

雷霆 2000 多管火箭砲兵測地作業之研究

作者：耿國慶 老師

提要

- 一、雷霆 2000 多管火箭砲兵部隊已於民國 101 年編成，其射控、架控系統、彈種、高彈道與射程遠等特性，對測地與氣象資料之需求較一般砲兵更為迫切，實有賴精確之定位、定向與及時、有效的氣象資料，方有利於射擊精度之提升。目前 93 年所頒布之「雷霆 2000 多管火箭砲兵營、連作戰教則」已不適用，刻正檢討修訂，俾滿足火箭砲兵部隊作戰需要。
- 二、雷霆 2000 多管火箭砲配備之「定位定向器」(SIGMA-30)與砲兵測地「定位定向系統」(ULISS-30)，同屬運用慣性原理之「導航與定位系統」，均採「大地測量」作業方法，且可轉換座標系統與型式，故需輸入正確之「大地基準」(橢球體)、「方格帶」與座標、標高等資料。另為確保定位、定向精度，當火箭砲車行駛若干距離或時間後，須實施「位置更新」。基此，「方格帶」選定與「位置更新」之距離、時間規範，為研議測地支援之優先考慮事項。
- 三、火箭砲兵部隊測地，在配合戰術任務，適時提供火箭砲定位定向器所需之精確之「初始校準」或「位置更新」資料與氣象探測系統所需之定位、定向諸元，俾能增進射擊精度。為利於測地任務達成，測地人員對火箭砲配備之定位定向系統（包括定位定向器、里程訊號轉換器與GPS天線等）其特性與限制，須先行深入了解。
- 四、當前「導航與定位系統」已廣泛運用於自走砲、多管火箭、目標獲得系統與砲兵測地作業。雷霆2000多管火箭砲為國軍野戰砲兵首度配備「導航與定位系統」之新式武器，未來導航與定位系統之運用勢將更為普遍，其相關工作原理、操作技術與運用要領，將由原本的測地專業領域轉變為砲兵本職學能。國軍砲兵除應提升相關專業知識外，亦須儘早研擬至當之測地作業方式，俾充分發揚火箭砲兵優勢火力，達成臺澎防衛作戰火力支援任務。

關鍵詞：雷霆 2000 多管火箭、定位定向器、方格帶、初始校準、位置更新

壹、前言

雷霆 2000 多管火箭砲兵部隊已於民國 101 年編成，正積極從事換裝訓練與戰力評鑑作業。基於雷霆 2000 多管火箭砲屬於新式裝備，其射控、架控系統、彈種、高彈道與射程遠等特性，對測地與氣象資料之需求較一般砲兵更為迫切，實有賴精確之定位、定向與及時、有效的氣象資料，方有利於射擊精度之提升。檢討 93 年所頒布之「雷霆 2000 多管火箭砲兵營、連作戰教則」，因當前火箭砲車型式、系統性能與部隊編裝等，已經過大幅修改，致測地需求、支援方式與作業要領等，亟須檢討修訂，俾滿足火箭砲兵部隊作戰需要。

貳、雷霆 2000 火箭砲定位定向系統特性與限制

雷霆 2000 火箭砲發射架配備定位定向系統，包括定位定向器（SIGMA-30）、里程訊號轉換器與 GPS 天線接收器等部份。其定位定向系統特性與限制關係測地需求與支援方式，測地作業人員必須深入瞭解，俾滿足其測地需求。

一、定位定向系統重要諸元¹

- （一）座標差：行駛 5 公里內，5 公尺「圓形公算偏差」(Circular Error Probable, CEP)。行駛超過 5 公里時，CEP 為 2 公尺 + 0.06% × 火箭砲車行駛距離。
- （二）標高差：「公算偏差」(Error Probable, EP) 為 2 公尺 + 0.02% × 火箭砲車行駛距離。
- （三）射向：< 1 密位「均方根」(RMS)。
- （四）射角：< 0.5 密位均方根 (RMS)。
- （五）傾斜角：< 0.5 密位均方根 (RMS)。
- （六）連續作業時間：無限制。
- （七）使用緯度區間：南、北緯 75 度之間。
- （八）數據顯示單位：0.000001 度、0.1 公尺。
- （九）平均故障時隔：4,000 小時。
- （十）座標系統：「1984 年世界大地系統」(WGS-84)。

二、校準模式與使用時機

雷霆 2000 火箭砲起動定位定向器後，選擇定位定向調校，射擊控制器之定位定向器狀態欄位將顯示：前筆資料校準、標準模式校準、快速校準

¹ 《陸軍 TGS8x8 自走式雷霆 2000 多管火箭系統操作手冊（第一版）上冊》，（桃園，國防部陸軍司令部，民國 101 年 9 月），頁 1-32~1-34。

模式、GPS/CA模式校準、回到備便待命模式與手動資料更新等六個選項，其中四種校準模式，須依據上級命令或配合使用時機進行操作²。各種校準模式與使用時機分述如後。

（一）前筆資料校準

系統讀取之前最後一筆儲存之位置資料，執行校準。不須輸入任何座標、標高，點選「前筆資料校準」，並按壓「執行」。時間不足，無法使用標準模式校準，且火箭砲車上次關機即未再移動時（發射架可轉動），³始可使用。

（二）標準模式校準

火箭砲車駛至測地統制點，並以左側最後輪中間外緣對正測地統制點，並輸入座標、標高，再點選「標準模式校準」，並按壓「執行」，5分鐘內完成校準程序。時間餘裕且有正確測地統制點時，⁴即可實施。

（三）快速模式校準

使用內部儲存之航向角資料校準，不須輸入任何座標、標高，點選「快速模式校準」，並按壓「執行」，30秒內可完成。⁵通常於時間急迫、不需絕對精度，且砲車與發射架於上次停止後，未改變位置時使用。

⁶

（四）GPS/CA模式校準

使用GPS（CA碼）定位資料自動校準，不須輸入任何資料，點選「GPS/CA模式校準」，並按壓「執行」。實施時，火箭砲車上空必須無任何遮蔽物，惟校準資料與測地成果通常有±10公尺誤差。⁷

（五）回到備便待命模式

定位定向器關機前，確實點選「回到備便待命模式」並執行，且砲車熄火後不再移動，即可選擇前筆資料校準與快速模式校準。

（六）手動資料更新

當獲得正確之座標、標高資料時，可由砲長執行「手動資料更新」方式，重新輸入正確位置資料，修正現有位置資料。執行時必須確定螢

²，同註1頁4-359。

³《陸軍雷霆2000多管火箭系統訓練教範—第一版》，（桃園，國防部陸軍司令部，民國101年10月），頁3-121。

⁴同註3，頁3-13。

⁵同註1，頁2-99。

⁶同註3，頁3-13。

⁷同註3，頁3-13。

幕右上角顯示「導航中」，且砲車處於停止狀態才可進行操作。⁸

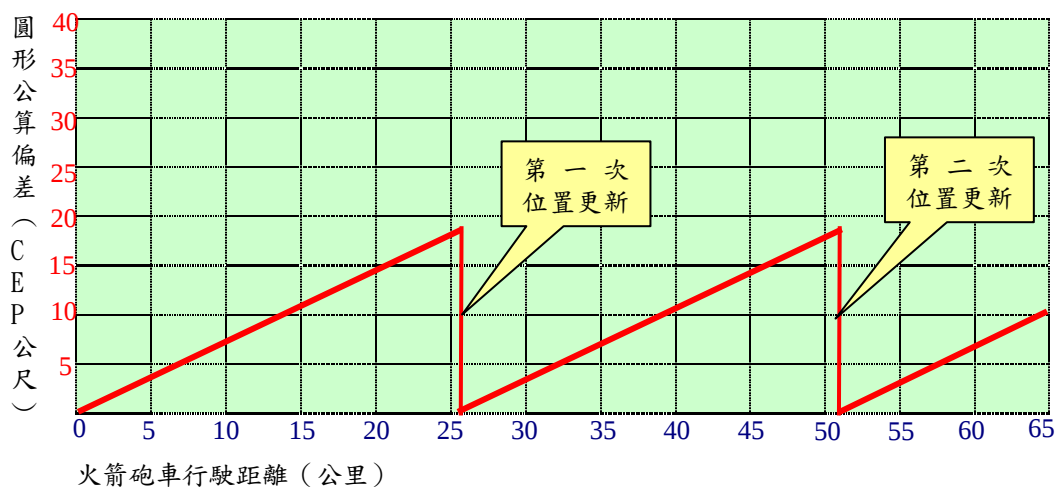
三、特性

- (一) 系統使用以「雷射陀螺儀」(Ring Laser Gyro, RLG) 為基礎之「定位定向器」(SIGMA-30)，負責提供火箭砲車慣性導航(定位)資料，測定發射架控制所需之方位角、高低角、傾斜角等姿態，並可與其他系統(里程訊號轉換器、GPS)連結，將資料傳輸至射控計算機與架控系統運用。⁹
- (二) 里程訊號轉換器可輔助修正定位定向器因長距離運動產生之誤差，以確保系統符合精度需求。
- (三) GPS 可接收衛星信號，將其傳遞至定位定向器，配合慣性與里程訊號轉換器資料進行交叉比對修正，以維持系統精度。

四、限制

- (一) 系統作業開始前，須利用精確($>1/3,000$ 或徑誤差 <3 公尺)之已知點(測地統制點)實施初始校準。如已知點無法獲得或精度不佳時，將無法實施初始校準，影響導航精度。
- (二) 系統作業區間，受地球自轉限制，僅能使用於南、北緯 75 度間之地區。
- (三) 系統因物理特性的影響，作業精度將隨作業時間與距離增加而降低，雖可與里程訊號轉換器、GPS 等資料，進行交叉比對修正，故無需「零速更新」。惟須適時(約 26 公里)實施「位置更新」(如圖一)或方位檢查，以消除累積誤差。

圖一 雷霆 2000 火箭砲「定位定向器」位置更新示意



⁸ 同註3，頁3-13。

⁹ 同註1，頁4-348。

- (四) GPS 雖為系統次要輔助單元，其失效或收訊不佳雖不致影響定位定向器主要功能，惟部份功能仍受影響。¹⁰測地單位仍需提供必要的初始校準點或位置更新點，作為系統資料檢查、系統損壞或 GPS 信號受干擾時使用。
- (五) 火箭砲車裝彈、補給油料時，須關閉定位定向器，完成前述作業後，再使用「前筆資料」或「快速模式」校準，恢復火箭砲車執行任務能力。惟最後儲存資料如累積誤差過大時，校準將不正確，不僅影響導航（定位）精度，亦造成射擊誤差，故彈藥裝填區、油料補給點應適切賦予測地統制點，提供火箭砲初始校準或位置更新。
- (六) 火箭砲車並無制式標定點位裝備，校準或更新資料時，必須停止，並將左後輪中間外緣對正點位（如圖二）。因火箭砲車長 9.8 公尺、寬 2.5 公尺，於一般道路賦予點位時，應優先考慮危安因素。
- (七) 火箭砲車有可能因定位定向器慣性漂移或發射架變位致方位誤差，當判定方位精度降低時，須利用測地所建立之「方位檢查點」，檢查定位定向器方位誤差（如圖三），並作為送修依據。¹¹
- (八) 火箭砲車通常以定位定向器行自動射向賦予，如定位定向器損壞時，可使用 M2 方向盤行人工射向賦予（方位角法、方向基角法），¹²其中方向基角法精度較佳，惟須有測地成果方可使用。¹³

¹⁰同註 1，頁 2-95。

¹¹同註 1，頁 4-463。

¹²《陸軍 TGS8x8 自走式雷霆 2000 多管火箭系統操作手冊（第一版）下冊》，（桃園，國防部陸軍司令部，民國 101 年 9 月），頁 5-387。

¹³同註 12，頁 5-403。

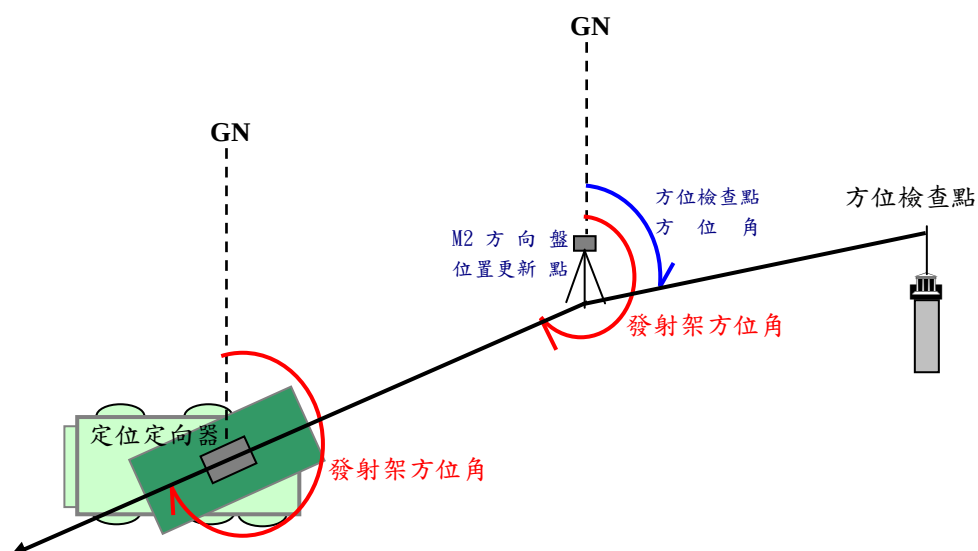
圖二 火箭砲車左後輪中間外緣對正測地統制點



資料來源：《陸軍雷霆 2000 多管火箭系統訓練教範（第一版）》，（國防部陸軍司令部，民國 101 年 10 月），
頁 3-131。

資料來源：作者自製

圖三 火箭砲車利用「方位檢查點」檢查定位定向器方位誤差示意



叁、測地支援考慮事項

雷霆 2000 多管火箭砲配備法國 SAGEM 公司製「定位定向器」(SIGMA-30)，為砲兵測地現行使用「定位定向系統」(ULISS-30)之改良產品。因運用慣性原理之「導航與定位系統」，均採「大地測量」(Geodetic Surveying)作業方法，且可轉換座標系統與型式，故需輸入正確之「大地基準」(橢球體)、「方格帶」(Grid Zone)與座標、標高等資料。另為確保定位、定向精度，當火箭砲車行駛若干距離或時間後，須實施「位置更新」。基此，「方格帶」選定與「位置更新」之距離與時間規範，實為研議測地支援之優先考慮事項。

一、方格帶選擇

雷霆 2000 多管火箭砲車於初始校準或位置更新時，須先行「區帶選擇」，選擇項目區分為臺灣/澎湖地區、金門/馬祖/東沙/南沙地區等兩項（如圖四），惟臺灣（51 帶）、澎湖（50 帶）兩地方格帶並不相同，研判雷霆 2000 多管火箭砲設計之「區帶選擇」為「地區、方格帶」，而非「方格帶、方格區」，惟其考量無論前者或後者，設計選項均不適切，易造成誤導使用者或方格座標轉換錯誤，故火箭砲長與測地人員務必正確選擇與使用。

圖四 雷霆 2000 多管火箭射擊控制器之定位定向器狀態部分畫面

區帶選擇		前筆資料校準	
◦ 台灣/澎湖地區		標準模式校準	
◦ 金門/馬祖/東沙/南沙地區		快速模式校準	
測地點座標 (WGS84 六度分帶)		GPS/CA 模式校準	
橫座標	749579	回到備便待命模式	
縱座標	2568263	手動資料更新	
高度	21		

資料來源：作者自製

（一）方格帶、區劃分方式

「橫麥卡脫投影」(UTM) 適用於全球南北緯 80 度以內任何區域，依據軍事需求沿赤道自西經 180 度至東經 180 度，每隔經度 6 度，將全球劃分為 60 個投影帶，每次僅截取切線東西各 3 度之地區，¹⁴故在南北緯 80 度以內，僅「帶」與 UTM 方格座標有關，「區」則無影響。

1. 方格帶

經度劃分為帶，每帶為 6 度，沿赤道自西經 180 度起向東推算，至東經 180 度止，共劃分為 60 帶，並依次編以 1—60 之阿拉伯數字。¹⁵因經度 6 度為一帶，中央經線兩側為 3 度，帶與帶間各有 30 分之重疊，此一重疊部分謂之「跨帶」，未重疊之部分稱為「本帶」。¹⁶

2. 方格區

緯度劃分為「區」，每區為 8 度，自南緯 80 度起算，至北緯 80 度止，共分為 20 區，依次以英文字母每 C—X（其中 I、O 不用）註記之。

（二）平面投影座標方格帶選用依據

軍圖現行採用經度 6 度之分帶法，投影帶編號悉依橫麥卡脫投影分帶法。

1. 臺灣本島、彭佳嶼、琉球嶼、龜山島、蘭嶼與綠島等地區為 UTM 第 51 帶，中央經線為 123 度。
2. 澎湖、烏坵、金門與東沙地區為 UTM 第 50 帶，中央經線為 117 度。
3. 馬祖地區因跨越 50 與 51 帶，可依需要使用 50 或 51 帶之投影座標成果。

前述各帶之中央經線與赤道交點為該帶區內十萬公尺劃分之原點（如圖五），同時為避免座標有負值出現，北半球之投影原點座標向西平移 500,000 公尺，縱座標值為 0 公尺，中央子午線尺度比率為 0.9996。

¹⁷基此，確定臺灣與澎湖地區兩者並非同一方格帶，不宜列為同一區帶選擇。

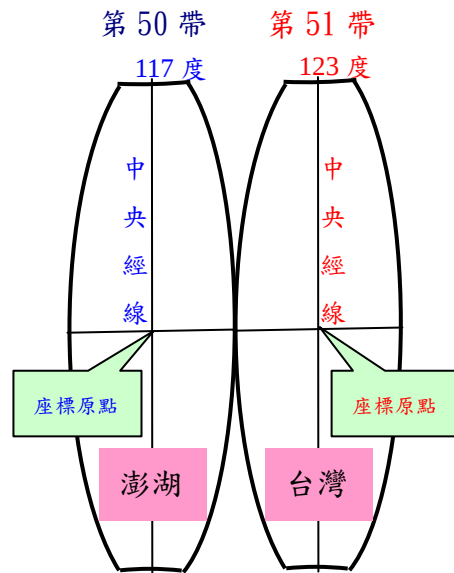
¹⁴ 《軍用地形圖閱讀手冊（增修本）》，台北、國防部情次室，民國 81 年 6 月，頁 30。

¹⁵ 同註 14，頁 37-38。

¹⁶ 同註 14，頁 30。

¹⁷ 《中華民國台灣地區三角點成果表（2°、3°、6°分帶成果）》，（台北市，聯勤總部測量署，民國 74 年 12 月），台灣地區三角點成果說明。

圖五 臺灣、澎湖 UTM 座標方格帶示意



資料來源：作者自製

（三）座標轉換比較

就澎湖「七美」內政部 I 等衛星控制點（標石號碼：內補 332）為例，其經緯度大地座標為 N：23°12'16.56022"、E：119°26'18.71508"，經由美軍（美軍與「威斯康辛州綠灣大學」－University of Wisconsin-Green Bay 合作研發）轉換程式，分別轉換成 50 帶、51 帶 UTM 方格座標（如圖六）：

方格帶	橫座標	縱座標
50 帶（正確）	749578.55	2568262.79
51 帶（錯誤）	135404.79	2570637.98

就兩者轉換結果比較，可發現差異甚大。未來測地人員在臺灣本島以外（非 51 帶）之地區作業時，應將測地成果、火箭砲車定位定向器顯示座標與軍圖等三者詳實核對檢查，以確保無誤。

圖六 利用美軍座標轉換程式所得之澎湖「七美」I 等衛控點
50、51 帶 UTM 方格座標

How to Use This Spreadsheet					
Selection #	Datum	a	b	f	1/f
1	WGS 84	6,378,137.0	6,356,752.3	0.003353	298.257
By Steve Dutch					University of Wisconsin-Green Bay
Convert Latitude and Longitude to UTM (Choose Decimal or DD MM SS)					Updated 19 April 2005
	N/S - E/W	Decimal	DD	MM	SS
Latitude	N		23	12	16.56022
Longitude	E		119	26	18.71508
Latitude	23.20460006		23	12	16.56022 N
Longitude	119.438532		119	26	18.71508 E
Easting	749,578.55	Zone	50 Q	第 50 帶	
Northing	2,568,262.79	Zone CM	117		
Military Grid Reference 50 Q QL 49578 68262					
How to Use This Spreadsheet					
Selection #	Datum	a	b	f	1/f
1	WGS 84	6,378,137.0	6,356,752.3	0.003353	298.257
By Steve Dutch					University of Wisconsin-Green Bay
Convert Latitude and Longitude to UTM (Choose Decimal or DD MM SS)					Updated 19 April 2005
	N/S - E/W	Decimal	DD	MM	SS
Latitude	N		23	12	16.56022
Longitude	E		119	26	18.71508
Latitude	23.20460006		23	12	16.56022 N
Longitude	119.438532		119	26	18.71508 E
Easting	135,404.79	Zone	51 Q	第 51 帶	
Northing	2,570,637.98	Zone CM	123		
Military Grid Reference 51 Q SF 35404 70637					

資料來源：作者自製

二、位置更新「距離」與「時間」規範

舉凡慣性「導航與定位系統」(Inertial Navigation/Survey System)，其精度易隨作業距離與時間增加，而逐漸降低，為確保系統精度可經常滿足作戰需求，皆須設計適切之「位置更新」之距離與時間規範。如未適時實施「位置更新」，定位精度將嚴重降級，影響火箭砲射擊精度。當實施「位置更新」後，系統即可更新「位置」(座標、標高)資料，並減緩誤差累積程度與精度發散速度。雷霆 2000 火箭砲車「位置更新」之距離與時間規範，影響戰術運用、射擊精度、存活力與測地支援方式，實應審慎研議。

(一) 位置更新之「距離」規範

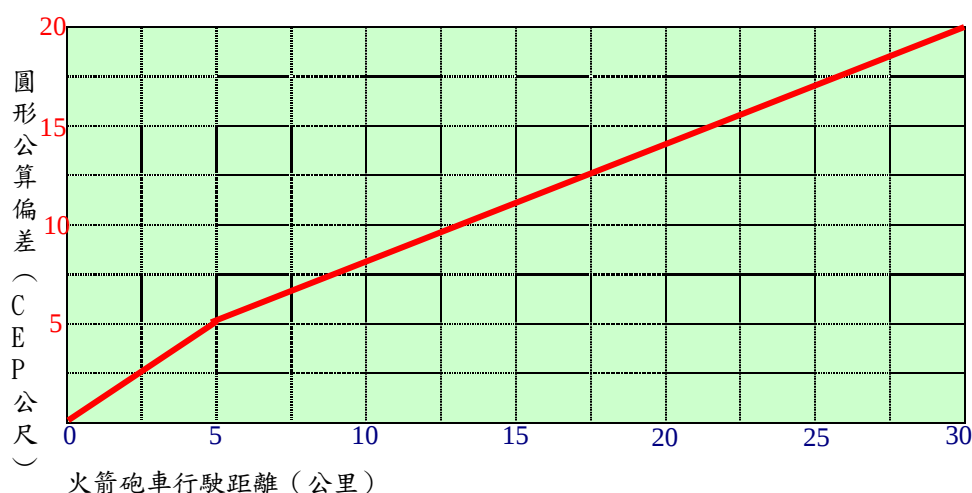
雷霆 2000 火箭砲車所配備之定位定向器 (SIGMA-30)，當行駛距離 5

公里內，CEP 為 5 公尺，如行駛距離超過 5 公里後，將產生「2 公尺 + 0.06%×火箭砲車行駛距離」之誤差。目前就系統性能、他國經驗數據與彈性考量與更新時隔等分析結果，研擬火箭砲車行駛 26 公里前，須利用測地所建立之「測地統制點」(SCP)，實施位置更新。規範考量分述如下：

1. 系統性能

定位定向器 (SIGMA-30) 行駛距離超過 5 公里後，將產生「2 公尺 + 0.06%×火箭砲車行駛距離」之「圓形公算偏差」(CEP) 與「2 公尺 + 0.02%×火箭砲車行駛距離」之「公算偏差」(EP)。(火箭砲車行駛距離與「圓形公算偏差」(CEP) 變化關係，如圖七)。

圖七 雷霆 2000 火箭砲定位定向器行駛距離與 CEP 示意



資料來源：作者自製

2. 他國經驗數據

依據美國「陸軍定位與導航主計畫」(THE ARMY POSITIONING & NAVIGATION MASTER PLAN) 2-1A 表「導航與定位作戰需求」(POS/NAV OPERATIONAL REQUIREMENTS) 所述，「多管火箭系統」(Multiple Launch Rocket System, MLRS) 定位精度為 20 公尺 (CEP · 50%)，標高 10 公尺 (PE · 50%)。¹⁸

就雷霆 2000 火箭砲定位定向器 (SIGMA-30) 性能而言，行駛距離

¹⁸ 《THE ARMY POSITIONING & NAVIGATION MASTER PLAN》，UNITED STATES ARMY COMBINED ARMS COMBAT DEVELOPMENTS ACTIVITY Fort Leavenworth, Kansas 1990，TABLE 2-1A。

30 公里時，CEP 為 20 公尺；行駛距離 40 公里時，EP 為 10 公尺。

(1) CEP 計算

火箭砲車行駛超過 5 公里時，CEP 為 2 公尺 + 0.06% × 火箭砲車行駛距離，行駛多少距離其 CEP 為 20 公尺？

$$20 \text{ 公尺} = 2 \text{ 公尺} + 0.06\% \times X \text{ 公尺}$$

$$20 \text{ 公尺} = 2 \text{ 公尺} + 0.0006X \text{ 公尺}$$

$$-0.0006X = 2 \text{ 公尺} - 20 \text{ 公尺}$$

$$X = 30000 \text{ 公尺} = 30 \text{ 公里}$$

(2) EP 計算

火箭砲車行駛距離超過 5 公里時，EP 為 2 公尺 + 0.02% × 火箭砲車行駛距離，行駛多少距離其 EP 為 10 公尺？

$$10 \text{ 公尺} = 2 \text{ 公尺} + 0.02\% \times X \text{ 公尺}$$

$$10 \text{ 公尺} = 2 \text{ 公尺} + 0.0002X \text{ 公尺}$$

$$-0.0002X = 2 \text{ 公尺} - 10 \text{ 公尺}$$

$$X = 40000 \text{ 公尺} = 40 \text{ 公里}$$

表一

美國陸軍野戰砲兵「導航與定位作戰需求」表					
作戰需求 區分	項目	座標	標高	方位	反應時間
		CEP(50%) (公尺)	EP (50%) (公尺)	EP (50%) (密位)	分鐘
	多管火箭系統	20	10	1.0	持續
	牽 引 榴 砲	17.5	10	0.3	4
	自 走 榴 砲	17.5	10	0.3	1
	迫 砲	50	35	35.6	4
	下 車 觀 測	30	20	2.0	5
	砲兵定位雷達	10	7	0.67	8
	反砲兵雷達	20	3	0.4	2
	氣 象 系 統	114	10	9.0	5

資料來源：《THE ARMY POSITIONING & NAVIGATION MASTER PLAN》，UNITED STATES ARMY COMBINED ARMS
COMBAT DEVELOPMENTS ACTIVITY Fort Leavenworth, Kansas 1990，TABLE 2-1A。

3. 彈性考量

依據雷霆 2000 火箭砲定位定向器 (SIGMA-30) 性能計算，行駛距離 30 公里時，CEP 為 20 公尺；行駛距離 40 公里時，EP 為 10 公尺。惟 20 公尺 (CEP)、10 公尺 (EP) 係美軍依據 MLRS 所規範之作戰需求，畢竟雷霆 2000 與 MLRS 就彈種、口徑、射程與發射架 (定位定向器) 性能而言，差異甚大 (MLRS 之「定位導航儀」-PNU，每 12 公里位置更新乙次)。為確保射擊安全與減少散佈差，特縮小 CEP 與 EP 範圍，改採美軍牽引與自走榴砲 CEP 為 17.5 公尺，EP 為 10 公尺之導航與定位作戰需求。¹⁹另為簡化規範，如 17.5 公尺 (CEP) 之距離未超過 10 公尺 (EP)，則以 17.5 公尺 (CEP) 為距離規範標準。計算結果如下：

(1) CEP 計算

火箭砲車行駛超過 5 公里時，CEP 為 2 公尺 + 0.06% × 火箭砲車行駛距離，行駛多少距離 CEP 為 17.5 公尺？

$$17.5 \text{ 公尺} = 2 \text{ 公尺} + 0.06\% \times X \text{ 公尺}$$

$$17.5 \text{ 公尺} = 2 \text{ 公尺} + 0.0006X \text{ 公尺}$$

$$-0.0006X = 2 \text{ 公尺} - 17.5 \text{ 公尺}$$

$$X = 25833 \text{ 公尺} \div 26 \text{ 公里}$$

(2) EP 計算

火箭砲車行駛 26 公里時 CEP 為 17.5 公尺，EP 為多少？是否超過 10 公尺之作戰需求？

∴ 火箭砲車行駛距離超過 5 公里時，EP 為 2 公尺 + 0.02% × 火箭砲車行駛距離。

$$\therefore EP = 2 \text{ 公尺} + 0.02\% \times 26000 \text{ 公尺}$$

$$= 2 \text{ 公尺} + 5.2 \text{ 公尺}$$

$$= 7.2 \text{ 公尺} (< 10 \text{ 公尺}, \text{符合 EP 作戰需求})$$

4. 位置更新時隔

¹⁹ 《THE ARMY POSITIONING & NAVIGATION MASTER PLAN》，UNITED STATES ARMY COMBINED ARMS COMBAT DEVELOPMENTS ACTIVITY Fort Leavenworth, Kansas 1990，TABLE 2-1A。

「時隔」為此次更新至下一次更新之時間間隔。如時隔太近，更新次數過於頻繁，將造成火箭砲車停止過多與測地人員負荷過大，減低戰場存活力。時隔太長，則影響火箭砲車導航與定位精度，且測地人、裝過於閒置，不符投資效益。就前述彈性考量後，雷霆 2000 火箭砲車位置更新已研議為 26 公里實施乙次，以砲兵行軍速度每小時約 24 公里計算，時隔約 65 分鐘，可符合火箭砲兵作戰需求。時隔計算如下：

已知：砲兵行軍速度每小時 24 公里，行駛 26 公里需要多少分鐘？

$$\frac{24 \text{ 公里}}{60 \text{ 分鐘}} = \frac{26 \text{ 公里}}{X \text{ 分鐘}}$$

$$24X \text{ 公里} = 1560 \text{ 分鐘}$$

$$X = 1560 \text{ 分鐘} \div 24$$

$$X = 65 \text{ 分鐘 (位置更新時隔)}$$

(二) 位置更新之「時間」規範

雷霆 2000 火箭砲車配備之定位定向系統包括「里程訊號轉換器」(Travel Distance Meter, TDM)，可透過載具傳動裝置，藉由連接載具齒輪箱之彈性軸線驅動，測量其機械結構之旋轉，並將載具運動資料提供定位定向器運用。²⁰在當前高精度即時定位之要求下，配置多重導航感測器設備（如慣性、GPS 或 DGPS、TDM 等）已成為新趨勢，而整合多重導航訊息使用之方法，即為採用「卡曼濾波器」(Kalman filter)，俾達成整合導航訊息、消除雜訊與提高導航精度之目的。當定位定向器 (SIGMA-30) 在載具行駛於一般道路時，卡曼濾波器採用「里程信號更新」為主，因此載具不須停止實施「零速更新」。²¹惟當載具停止時，零速更新將自動執行，可收斂 SIGMA-30 逐漸發散之導航與定位誤差。基此，雷霆 2000 火箭砲車並無必要規範位置更新之「時間」，僅需於行駛距離超過 26 公里時，實施位置更新即可。

²⁰ 《SIGMA 30 Technical specification》，SAGEM SA document，SE15/99-003201-01-September 1999，Chap 1-p1。

²¹ 同註 20，Chap 1-p2。

肆、測地作業要領

火箭砲兵部隊測地，在配合部隊戰術任務，適時提供火箭砲定位定向器所需之精確之「初始校準」(Alignment, ALN) 或「位置更新」(Update, UD) 資料與氣象探測系統所需之定位、定向諸元，俾能增進射擊精度。測地作業要領如下：

一、測地編組與運用

- (一) 火箭砲兵營營部連測量班下轄定位定向系統組(二)，可由營統一運用或各以一個定位定向系統組，分別支援各營屬火箭砲兵連。
- (二) 獨立火箭砲兵連、排均無測量班編制，其測地運用方式如下：
 1. 獨立火箭砲兵連可由目標獲得連測量排或指定某一砲兵營抽調一個定位定向系統組，支援火箭砲兵連測地。
 2. 獨立火箭砲兵排由防衛部砲兵營營部連或砲兵群部連測量班，支援測地作業。
- (三) 營屬或獨立火箭砲兵連之火箭排單獨支援時，所需測地作業由受支(增)援砲兵部隊負責提供。

二、火箭砲兵測地作業

(一) 火箭砲兵營

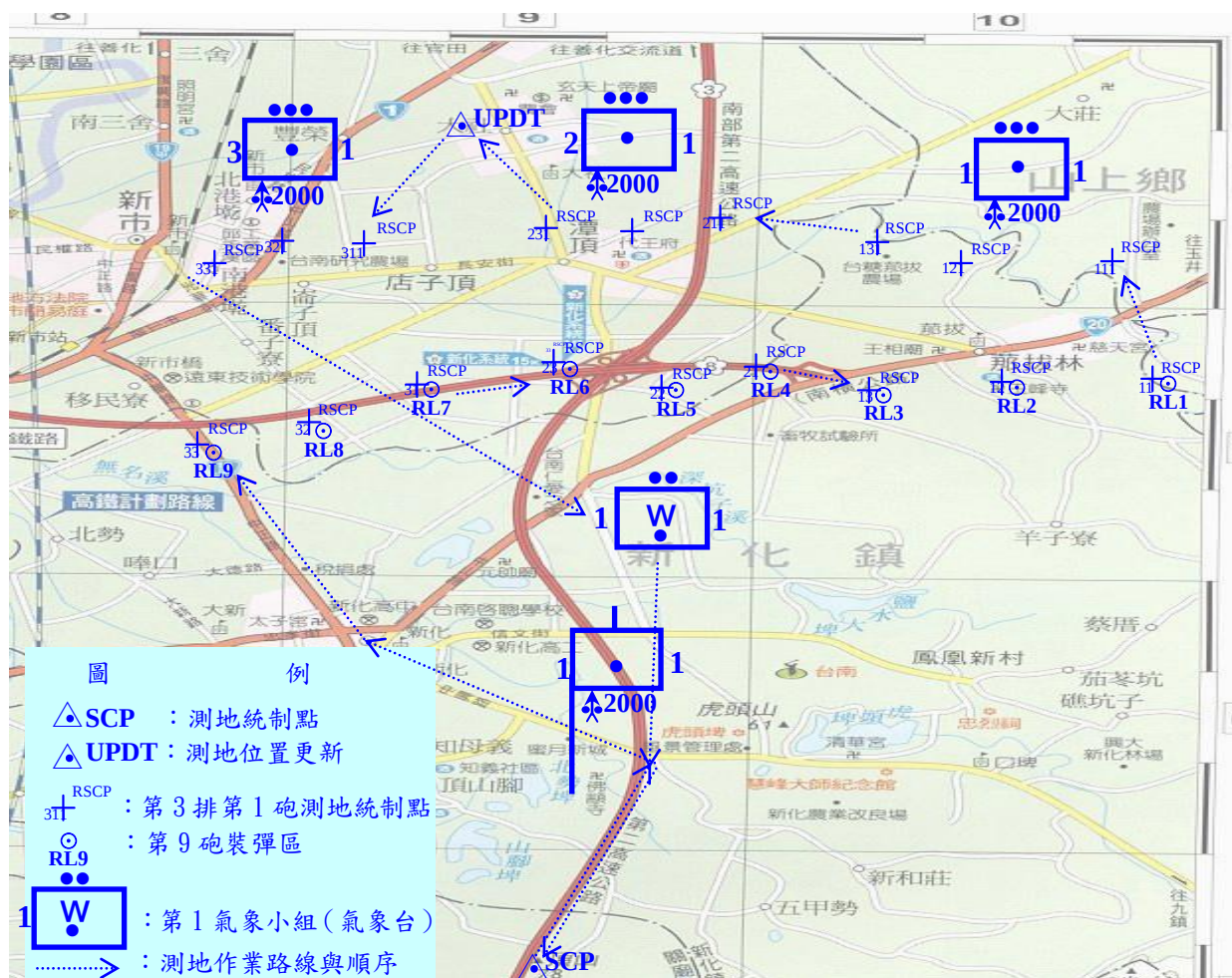
1. 當營行統一運用時，測量官須針對各火箭砲兵連(排)與氣象組之測地需求擬定計畫，適時向上級測地資料中心申請控制點(基準點)資料與協調作業事宜，並督導所屬測量班(系統組)執行測地作業，俾適時達成測地任務。
2. 選定控制點(基準點)為測地統制點，實施初始校準或位置更新。當測地作業距離超過 30公里或2小時後，須另選控制點(基準點)實施位置更新，以確保測地精度。
3. 定位定向系統作業，可依狀況與需要，採4分鐘或10分鐘零速更新、「標準測量」或「閉塞修正」模式實施。
4. 測地作業以建立各火箭連(排)作戰全程射擊陣地、隱蔽區、待命區、彈藥裝填區、油料補給點所需之初始校準點或位置更新點為重點，以滿足火箭砲車精確定位、定向之需求。
5. 氣象臺之定位資料應以地理座標(經、緯度)方式賦予，定向基準線方位角則使用「度」為單位。
6. 定位定向系統組可選定控制點(基準點)為測地統制點，實施初始校

準或位置更新。當火箭砲車運動距離超過26公里時，須提供砲車定位定向器之位置更新點，以確保射擊精度。

(二) 火箭砲兵連

1. 營屬之火箭砲兵連，視狀況由營統一運用或指派測量班長與副班長分別率一組定位定向系統組，支援火箭砲兵連測地作業。
2. 獨立火箭砲兵連可由受支（增）援部隊砲兵部隊指派測量班，建立各火箭砲兵排所需之初始校準點與位置更新點，並提供氣象臺定位與方位基準線資料。
3. 餘同火箭砲兵營第2、3、4、5、6項。（火箭砲兵連測地作業示意，如圖八）

圖八 雷霆2000火箭砲兵連測地作業示意



資料來源：作者自製

（三）火箭砲兵排測地

通常火箭砲兵排不實施測地，僅利用火箭砲車定位定向器內建之GPS，自動提供初始校準與位置更新資料。惟為避免定位定向器損壞或GPS衛星信號遭受干擾時，造成重大誤差，仍應向防衛部砲兵群(營)或受支(增)援砲兵部隊測量官提出測地需求，適時提供初始校準或位置更新之資料。

三、測量班測地統制點(SCP)與位置更新點之選定

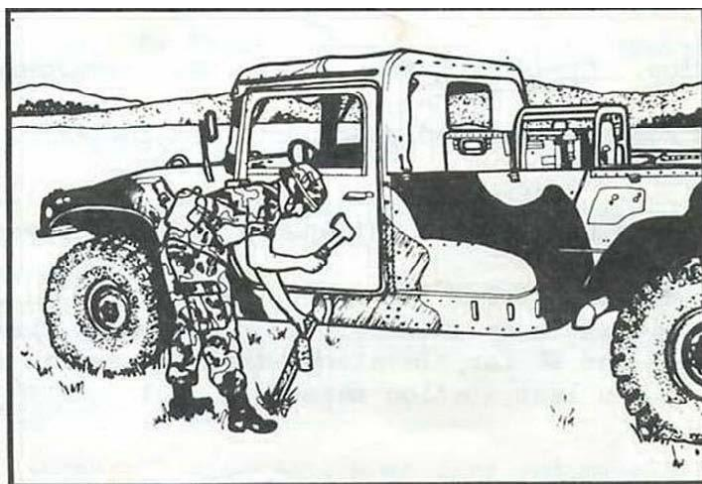
- （一）火箭砲兵營測量班通常自選作戰區內精度較高之控制點作為測地統制點，因其精度較高，可減少定位定向系統初始校準之誤差。當定位定向系統作業時間與距離超過該作業模式最大許可範圍時，即應另選控制點實施位置更新。如因狀況緊急，始可選定基準點作為測地統制點或位置更新點，惟當狀況許可時，應立即利用控制點檢查並實施位置更新。
- （二）控制點（基準點）資料除由火箭砲兵營測量班自行蒐集建立外，並可向作戰區測地資料中心提出申請建檔運用。
- （三）定位定向系統組若無法及時獲得控制點（基準點）時，測量官(班長)應向受支(增)援之砲兵測量單位提出申請。

四、火箭砲兵初始校準點與位置更新點設置

- （一）火箭砲兵所需之「初始校準點」與「位置更新點」，簡稱為「火箭砲兵測地統制點」(Rocket Survey Control Point, RSCP)。
- （二）位置更新點為設置地面精度良好之測點，火箭砲車可運用此點輸入資料，更新定位定向器之位置(縱座標、橫座標、標高)誤差或實施初始校準。位置更新點可設置於射擊陣地、隱蔽區、待命區、彈藥裝填區、油料補給點或行軍道路上，設置位置依據連(排)長與測量官(班長)現地偵察決定(如圖九)。
- （三）各火箭砲兵射擊陣地附近1至2公里處亦需建立位置更新點，提供火箭砲車欲進入陣地前可先實施位置更新，以提升射擊精度。
- （四）火箭砲兵連各排建立位置更新點，建立點位要求如下：
 - 1. 應具備識別容易、方便砲車進出與左後輪標定。
 - 2. 儘可能使全排同時實施位置更新。
 - 3. 位置適切，不影響其他車輛運動。
 - 4. 易於交管與掌握人車安全。

- (五) 彈藥裝填區或油料補給點亦可設置位置更新點，俾利火箭砲車於實施裝彈與油料補給之同時，實施位置更新。
- (六) 火箭砲兵連（排）視需要亦可建立「方位檢查點」，其建立位置應與排之位置更新點均能通視，且距離300公尺外（或超過100公尺之地線）。當判定砲車定位定向器之方位精度降低時，火箭砲兵連（排）可藉此檢查火箭砲射向方位角精度（火箭砲方位容許誤差為 ± 1 密位）。
- (七) 火箭砲兵營（連）須於平時於防區測地作業期間，應依各作戰區防衛作戰之各項火力支援計畫內各案，先期蒐集精度高之控制點成果資料，並由控制點擴張、加密建立測地基準點並完成資料檔案，以利戰時各項作業任務之遂行。

圖九 設置位置更新點



資料來源：作者自製

五、測地作業點標示

測地作業點包括測地統制點、初始校準點、位置更新點與檢查點等，通常利用短木樁、標桿或地面噴漆標示，須使火箭砲車人員清晰辨識。設置地點應易於砲車進出與左後輪靠近，且易掌握安全之地點。各點應懸掛標示卡（如圖十），內容以藍色耐久性油墨書寫，規格為 29.6×21公分(A4紙張大小)，註明單位、點位編號、大地基準(橢球體)、方格帶、縱、橫座標、標高、檢查點方位角、時間與填寫人等，字體應清晰且易於辨認。

圖十 標示卡規格與內容

← 27 公分 →					↑ 20 公分 ↓
單 位	火箭 2 連		編 號	RSCP22	
大 地 基 準	WGS-84		方 格 帶	51	
橫 座 標	223745.97		縱 座 標	2579162.33	
標 高	30.54	方 位 檢 查 點	1234	東方 300 公尺白 煙囪避雷針中央	
時 間	0122-1430		填 寫 人	李雷霆上士	

資料來源：作者自製

六、測地精度與時間

(一) 精度

定位定向系統測地座標精度以「徑誤差」表示，即「橫座標差平方+縱座標差平方之均方根」；標高與方位則以誤差值表示。

1. 火箭砲兵連(排)初始校準點與位置更新點，其位置「徑誤差」應小於座標 7公尺、標高誤差小於±3公尺 方位誤差則應小於± 1密位。
2. 氣象臺測地精度需求較低，其彈道氣象探測系統(RT-20無線電經緯儀)位置之「徑誤差」應小於座標 112公尺(經、緯度約4秒)；標高誤差小於± 10公尺；定向基準點方位誤差則應小於± 0.5度(約9密位)。

(二) 時間

通常火箭砲兵營(連)測地作業應於 1.5小時以內完成(不含初始校準時間)。當陣地幅員較大時，可依作業距離適度增加時間，惟不得影響射擊時效。當時間急迫時，則應建立優先順序，並依順序儘速達成。

七、火箭砲車定位定向系統失效時之測地作業

當火箭砲車配備之定位定向系統失效時，測量班（定位定向系統組）依火箭連（排）長要求，準一般砲兵營測地支援要領，提供火箭砲砲位、選擇點與方向基線方位角等測地成果。

伍、結語

當前「導航與定位系統」在軍事運用之地位，已由原本可有可無之奢侈品，一躍成為不可或缺之必需品，致先進國家已廣泛運用於自走砲、多管火箭、

目標獲得系統與砲兵測地作業。雷霆2000多管火箭砲為國軍野戰砲兵首度配備「導航與定位系統」之新式武器，未來配合作戰需求與「砲兵自動化」目標，導航與定位系統之運用勢將更為普遍，其相關工作原理、操作技術與運用要領，將由原本的測地專業領域轉變為砲兵本職學能。國軍砲兵除應提升相關專業知識外，亦須儘早研擬至當之測地支援方式與作業要領，俾充分發揚火箭砲兵優勢火力，達成臺澎防衛作戰火力支援任務。

參考文獻

- 一、《陸軍TGS8×8自走式雷霆2000多管火箭系統操作手冊（第一版）上冊》，（桃園，國防部陸軍司令部，民國101年9月）。
- 二、《陸軍TGS8×8自走式雷霆2000多管火箭系統操作手冊（第一版）下冊》，（桃園，國防部陸軍司令部，民國101年9月）
- 三、《陸軍雷霆2000多管火箭系統訓練教範—第一版》，（桃園，國防部陸軍司令部，民國101年10月）。
- 四、陸軍「國防新知運用」專區，網址：mdb.army.mil.tw。