 與 M2A2 方向盤分別於民國 66 年與民國 89 編配國軍砲兵部隊，當 M2 方向盤經過 30 餘年之使用後，多數性能不佳且誤差增生，經 99、100 年兩梯次翻修，已有明顯改善；惟 M2、M2A2 方向盤均屬早期設計，無法滿足當前「數位化」戰場之需求，致美軍砲兵於 2000 年即已汰除。鑑於國軍目前尚無換裝新式方向盤的規劃，故目前實有賴部隊使用者與檢查者正確檢查、確實鑑定與適切處置，方可確保裝備妥善。
- 二、「陸軍主官檢查暨妥善鑑定（觀測射控）檢查表」內，最重要且較複雜的項目為機械作用檢查。檢查內容區分為四小項，其中第二、三小項要求檢查俯仰、方向、定向機構之「空迴」範圍與磁針機構作用，第四小項則檢查水準氣泡大小與作用，並鑑定妥善狀況；惟檢查表徒具條文，亟需建立具體作法與明確標準，避免任由檢查者「自由心證」。
- 三、基於國軍目前尚無汰換 M2 與 M2A2 方向盤之規劃，未來仍須仰賴其遂行砲兵戰備任務，為延長裝備壽限，務必提升檢查、鑑定能力與保養水準。筆者於本研究提出「機械作用」相關檢查與鑑定要領，目的在拋磚引玉，期望能推動部隊對 M2 方向盤檢查與鑑定之重視，確保裝備妥善、充分發揮效益，進而達成 M2 方向盤延壽目標。

關鍵詞：M2 方向盤、M2A2 方向盤、機械作用、空迴、俯仰機構、方向機構、定向機構、磁針機構、水準氣泡

前言

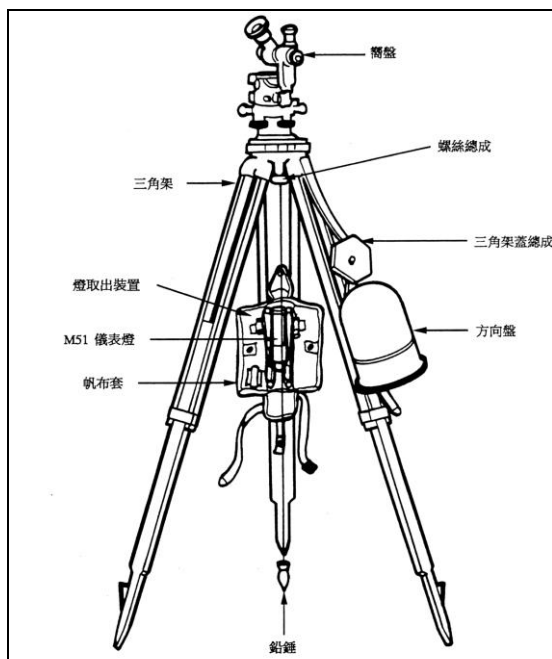
國軍野戰砲兵部隊自民國 66 年起即換裝「M2 方向盤」(Aiming circle)，取代早期的「M1 方向盤」，遂行測地、射向賦予與觀測等作業；當民國 89 年「愛國者」防空飛彈連編成後，編配「M2A2 方向盤」提供雷達與發射架定向使用，此後國軍擁有 M2 與 M2A2 兩型方向盤，且列為砲兵重要的光學裝備。惟就資料顯示：美軍野戰砲兵於 1995 至 2000 年間已分批汰除「M2 方向盤」(如圖一)，改採「火炮射向賦予與定位系統」(Gun Laying and Positioning System, GLPS)，以有效解決戰場上日益升高之定位、定向問題 (如圖二)。¹

國軍「M2 方向盤」在經過長達 30 餘年的使用後，多數性能不佳且誤差增生，

¹“Mark Hewish and Rupert Pengelley, Achieving battlefield awareness”, 〈The benefits of accurate land navigation and positioning, Janes International Defense Review, 5/1997〉, p46-47。

造成部隊訓練、戰備與測考之莫大困擾，特於 99、100 年區分兩梯次翻修，目前性能已明顯改善。惟為確保延長裝備壽限，充分發揮裝備效益，部隊與檢查者務必提升方向盤保養、檢查能力與鑑定水準。本研究將針對 M2、M2A2 方向盤「主官裝備檢查與妥善鑑定檢查表」第五檢查要項—機械作用，研擬具體有效之檢查與鑑定要領，提供教學與部隊檢查、鑑定參考。

圖一 M2 方向盤



圖二 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：“Gun Laying and Positioning System (GLPS)”．〈Leica Geosystems AG Defense & Special Projects. 9/2002〉．

方向盤一般特性與檢查注意事項

M2 與 M2A2 方向盤功能相似，外型差異甚小（如圖三），均為可攜式輕便型測量器材，可用於測量水平、俯仰與方位角，加裝濾光鏡後可對太陽觀測。²

一、一般特性

- （一）外觀與測量用經緯儀相似。
- （二）結構堅實，具夜間照明裝置，可在任何天候下作業。
- （三）望遠鏡採肘形彎管設計，為低放大倍率（4 倍）、固定焦距之器材，有利於使用者標定、覘視與測角操作。³
- （四）肘形望遠鏡可行無限制之水平（方向）轉動與有限度之高低（俯仰）轉動。

² 《M2 及 M2A2 式方向盤（附裝備）單位、直接支援及一般支援保修手冊（TM9-1290-262-24）》（桃園：陸軍總司令部計畫署譯印，民國 79 年 6 月），頁 6。

³ 同註 2，頁 4。

(五) 主要用於精確水平（方向）角與高低（俯仰）角測量，本體亦附加磁針機構，可行有限精度之方位角測量。

(六) 可觀測恆星或利用濾光鏡直接覘視太陽，實施天體觀測定向作業。

二、注意事項

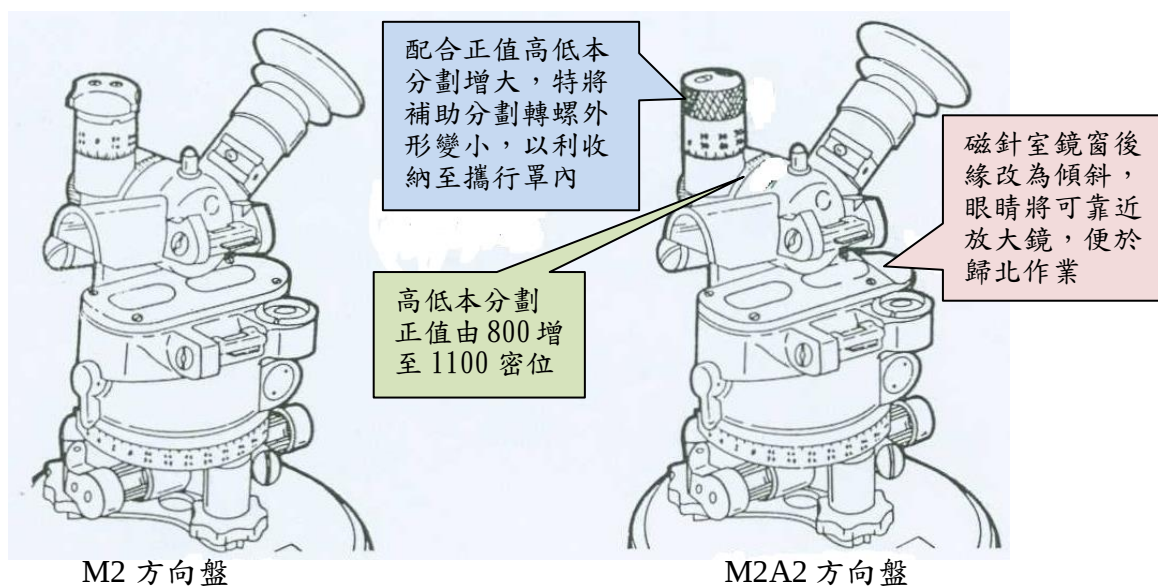
(一) 未加裝濾光鏡時，勿將望遠鏡正對太陽，以免傷害眼睛。

(二) 器材整置時須注意穩定，避免傾倒造成損壞。

(三) 望遠鏡與磁針室內填充 5 磅 (psi) 氮氣，使用者不得任意洩放或添加⁴

(四) 水準氣泡在太陽曝曬下易膨脹而變大，檢查與操作時須注意防曬。

圖三 M2 與 M2A2 方向盤外形差異



資料來源：作者自製

方向盤機械作用檢查與鑑定要項與現行缺失

就「陸軍主官檢查暨妥善鑑定（觀測射控）檢查表」而言，M2、M2A2 方向盤最重要且較複雜的項目為第五項次－機械作用檢查。檢查內容區分為下列四小項，除第一小項「護目罩完整性與作用」，可經由外觀與拆裝方式檢查，其他各項則要求檢查「空迴」範圍，鑑定妥善狀況。⁵基於檢查表內並未詳述各項檢查要領，且「M2 及 M2A2 式方向盤（附裝備）單位、直接支援及一般支援保修手冊」(TM9-1290-262-24) 內相關作法，部隊與檢查者因不具備特殊工具與技術，致檢查與鑑定結果堪虞。

一、方向盤機械作用檢查與鑑定要項

(一) 護目罩完整性與作用

⁴同註 2，頁 114。

⁵「空迴」：機械結構因齒輪、蝸桿正常或不正常磨損，所造成的誤差。

評	定	標	準
合 格 (√)	不 合 格 (○)	嚴 重 不 合 格 (×)	
護目罩完整，作用良好。	護目罩變質，損壞或遺失。		

(二) 俯仰、方位、定向機構作用與空迴狀況

評	定	標	準
合 格 (√)	不 合 格 (○)	嚴 重 不 合 格 (×)	
俯仰、方位、定向機構作用良好，無空迴（或空迴不超過 0.5 密位）。	俯仰、方位、定向機構作用不良，空迴不得超過 1 密位。	俯仰、方位、定向機構無法調整，或無法固定，空迴大於 1 密位。	

(三) 磁針機構作用

評	定	標	準
合 格 (√)	不 合 格 (○)	嚴 重 不 合 格 (×)	
磁針機構容易鎖定，釋放後轉動作用良好。	磁針解脫子作用不良，磁針轉動不易。	磁針機構失效。	

(四) 水準氣泡大小、作用狀況與護蓋完整性

評	定	標	準
合 格 (√)	不 合 格 (○)	嚴 重 不 合 格 (×)	
水準氣泡大小適中作用良好，護蓋良好。	水準氣泡過大或過小，護蓋作用不良。	水準氣泡破裂，無法居中。	

二、檢查與鑑定現行缺失

(一) 缺乏檢查與鑑定要領，執行困難：「陸軍主官檢查暨妥善鑑定（觀測射控）檢查表」內僅有要項，並無檢查與鑑定要領，如參考「M2 及 M2A2 式方向盤（附裝備）單位、直接支援及一般支援保修手冊」（TM9-1290-262-24）內相關作法，則因部隊與檢查者不具備特殊工具、設備與技術，致執行困難。

(二) 機構名稱與教範不合，認知錯誤：砲兵部隊所使用之「野戰砲兵測地訓練教範」與「主官檢查暨妥善鑑定（觀測射控）檢查表」、保修手冊等，因編纂、編譯之年代與時空背景不同，承辦單位之專業考量亦不同，致部分機構、零件與組成名稱有所差異，容易造成名稱混淆或認知錯誤。

(三) 機構作用、空迴檢查與鑑定，結果堪虞：俯仰、方向、定向與磁針機構，因結構不同、特性與用途各異，致機構作用與空迴狀況檢查方法，有其特殊性與針對性，甚至當一種方法不確定時，須另以他法反複檢查。因目前部

隊與檢查者因缺乏各項檢查與鑑定之具體、正確要領，致結果堪虞。

（四）氣泡規格不夠明確，爭議較大：M2、M2A2 式方向盤計有高低、管形與圓形水準器三種，因檢查與鑑定表中僅敘述要求「大小適中」，致在無明確標準之狀況下，僅能由檢查者「自由心證」，造成較大爭議。

方向盤機械作用檢查與鑑定要領

依據「陸軍主官檢查暨妥善鑑定（觀測射控）檢查表」，M2 方向盤包括俯仰、方位與定向三種機構。惟檢視「M2 及 M2A2 式方向盤（附裝備）單位、直接支援及一般支援保修手冊」（TM9-1290-262-24）內圖片與比對其組成、用途與發生空迴的可能性後，⁶ M2、M2A2 式方向盤僅有俯仰、方位與定向機構等有此機率，研判民國 79 年編譯時將“Azimuth mechanism”直翻為「方位機構」。⁷惟「方位機構」通常須配合「磁針機構」或天體觀測使用，且自 66 年接裝時測地準則即稱之為「方向機構」（即水平角機構）。⁸（M2 方向盤各機構相關組成、用途與空迴可能性，如表二。）

表二 M2 方向盤俯仰、方位與定向機構組成、用途與空迴可能性

區 分	外 部 組 成	用 途	空迴可能性
俯仰機構	高低本分劃、高低補助分劃與轉螺、高低水準器	測量高低角	可能發生空迴 惟機率甚低
方向機構	方向本分劃、方向補助分劃與轉螺、管形水準器	1. 測量水平角或配合磁針機構測方位角。 2. 射向賦予或射向檢查	可能發生空迴 狀況
定向機構	方向微動螺、方向微動螺護蓋	動全部標定規視點（標點）時使用	可能發生空迴 狀況

資料來源：作者自製

一、俯仰機構檢查與鑑定

（一）俯仰機構作用檢查：（如圖四）

1. 整置方向盤於穩定地質之測站，並精確調整水平。

2. 將水平（方向）本分劃與補助分劃歸零。

3. 轉動高低補助分劃轉螺使望遠鏡向上至「止動環」之上限為止，望遠鏡之接目鏡不得碰觸磁針室之鏡窗，M2 方向盤之正高低角讀數最少須高於 830 密位，M2A2 方向盤之正高低角讀數最少則須高於 1130 密位。

4. 轉動高低補助分劃轉螺使望遠鏡向下至「止動環」之下限為止，望遠鏡

⁶同註 2，頁 100。

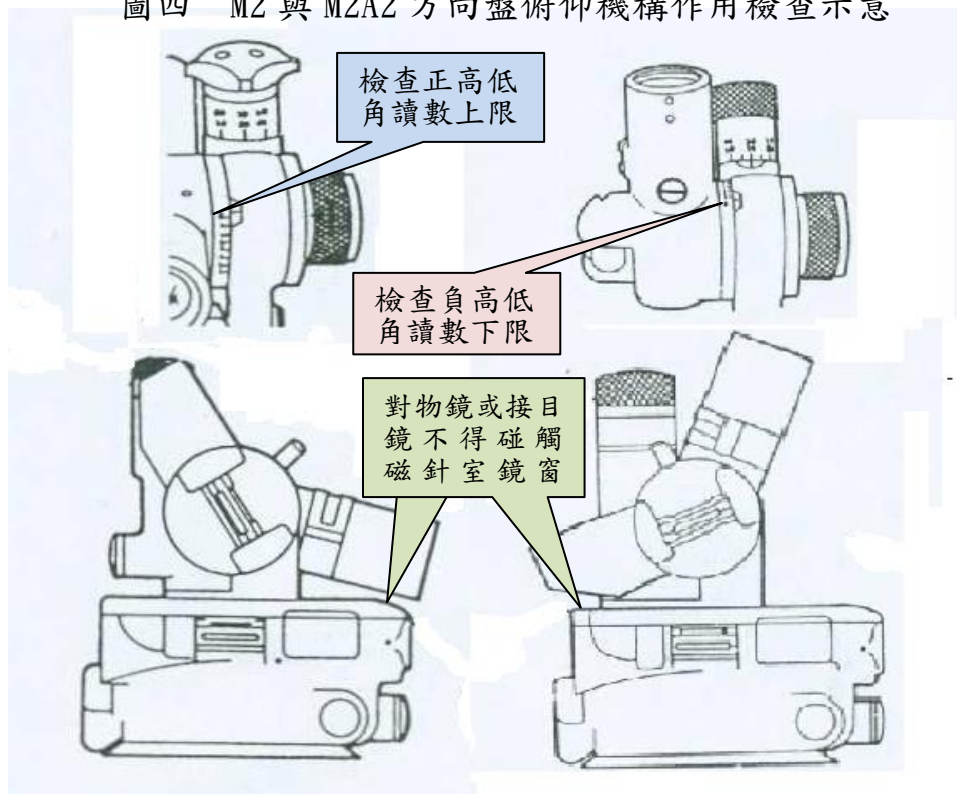
⁷“ARTILLERY SURVEY”. (WASHINGTON 25,D.C : HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE ARMY.8/1961) p18。

⁸《野戰砲兵測地訓練教範—第二版》（桃園：國防部陸軍司令部印頒，民國 99 年 11 月），頁 2-37、2-38。

之對物鏡不得碰觸磁針室之鏡窗，M2、M2A2 方向盤之負高低角讀數最少須低於 430 密位。⁹

5. 如檢查結果符合第 3、4 項為合格；反之，則為不合格；如無法上、下轉動，即為嚴重不合格。

圖四 M2 與 M2A2 方向盤俯仰機構作用檢查示意



資料來源：《M2 及 M2A2 式方向盤（附裝備）單位、直接支援及一般支援保修手冊（TM9-1290-262-24）》，〈桃園：陸軍總司令部計畫署譯印，民國 79 年 6 月〉，頁 107。

（二）俯仰機構空迴檢查與鑑定

俯仰機構因無法如同方向機構一般行大角度解脫，僅能循蝸桿紋路緩慢順轉或逆轉，故不易發生磨損導致空迴。空迴檢查須反覆實施，必要時可求取高低角「平均空迴」。常用之兩種要領分述如下：

第一種

1. 整置方向盤於穩定地質之測站，並精確調整水平。
2. 動全部（方向微動螺）使望遠鏡十字標線對正前方「規視點」（如方形水塔避雷針中央）。
3. 轉動高低補助分劃轉螺將望遠鏡內十字標線之水平標線與方形水塔上緣切齊，並記錄其高低分劃。
4. 將高低補助分劃順時針轉「兩圈」。

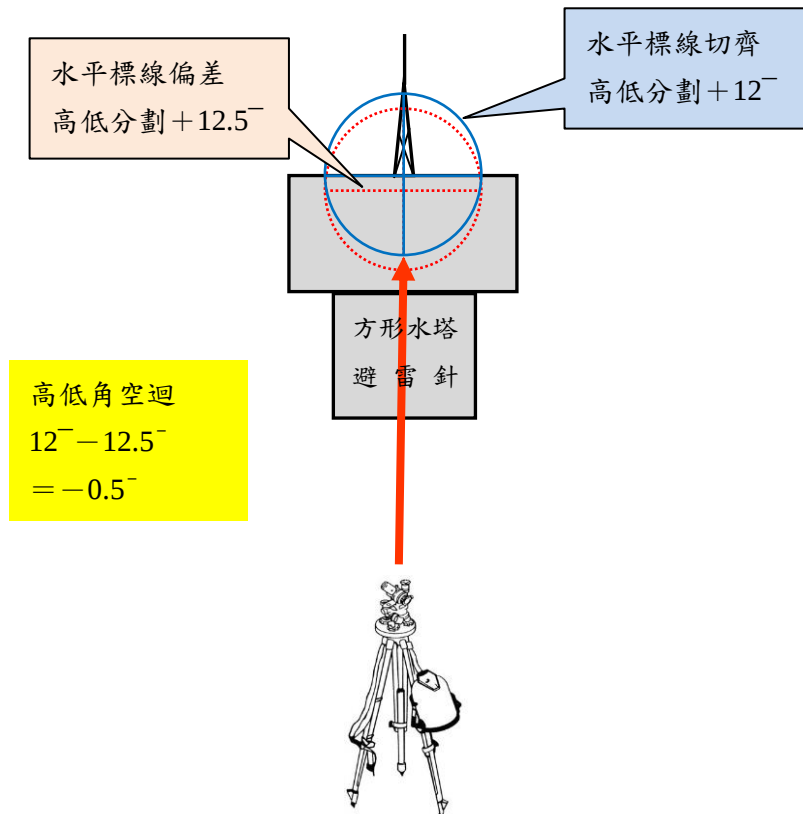
⁹同註 2，頁 106-107。

5. 再反時針轉高低補助分劃至第 3 動所記錄之高低分劃，切勿超過。

6. 檢查望遠鏡內十字標線之水平標線是否切齊方形水塔上緣？如未切齊則轉動高低補助分劃切齊，其紀錄與修正切齊後之高低分劃差，即為「俯仰機構空迴」(如圖五)。¹⁰

7. 「俯仰機構空迴」不超過 ± 0.5 密位，評定合格；不超過 1 密位，評定不合格。大於 1 密位，則為嚴重不合格。

圖五 俯仰機構（高低角）空迴檢查示意



資料來源：作者自製

第二種

1. 將高低角“0”標定前方「覘視點」(如標竿)，並記下其精確位置。

2. 轉動高低補助分劃轉螺向上至覘視點之頂端，並記下其高低角①。

3. 重複標定高低角“0”位置，檢查是否為原先覘視點之位置，如非同一位置即調整標定，記下其高低角 $(-0.5)''$ 後(其差值即為高低角空迴)②，再用高低角“0”重新標定。

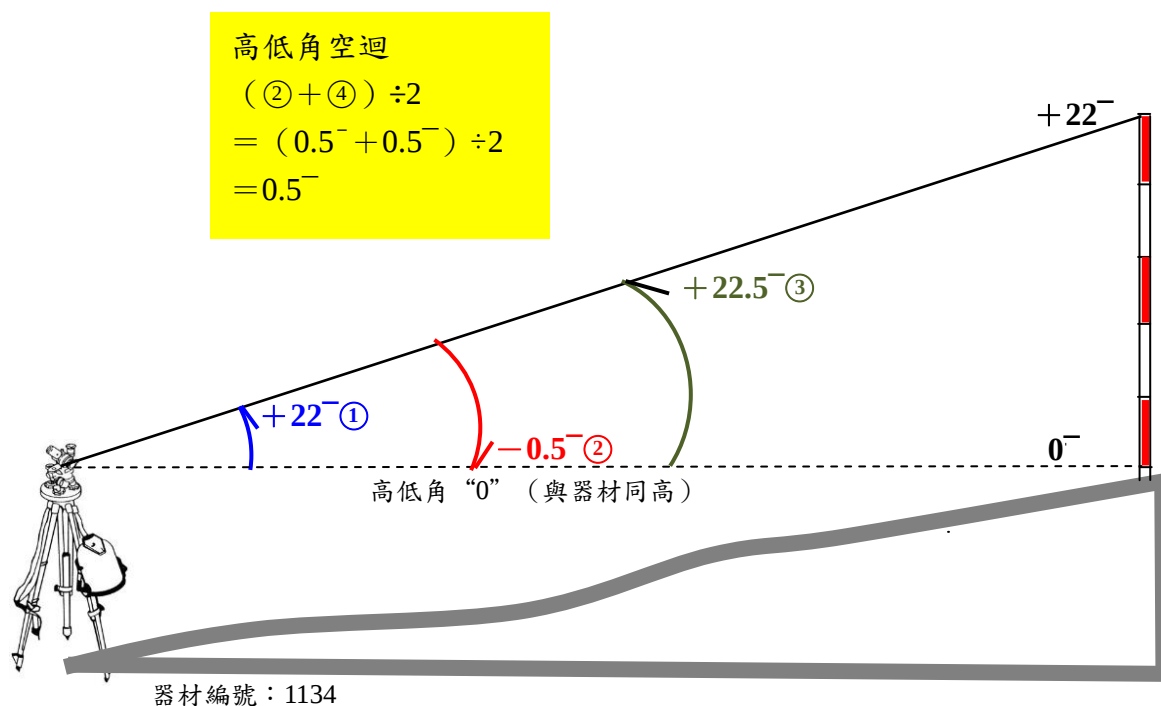
4. 轉動高低補助分劃轉螺向上至覘視點之頂端，看讀高低角③與記下之高低角②是否相同，如不同即為高低角空迴④($22.5'' - 22'' = 0.5''$)。

5. 將空迴②值與空迴④值相加再除 2，即為高低角「平均空迴」(如圖六)。

¹⁰同註 2，頁 98。

6. 評定要領同第一種第 7 項。

圖六 M2 方向盤俯仰機構（高低角）空迴檢查



資料來源：作者自製

二、方向機構檢查與鑑定

方向機構主在測水平角（方位角）、射向賦予或射向檢查，基於使用率高且講求速度，經常「方向補助分劃」未確實歸零即大方向解脫，致空迴狀況較為明顯。檢查方式可運用比較法、水平角（Horizontal angles）閉塞測量法與「累積測角法」等，必要時求取水平角「平均空迴」，實施時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，應再順轉一圈重新實施乙次。各種檢查與鑑定要領分述如下：

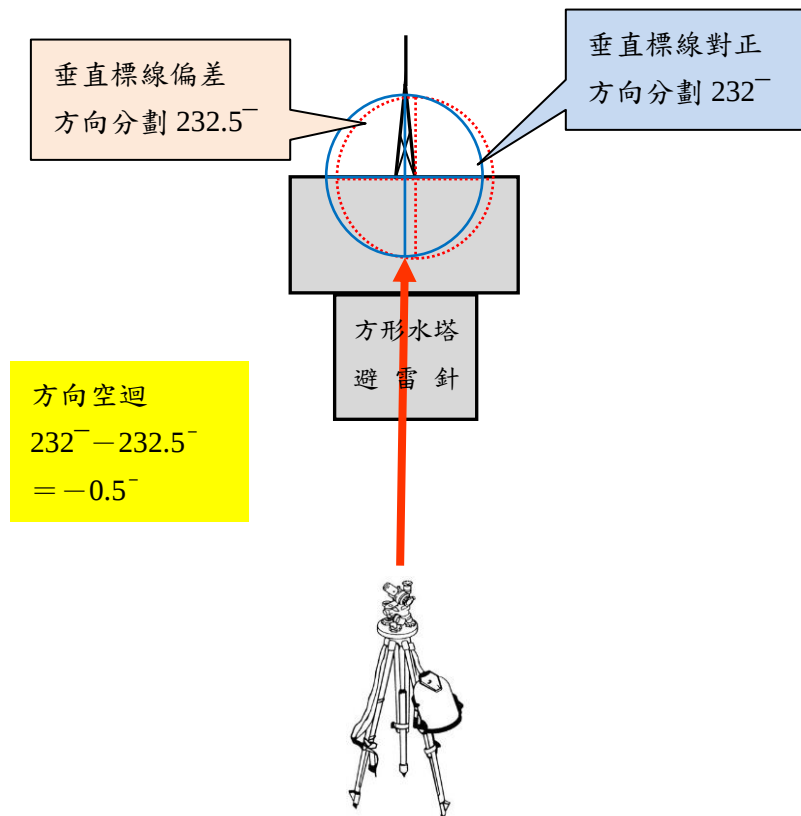
（一）比較法（如圖七）

1. 整置方向盤於穩定地質之測站，並精確調整水平。
2. 動方向補助分劃轉螺使十字標線之垂直標線對正前方「覘視點」（如方形水塔避雷針中央），並記錄方向（水平角）分劃。
3. 將方向補助分劃轉螺順時針轉四整圈。
4. 再反時針轉方向補助分劃轉螺置於第 2 動所記錄之方向（水平角）分劃，切勿超過。
5. 檢查望遠鏡十字標線之垂直標線是否對正方形水塔避雷針中央？如未對正，動方向補助分劃轉螺使其對正，並計算原紀錄與此時方向（水平角）分劃。

劃之差，即為「方向機構空迴」。¹¹

6. 「方向機構空迴」不超過 ± 0.5 密位，評定合格；不超過 1 密位，評定不合格。大於 1 密位，則為嚴重不合格。

圖七 使用比較法檢查方向機構（水平角）空迴



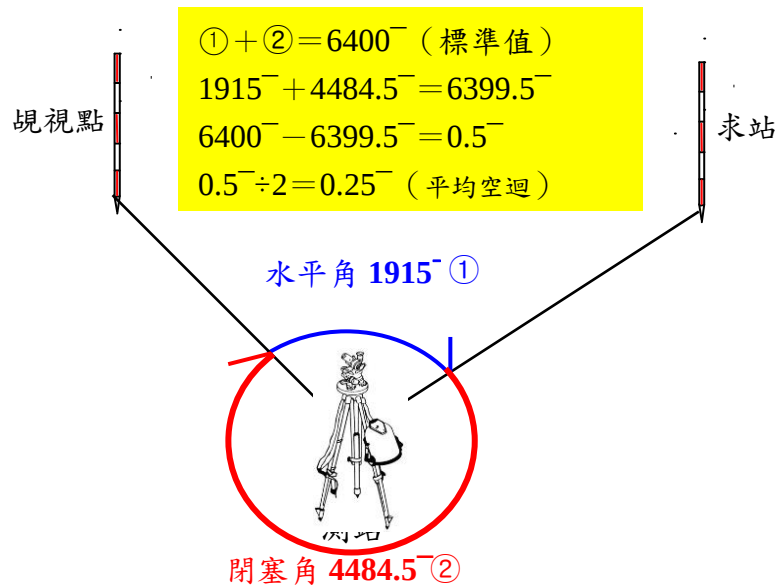
資料來源：作者自製

（二）水平角閉塞測量法（如圖八）

1. 整置方向盤於穩定地質之測站，並精確調整水平。
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（最低可看處中央）。
3. 動上部，順時針標定前測站標桿，看讀①分劃至 0.5 密位（1915 密位）。
4. 將補助分劃歸零，動上部標定後測站標桿。看讀②分劃至 0.5 密位（4484.5 密位）。
5. 將①（1915）+ ②（4484.5）= 6399.5 密位， $6400 - 6399.5 = 0.5$ 密位，將 $0.5 \div 2 = 0.25$ 密位，即得水平角平均空迴（0.25 密位）。
6. 評定要領同比較法第 6 項。

¹¹同註 2，頁 100-101。

圖八 使用閉塞測量法檢查方向機構（水平角）空迴

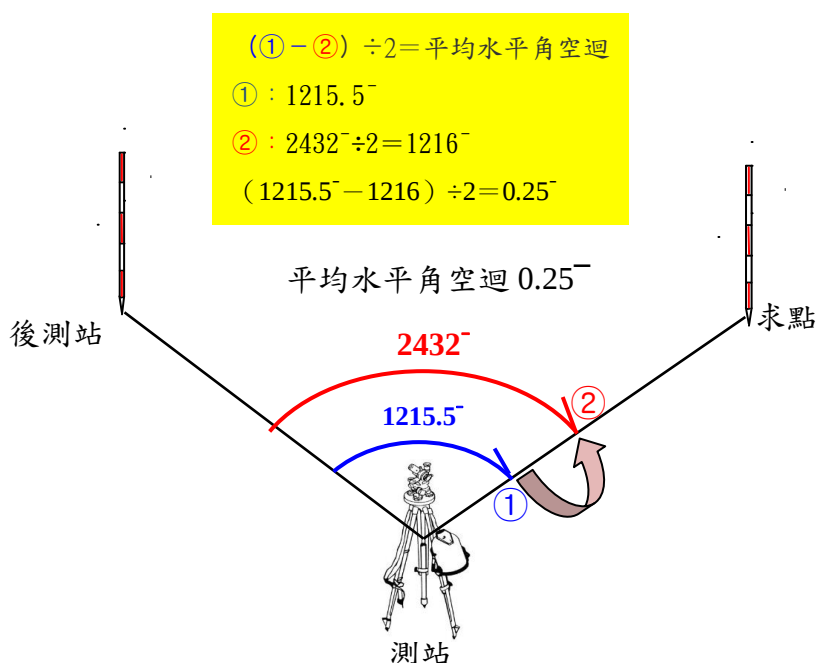


資料來源：作者自製

(三) 累積測角法 (如圖九)

1. 整置方向盤於穩定地質之測站，並精確調整水平。
2. 動上部，裝定“0”。再動全部（方向微動螺），將“0”對正「覘視點」標桿。
3. 動上部，順時針標定求點標桿，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)，重新標定覘視點標桿。
5. 動上部，順時針標定「求點」標桿，看讀②分劃至 0.5 密位 (2432 密位)。
6. 將累積角值 (2432 密位) $\div 2$ ，得平均水平角 (1216 密位)。
7. 將① - ②分劃 $\div 2 = (1215.5 - 1216) \div 2 = -0.25$ 密位)，即得水平角平均空迴 (0.25 密位)。
8. 評定要領同比較法第 6 項。

圖九 使用累積測角法檢查方向機構（水平角）空迴



資料來源：作者自製

三、定向機構檢查與鑑定

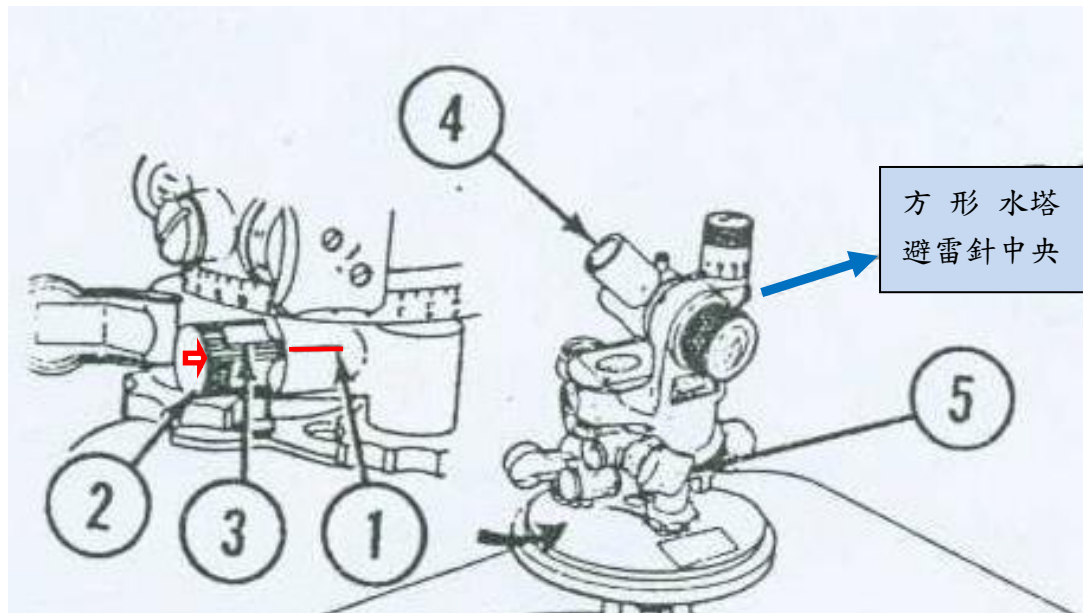
定向機構通常用於標定覘視點（標點），為與方向機構區隔，使用定向機構稱之為「動全部」，使用方向機構則稱為「動上部」。基於定向機構並無分劃設計，惟使用時為爭取速度經常解脫行「大方向轉動」或「微動精確標定」，當「大方向轉動」時未確實解脫即貿然轉動或解脫後未將蝸桿置於定位即鬆開方向微動螺，極易造成空迴。定向機構因無分劃設計，檢查空迴方式不同於其他俯仰或方向機構，要領分述如下（如圖十）：

- （一）整置方向盤於穩定地質之測站，並精確調整水平。
- （二）選擇「覘視點」（如正前方方形水塔避雷針中央）。
- （三）沿方向盤左側「方向微動螺」中心線，在蝸桿外殼鋁質部分用鉛筆上劃一條標線①。
- （四）轉動方向微動螺上中心稜線②（五條中的第三條），對正標線並作記號③。
- （五）動「方向補助分劃轉螺」（上部）將望遠鏡內十字標線之縱線對正前方方形水塔避雷針中央④。
- （六）將方向微動螺順時針旋轉兩整圈。
- （七）再將方向微動螺反時針旋轉兩整圈，使中心稜線動正標線。
- （八）由望遠鏡檢查鏡內十字標線之縱線是否對正前方方形水塔避雷針中

央？如未對正，動「方向補助分劃轉螺」(上部)檢查偏差值，即為「定向機構空迴」⑤。¹²

(九)「定向機構空迴」不超過 ± 0.5 密位，評定合格；不超過1密位，評定不合格。大於1密位，則為嚴重不合格。

圖十 M2 與 M2A2 方向盤定向機構檢查示意



資料來源：《M2 及 M2A2 式方向盤（附裝備）單位、直接支援及一般支援保修手冊（TM9-1290-262-24）》（桃園：陸軍總司令部計畫署譯印，民國79年6月），頁103。

磁針機構作用與水準氣泡檢查與鑑定要領

磁針機構與水準氣泡之檢查與鑑定，列在「陸軍主官檢查暨妥善鑑定（觀測射控）檢查表」第五項次的三、四小項，基於技術屬性與第二小項不同，且無需檢查「空迴」狀況，故單獨討論。

一、磁針機構作用檢查與鑑定

方向盤定向係以「磁針」為主，「天體觀測」為輔。基於地球磁場極不穩定，且砲兵以使用「方格方位角」(Grid azimuth)為主，致藉由磁針獲得「方格方位角」之精度有限。如須將「方格方位角」誤差控制在容許範圍之內，磁針機構作用之檢查至為重要。通常在檢查者的認知裡，方向盤的磁針藉由地球磁場指向磁北，極為理所當然，致忽視地球磁場的相關知識。惟為落實磁針機構檢查與鑑定任務，避免因誤判導致鑑定失當，務須先行瞭解地球磁場形成原因、位置、特性與影響因素等相關知識。

(一) 地球磁場形成原因：地球的內部結構包含地殼、地幔與地核，為各

¹² 同註2，頁103。

圈層差異旋轉的分層球體，即地殼、地幔、下地幔、外核與內核旋轉之角速度不同，其中內核快速旋轉，由固態鐵所組成，外核則為黏滯性很低的導電液態鐵，在差異旋轉與宇宙中各種天體的作用力下，在外核尤其是內、外核交界處形成快速旋轉之環狀電流，從而生成「地球磁場」(The Earth's Magnetic Field)。¹³惟受宇宙中天體磁場直接影響，加上地球內部流體移動之不規則性，致地磁南北極與地軸南北極並不一致，且隨時皆有微小變化。

(二) 磁北位置：「地球磁場」就像是一個貫穿地球中心與南北極成一角度之大棒狀磁鐵所形成之磁場(如圖十一)，「北磁極」(磁北)位於加拿大群島距地球自轉軸 1,200 英哩處(2005 年估計在北緯 82.7 度、西經 114.4 度)。¹⁴俄羅斯科學家宣稱，事實上「北磁極」由加拿大北方巴查斯特島(Bathurst Is)地下約 2,300 英哩，穿過北冰洋，幾乎達到西伯利亞之泰美爾半島(Taimyr Peninsula)。在地球上任何地點，指北針會振盪而指向磁北。惟當「磁暴」中，其振盪指向將不穩定。¹⁵

(三) 磁場特性：「地球磁場」隨時皆有微小變化，另據研究報導：地球磁場正處於一個反轉過程中，過去 200 年地球磁場之「北磁極」已經移動超過 1,100 公里，且地球磁場之強度亦正以每 100 年 5% 之速度減弱。¹⁶磁場最劇烈的變化為「磁暴」(Magnetic storm)，係地表磁性物質與空間電流所引起之不規則變化。最常發生於「太陽黑子」(Sunspots，又稱為日斑)增加、¹⁷地震、火山爆發與「北極光」(Aurora Polaris)出現期間。當磁暴發生時，水平磁場變化最大，約為一般日變化之數十倍，垂直磁場變化之幅度則較小。通常磁暴之磁場強度從數伽瑪至 1,000 伽瑪(γ , $\gamma = 10^{-5}$ 高斯，為磁力測量的量度單位)，¹⁸以往曾有一刻鐘劇烈變化 90 密位，惟此種情況甚少發生，通常變化皆小於 18 密位。¹⁹檢查與鑑定磁針機構，務必謹慎，如發現磁針性能不明原因的劇烈變化時，可暫停一段時間(約 20 分鐘)再行檢查，以免誤判。

¹³ <http://www.twwiki.com/wiki/%E5%9C%BO%7%90%83%E7%A3%81%E5%AO%B4>. (檢索日期 2015 年 6 月 1 日)。

¹⁴ baike.baidu.com/view/351348.htm. (檢索日期 2015 年 6 月 1 日)。

¹⁵ 厲保羅譯著，《天文學》(臺南市：復漢出版社，民國 76 年 1 月再刷)，頁 31。

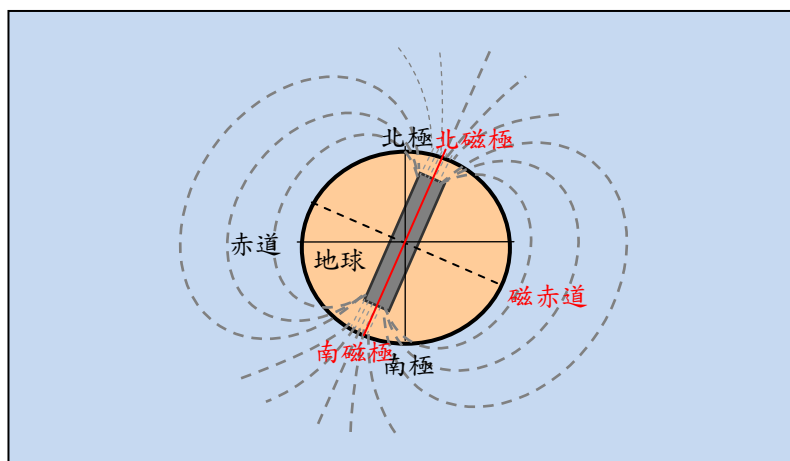
¹⁶ 格拉茲麥爾、歐爾森著，〈地球磁極即將反轉？〉《科學人》2005 年 39 期 5 月號，<http://sa.ylib.com/index.aspx?unit=featurearticles&id=6708CL4>

¹⁷ 《層層透視大宇宙》，(Discovery CHANNEL，播出時間：2015 年 8 月 16 日 2010 時)。

¹⁸ 吳經民著，《磁力測量簡介》(臺北市：聯勤總部測量署發行，測量技術通報第 92 期，民國 79 年 6 月)，頁 25。

¹⁹ 江儀助著，《測量學》(台北市：徐氏基金會出版部，民國 62 年)，頁 207。

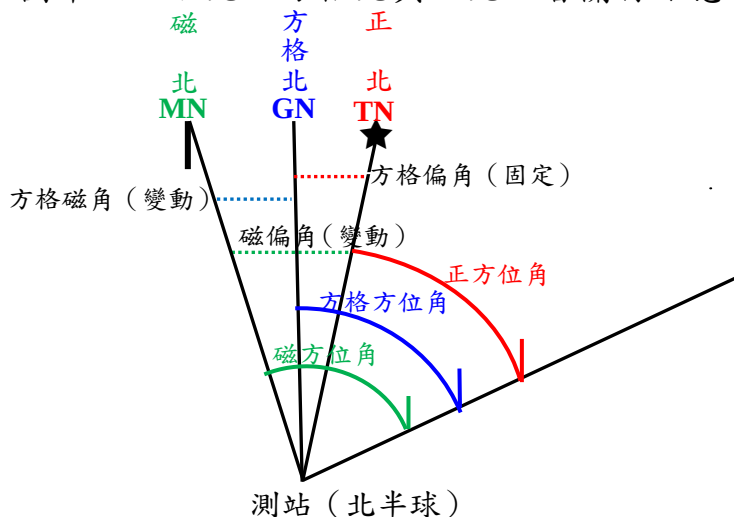
圖十一 地球磁場示意（磁場軸與地球自轉軸成一角度）



資料來源：厲保羅譯著，《天文學》（臺南市：復漢出版社，民國 76 年 1 月再刷），頁 31。

（四）磁針定向影響因素：M2、M2A2 方向盤可利用「天體觀測」或磁針機構，實施定向與測方位角，其中「天體觀測」使用「正北」為基準，且限制較多，故甚少使用。磁針機構則以磁北為基準，須利用「磁針方格偏差常數」（Declination constant）將磁北修正為方格北（磁北、方格北與正北三者關係，如圖十二），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」（如表三）或磁針生鏽、磁性異常（受雷電、巨震）、「均重」²⁰（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。

圖十二 磁北、方格北與正北三者關係示意



資料來源：作者自製

²⁰ 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。

表三 方向盤與影響磁針之物體保持安全距離對照

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)” (WASHINGTON 25, D. C : HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE ARMY. 9/1978), p7-9。

(五) 磁針機構檢查與鑑定要領：「磁針機構」(如圖十三)作用檢查項目僅包括磁針機構是否容易鎖定，釋放後轉動作用良好等兩項，尚不足評估磁針定向之精度，務須增加磁針性能、機構作用與偏差等檢查。檢查目的在確認磁針性能與機構是否正常，因磁偏校正僅適用於磁針性能與機構正常之器材；至於異常者，則應立即送修。兩種檢查要領分述如下：

第一種

1. 方向盤整置穩定地質且與影響磁針物體保持安全距離之測站，完成精確水平。

2. 動全部（方向微動螺）將方向分劃“0”與「北向指標」“N”，概略指向磁北。

3. 打開「磁針解脫鈹（子）」，動全部（方向微動螺），精確歸北。

4. 將「影響磁針物體」（鋼、鐵塊或具電磁波一如手機）靠近方向盤，由鏡窗觀察，使磁針盡量偏向一側，然後移開。

5. 待磁針靜止後，由放大鏡觀察磁針是否仍然精確歸北？

6. 再將「影響磁針物體」靠近方向盤另一側，由鏡窗觀察，使磁針盡量偏向另一側，然後移開。

7. 待磁針靜止後，由放大鏡觀察磁針是否仍然精確歸北？

8. 前述 4、6 項如磁針未偏向一側，表示磁針性能異常；5、7 項如磁針未回復原本精確歸北位置，則表示磁針機構異常，可轉動上部（方向補助分劃轉螺）使磁針精確歸北，其轉動分劃即為「磁針機構偏差」。²¹

²¹同註 2，頁 110。

9. 「磁針機構偏差」目前未列入評定標準，惟影響磁偏校正、測方位角與方位角法射向賦予精度，使用單位可依據需要列入評定項目。通常磁針機構偏差值不得超過 ± 0.5 密位（或放大鏡內左、右一個刻線寬度）。

第二種（如圖十四）

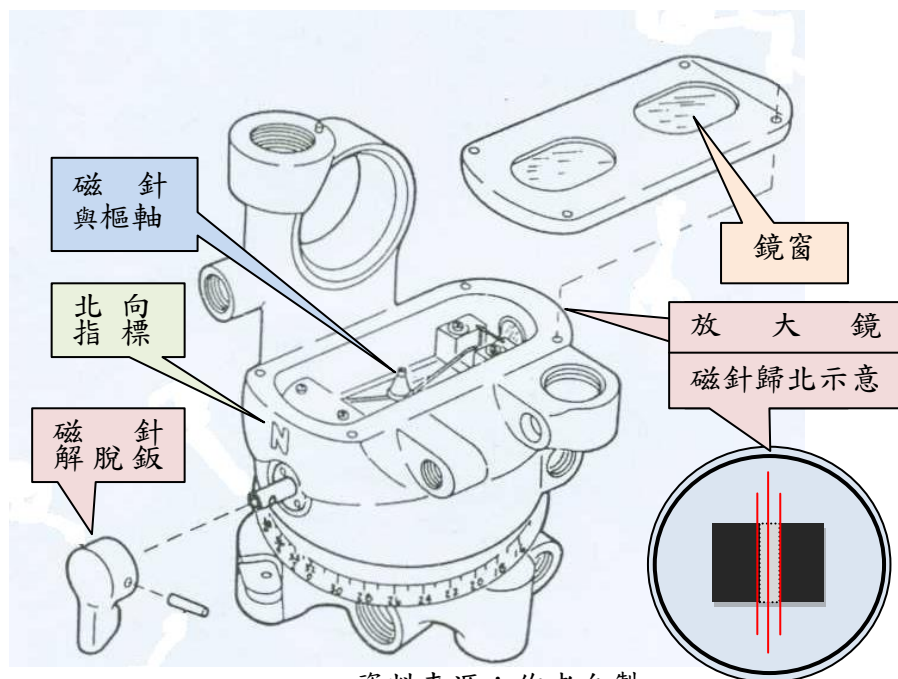
1. 同第一種 1 至 3 項。

2. 將鋼（鐵）塊或具電磁波（如手機）之物體靠近方向盤北向指標擺動，由鏡窗觀察，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）質或具電磁波物體離開後，磁針仍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。²²

4. 同第一種 8 至 9 項。

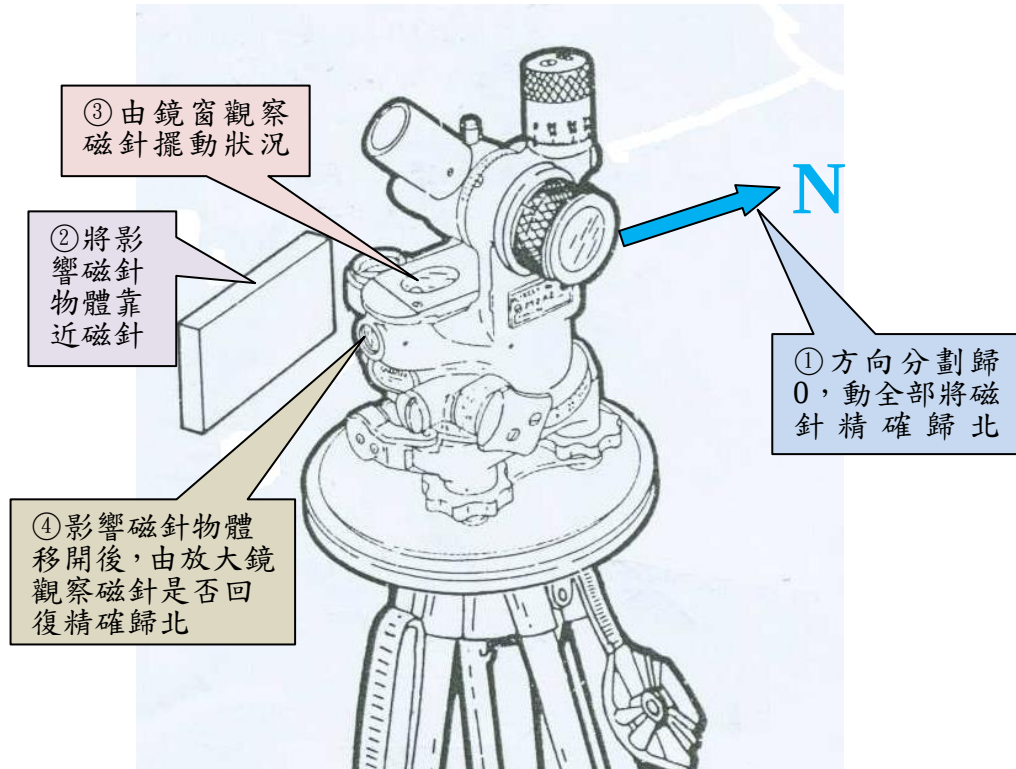
圖十三 M2、M2A2 方向盤磁針機構



資料來源：作者自製

²² “Artillery survey (TM6-200)” , (Published JUNE 1960 by GHQ Army GRC) , p44 .

圖十四 M2 與 M2A2 方向盤磁針性能檢查示意



資料來源：作者自製

二、水準氣泡檢查與鑑定要領

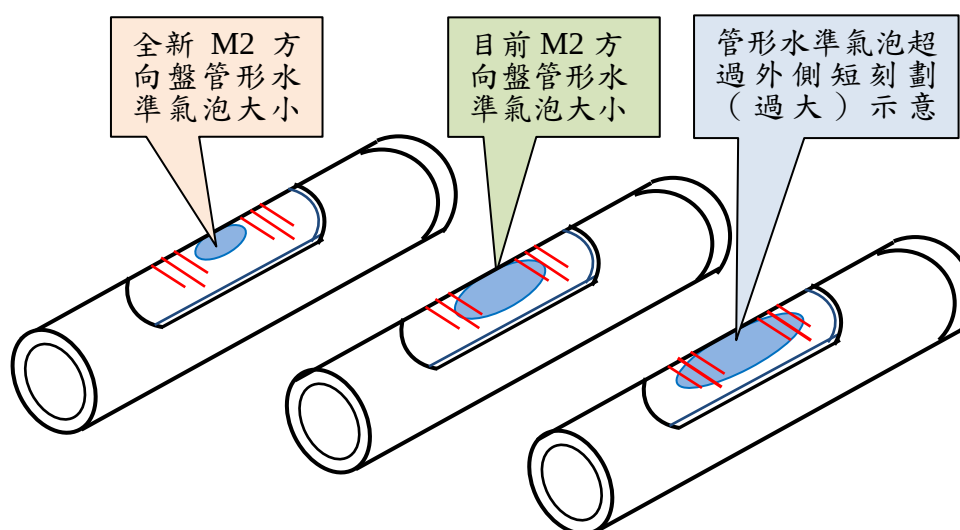
M2、M2A2 式方向盤計有「高低水準器」、「管形水準器」與「圓形水準器」等三種，其中「圓形水準器」僅供器材概略水平故較少使用，²³檢查內容為水準氣泡大小、作用狀況與護蓋完整性，僅護蓋完整性檢查爭議較小，惟水準氣泡大小與作用狀況兩者息息相關，且無明確標準。因此「大小適中」如未限定規格，僅能任由檢查者「自由心證」。

（一）水準氣泡大小

1. 管形水準氣泡：就「M2 及 M2A2 式方向盤（附裝備）單位、直接支援及一般支援保修手冊」（TM9-1290-262-24）圖片比對，管形水準氣泡規格小於左、右三條刻劃，然就目前 M2 方向盤觀察，因長期曝曬陽光與環境溫度變化過大，且 99、100 年翻修時未全數換新，致其大小均到達左、右三條刻劃中間的長刻劃，已逐漸影響定平與測高低角之精度。就現況與實際影響程度觀察，如水準氣泡大於左、右三條刻劃最外面的短刻劃，將嚴重影響作業精度（如圖十五）。

²³同註 8，頁 2-37。

圖十五 M2 與 M2A2 方向盤管形水準氣泡規格示意

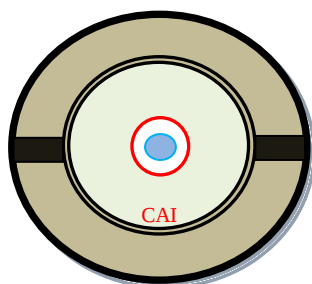


資料來源：作者自製

2. 圓形水準氣泡

水準氣泡須小於中間紅色圓圈（如圖十六），超過圓圈則判定過大。

圖十六 M2 與 M2A2 方向盤圓形水準氣泡規格示意



資料來源：作者自製

（二）水準氣泡作用狀況

1. 圓形水準器：當方向盤圓形水準器居中後，將「方向補助分劃轉螺」解脫，大方向旋轉 6400 密位，轉動全程氣泡應始終位於中央，即為「作用良好」。

24

2. 管型水準器：方向盤整置穩定地質之測站，且精確調整水平。將「方向補助分劃轉螺」解脫，大方向旋轉四個位置，彼此相隔 1600 密位，每一位置管形水準氣泡均應停於居中位置，且偏差不可超過 1 個刻劃，即為「作用良好」。

25

3. 高低水準器：方向盤高低水準器之位置穩定性較差，當震動或長期使用

²⁴同註 2，頁 84。

²⁵同註 2，頁 85。

後，高低水準氣泡與高低補助分劃不同步之情況極為明顯（即高低水準氣泡居中後，高低補助分劃並非指向“0”）。此狀況雖可藉由鬆開高低補助分劃轉螺上之兩顆「調整螺」將“0”分劃對正指標之方式調整，惟當高低水準氣泡誤差時，即無法奏效，實為造成「高低角」(Vertical angles)誤差過大之主因。檢查時可順轉或逆轉高低補助分劃轉螺，查看高低水準氣泡是否同步轉動？當高低補助分劃歸零時，查看高低水準氣泡是否居中？或高低水準氣泡居中時，高低補助分劃是否歸零？如符合前述要求，即為「作用良好」。

（三）護蓋作用

M2、M2A2 方向盤之高低與管型水準器（共計三組），皆設有護蓋。如護蓋未變形可順利開啟或關閉，評定為「合格」；反之，評定「不合格」。護蓋遺失，則評定「嚴重不合格」。當護蓋變形時應盡速送修，避免因強制開啟或關閉，而造成水準器破裂。

結語

國軍 M2 方向盤經過 99、100 年翻修後，性能已明顯改善，為砲兵戰力提供莫大助益；惟檢討 M2 與 M2A2 方向盤均屬早期設計，已無法滿足當前「數位化」戰場之需求，致美國為首的先進國家砲兵多已汰除，改採內建定位定向功能之「火炮射向賦予與定位系統」(Gun Laying and Positioning System, GLPS)，以有效解決符合今日快速作戰節奏之定位、定向問題。

鑑於國軍目前尚無換裝新式方向盤的規劃，故戰力維持實有賴裝備使用者與檢查者之正確檢查、確實鑑定與適切處置，以確保裝備妥善。M2 與 M2A2 式方向盤之「主官檢查與妥善鑑定檢查表」，其檢查與鑑定要項徒具條文，卻無「具體要領」可供參考，易陷入「見仁見智」迷思，致影響最終結果。筆者希望藉本研究「機械作用」檢查與鑑定要領，針對使用已久之裝備拋磚引玉，以推動部隊對 M2 方向盤檢查與鑑定之重視，確保裝備妥善、充分發揮效益，進而達成 M2 方向盤延壽目標。

參考文獻

- 一、“Mark Hewish and Rupert Pengelley, Achieving battlefield awareness”, (The benefits of accurate land navigation and positioning, Janes International Defense Review, 5/1997)。
- 二、《M2 及 M2A2 式方向盤（附裝備）單位、直接支援及一般支援保修手冊 (TM9-1290-262-24)》，〈桃園：陸軍總司令部計畫署譯印，民國 79 年 6 月〉。
- 三、“ARTILLERY SURVEY”. (WASHINGTON 25, D. C : HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE ARMY. 8/1961)。
- 四、“FIELD ARTILLERY SURVEY (FM6-2)”. (WASHINGTON 25, D. C : HEADQUARTERS

DEPARTMENT OF THE ARMY. 9/1978)。

- 五、《野戰砲兵測地訓練教範—第二版》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月)。
- 六、厲保羅譯著，《天文學》(臺南：復漢出版社，民國 76 年 1 月再刷)。
- 七、江儀助著，《測量學》，(臺北：徐氏基金會出版部，民國 62 年)。
- 八、“Artillery survey (TM6-200)” (Published JUNE 1960 by GHQ Army GRC)。
- 九、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，陸軍砲訓部，民國 95 年 3 月。
- 十、耿國慶，〈威特 (Wild) GG1 陀螺經緯儀簡介〉《砲兵季刊》(臺南)，第 153 期，陸軍砲訓部，民國 100 年 6 月。
- 十一、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，陸軍砲訓部，民國 98 年 9 月。
- 十二、耿國慶，〈「磁場不規則變化」對砲兵磁針定向之影響與因應之道〉《砲兵季刊》(臺南)，第 152 期，陸軍砲訓部，民國 100 年 3 月。
- 十三、《軍用地形圖閱讀手冊 (增修版)》(臺北：國防部情次室，民國 81 年 6 月)。
- 十四、格拉茲麥爾、歐爾森著，〈地球磁極即將反轉？〉《科學人》2005 年 39 期 5 月號，<http://sa.ylib.com/index.aspx?unit-featurearticles&id=6708CL4...>。
- 十五、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，陸軍砲訓部，民國 102 年 11 月。
- 十六、吳經民著，〈磁力測量簡介〉《測量技術通報》(臺北)，聯勤總部測量署發行，第 92 期，民國 79 年 6 月。

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組。