

砲兵測地作業新利器 – Trimble S9 測距經緯儀之簡介

作者：曾育養

提要

- 一、儀器本身具備優異性能之外，運用 Trimble Access 野外作業軟體和 Trimble Business Center 成果計算軟體，透過測繪和截圖等功能，於測量作業後即可獲取所有測地資料。
- 二、Trimble S9 測距經緯儀整合測量技術，將光學、掃描和 GNSS（Global Navigation Satellite System）資料以影像結合，在作業現場只需要一台儀器，便可獲取現地資料、放樣點、線、弧和定線，使作業更為簡易方便，其設計符合 IP65 環境測試標準。
- 三、Trimble S9 測距經緯儀由器材本體、Trimble CU 控制面板、腳架、單稜鏡組、360 度稜鏡組、R2 衛星定位儀、Nomad 5 手持計算機及相關附件所組成，各組件效能比較舊一代徠卡 TPS-700 及 Rec Elta-13 測距經緯儀，有顯著提升。
- 四、新式裝備獲得後，將朝砲兵「測地自動化」之目標，又邁進一大步，未來測地技術與達成任務之能力，勢必顯著提升，可為砲兵測地作業任務達成、射擊效果與整體戰力提升，增添莫大助益。

關鍵詞：Trimble S9 測距經緯儀、Trimble CU 控制面板、R2 衛星定位儀

前言

國軍於民國 109 年底採購美國 Trimble S9 測距經緯儀，全面取代舊一代 Leica 徠卡及 Rec Elta-13 測距經緯儀，兼具距離與角度量測之電子測量儀，業界稱之為 Trimble S9 全站測量儀，簡稱 Trimble S9 全站儀。其主要結構係由電子經緯儀與光波測距儀組合而成，測角望遠鏡與光波測距儀之光軸具備同軸結構，可同時測得角度與距離。

儀器本身具備優異性能之外，透過 Trimble Access 外業（野外作業）軟體和 Trimble Business Center 內業（成果計算）軟體，運用測繪和截圖等功能，¹於測量作業後便可獲取所有測地資料，角度測量結合角度感測器，提供精確快速的角度值，達到作業安靜、精度高及低耗損之效益，亦可利用「鎖定目標」功能，在惡劣環境下，降低器材偏移誤差，可大幅提升我砲兵測地作業精度，無疑成為測地作業之新利器。

¹ 臺灣儀器有限公司，《Trimble S9 系列全站儀使用者指南》（臺北市：臺灣儀器有限公司，民國 108 年 12 月修訂本），頁 78。

Trimble S9 測距經緯儀組成

Trimble S9 測距經緯儀整合測量技術把光學、掃描和 GNSS(Global Navigation Satellite System)²資料加影像結合，在作業現場只需要一台儀器，便可獲取現地資料、放樣點、線、弧和定線，使作業更為簡易方便，其設計符合 IP65 環境測試標準。Trimble S9 測距經緯儀由器材本體、Trimble CU 控制面板、腳架、單稜鏡組、360 度稜鏡組、R2 衛星定位儀、Nomad 5 手持計算機及相關附件所組成。各部份組成、特性與作業方式，分述如次。

一、S9 測距經緯儀（圖 1）

旋轉速度每秒達 115 度，正倒鏡測量及旋轉到任意角度時間僅需 2.6 秒，³精準可靠標定及無限制轉動控制，儀器旋轉時快速靜音且低功耗，可減少對儀器的磨損，當 Autolock 啟動時，儀器自動地鎖定並跟蹤稜鏡，減少人為的照準誤差，另 Trimble SurePoint 功能，可使因操作、下沉及輕微撞擊等因素仍回到照準點，使儀器偏移自動得到糾正，確保每一次操作都能精確地瞄準和測量，以適應複雜的環境條件，正確鎖定的目標。⁴



圖 1 Trimble S9 測距經緯儀

資料來源：作者拍攝

二、Trimble CU 控制面板⁵（圖 2）

- （一）尺寸：17.6 公分 × 11 公分 × 30 公分。
- （二）重量：0.4 公斤。

² <http://www.scitechvista.nat.gov.tw/c/sfqB.htm>，GNSS 超級比一比，2020 年 12 月 25 日。

³ 高拔萃、鄭文正，〈測距經緯儀教育訓練〉《砲訓部 108 年測距經緯儀教育訓練投影片》（臺南），民國 109 年 4 月，頁 5。

⁴ 同註 3。

⁵ 臺灣儀器有限公司，〈Trimble CU 使用者指南〉（臺北市：臺灣儀器有限公司，民國 108 年 12 月修訂本），頁 8。

- (三) 記憶體：128 MB SDRAM，1 GB 內置非易失性記憶體。
- (四) 處理器：624 MHz Marvell ARM920T-PXA300 CPU。
- (五) 彩色觸控顯示幕。
- (六) 19 鍵文字數字鍵，再加 4 向方向鍵。
- (七) 整合式音頻揚聲器。
- (八) 作業系統：Windows Embedded CE 6.0 R3。

三、腳架

Trimble S9 測距經緯儀木質腳架（圖 3），其功用在結合測距經緯儀操作使用，且選擇隱蔽掩蔽較佳、適合於野外使用之黑色塗裝。

四、單稜鏡組

單稜鏡組（圖 4）其設計具備夜間光源，使用電池型號為 CR1/3N 3V 鋰錳電池。

五、360 度稜鏡組

360 度（圖 5）稜鏡組配賦外接式夜間輔助照明燈，並使用 USB 接頭充電線充電。

六、R2 衛星定位儀⁶（圖 6）

- (一) 220 頻道可與 Trimble S9 結合（共用 Trimble CU 控制面板與軟體）。
- (二) 雙頻整合 L 波段（RTX / OmniSTAR）。
- (三) PP 和 SBAS / RTX / RTK / VRS 模式。
- (四) RTK 解決方案類型：固定/浮動。
- (五) R2 衛星定位儀（圖 6）為可抽換鋰離子電池。
- (六) Trimble Business Center 辦公室軟體。
- (七) 支援全方位的測量和 GIS（Geographic Information System）應用軟體。

七、Nomad 5 手持計算機⁷（圖 7）

- (一) 記憶體 4GB。
- (二) 顯示 1280x720 圖元 830 nits 最大，陽光下可清晰判讀數字。
- (三) 充電器/直流電源輸入，電池 3200 毫安培/ 10.8 V，充滿電時間小於 4 小時。
- (四) 水和灰塵防護等級：IP65 和 IP68（IEC 標準 60529）及 MIL-STD-810G

⁶ 臺灣儀器有限公司，《Trimble R2 GNSS 接收器使用者指南》（臺北市：臺灣儀器有限公司，民國 108 年 12 月修訂本），頁 16。

⁷ 臺灣儀器有限公司，《Trimble Nomad 5 掌上電腦使用者指南》（臺北市：臺灣儀器有限公司，民國 108 年 1 2 月修訂本），頁 17。

獨立測試和認證。

(五) 三軸加速度計、磁感測器及陀螺儀，內建 2 公尺定位模組，並提供 6400 密位概略定向功能，供測地作業定位及定向參考。

八、附件

(一) 雷射對中器(圖 8)：使用 USB 接頭充電線充電，供砲兵夜間測地作業精確對準測站使用。

(二) 長效型電池及充電纜線(圖 9)：配賦長效型電池 1 顆，可使用 12 小時，具有電量顯示計可顯示電量狀況，另可做為夜間照明使用。

(三) ULISS-30 定位定向系統纜線(圖 10)：用於定位定向系統和測距經緯儀資料鏈結作業(方位轉換及放射測量)，Trimble S9 可提供更便捷及快速資料鏈結傳輸，節省調諧校正作業時間。

(四) 野戰背包(圖 11)：可供人員於野外攜行時，將器材及 R2 衛星定位儀放入野戰背包內，其他附件放置野戰背包側邊袋。



圖 2 Trimble CU 控制面板



圖 3 腳架



圖 4 單稜鏡組



圖 5 360 度稜鏡組



圖 6 R2 衛星定位儀

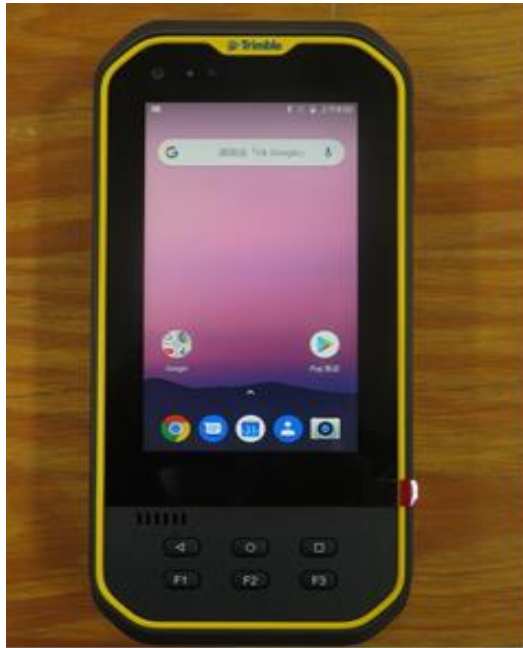


圖 7 Nomad 5 手持計算機



圖 8 雷射對中器



圖 9 長效型電池及充電纜線



圖 10 ULISS-30 定位定向系統纜線



圖 11 野戰背包

資料來源：圖 2 至圖 11 為作者拍攝

Trimble S9 測距經緯儀特性

Trimble S9 將掃描、影像和測繪整合成功能強大的器材，操作者僅需一台儀器，便可輕鬆獲取所有資料，透過其外業軟體和內業軟體；於野外作業可立即將現地資料儲存建檔，使作業更為簡易方便。

一、與舊式測距經緯儀不同處

（一）內建磁浮伺服馬達技術自動尋標及自動正、倒鏡作業功能，且作業過程安靜無聲。

（二）雙軸自動補償功能，補償範圍可達 5.4 分。

（三）具備光學定位鏡及夜間專用雷射定位等定位方式可供選擇，除圓形水準器外，並具有精密電子式氣泡，可快速輔助整置作業。

（四）記憶體容量，可存放高達 100000 筆以上作業點位資料。

（五）本體具有 RS-232C 傳輸介面，能與國軍現有使用之定位、定向系統

ULISS-30 結合作業，操作比現行使用全站儀節省 1/2 之時間。

(六) 具有優越之測距功能，可將紅外線及雷射整合於同一光軸內，由操作者依作業需求，自行選擇使用（紅外線，有稜鏡測距 1 至 3000 公尺；雷射無稜鏡於 800 公尺內實施測距；雷射有稜鏡，測距達 2000 至 5500 公尺）。

(七) 在正常氣候狀況下，5500 公尺內之測距精度為 1mm+2ppm；測角精度達 0.5 秒。

(八) 具有夜間作業功能，提供各項照明設備，可加速便捷之夜間作業。

(九) 整合衛星定位儀及手持計算機資料，可供測地起始之定位定向參考。

(十) 配賦 2 顆鋰電池、1 顆長效型行動電源及快速充電器，提供全天候 24 小時測地作業，並使用 110 伏特交流電實施充電，於 2 小時內可將電池快速充滿電量；並配有車用充電器，使充電選擇更多元便利。

二、系統獨特之技術

(一) 整合 3D 掃描⁸：**Trimble SureScan** 技術節省外業和內業的作業時間，可以靈活地進行掃描，有效率的獲取需要的地形、地物資訊，以建立數值地形模型（DTM），執行體積計算，進行比傳統測量方法更快的地形測量。

(二) 最具生產效率的全站儀⁹：**Trimble S9** 全站儀將掃描、影像和測繪整合成強效能作業功能，可獲取現地測量所有資料，透過 **Trimble Access** 外業軟體和 **Trimble Business Center** 內業軟體¹⁰，建立 3D 模型；於現地獲得之資料、影像及點雲，使作業更為簡易方便。

(三) 磁浮伺服馬達技術¹¹：整合磁浮伺服馬達技術的伺服和角度，此技術是以一個直接傳動和無摩擦的電磁式驅動技術，直接傳動系統使伺服馬達可以直接安裝在儀器的水平軸和垂直軸上，而不需要另外的機械傳動裝置，該系統可讓角度感測器提供精確快速的角度值，且伺服馬達性能安靜、精度高、轉速高及功耗低，可降低儀器損耗。

(四) 即時影像執行測量¹²：**Trimble VISION** 技術，可於測量中獲取即時影像中建立多種類型成果，透過觸擊螢幕即時操作模式，測量稜鏡目標或免稜鏡目標可快速記錄現地資料，並可直接將註釋增加到即時影像中，以確保現地作業資料正確性。

(五) **Surepoint** 精確定點¹³：即使是由於風力、振動、沉陷、風力過大的

⁸ 同註 3，頁 7。

⁹ 同註 3，頁 9。

¹⁰ 臺灣儀器有限公司，《Trimble Accrss 一般測量說明》（臺北市：臺灣儀器有限公司，民國 108 年 12 月修訂本），頁 15-24。。

¹¹ 同註 3，頁 5。

¹² 同註 3，頁 10。

¹³ 同註 3，頁 5。。

操作造成移動，依然可以透過儀器自動改正消除這些移動，此為 Trimble S9 獨有的定點技術，該技術確保精確瞄準和測量過程中，減少照準錯誤及重新測量作業，消耗更多勞力、人力及時間花費。

(六) Autolock 自動鎖定¹⁴：測量作業中自動鎖定能夠半自動化操作，儀器自動鎖定並跟蹤目標，人為照準誤差就得以消除，當稜鏡被移動時，儀器自動找稜鏡鎖定，無須人員微調更不用對焦，在夜間作業也沒有任何問題。由於 Autolock 技術，使測距經緯儀可以不受干擾的鎖定稜鏡，不會因為移動造成無法獲得作業資料，更能提高測量現地作業效率。

(七) DR Plus 技術¹⁵：測距無需稜鏡可提供延伸測量距離的直接反射(Direct Reflex)，如此可以用較少的測站設立次數，並測量更遠的距離，同時加強了掃描的性能；與流暢安靜的磁浮伺服馬達結合，實現快測量，且不會影響精度。

新、舊型測距經緯儀分析比較

國軍目前現有舊型徠卡 TPS-700 及 Rec Elta-13 與新型 Trimble S9 三種測距經緯儀，為使砲兵部隊能瞭解新型 Trimble S9 之優異效能，將就三種測距經緯儀之器材性能、軟體功能、作業功能及其他等四方面，進行分析與比較。

一、器材功能

砲兵測量作業目前使用之徠卡 TPS-700 及 Rec Elta-13 全站儀，雖仍可精確相對關係數據，以為射擊指揮、武器裝備定向、目標定位之依據，惟使用迄今已達 20 多年，既使仍能持續支援各項演訓任務之測量作業，其效能已明顯降低。新型 Trimble S9 全站儀為目前美國 Trimble 公司生產之最新款主機，在作業上可大幅提升作業速度，且具備天體觀測、計算機功能及計算軟體等多項功能(表 1)。表 1 為 新、舊測距經緯儀功能對照表。

二、軟體功能

國軍砲兵完成裝備換裝後，新型全站儀介面選用 Windows CE .Net 作業系統的標準功能，相較於舊型測距經緯儀採用 LCD 介面，將更有利於使用者之學習與操作。此外，Trimble S9 其硬碟容量達 1G 及資料輸出具 RS232、USB 傳輸介面等，各項軟體功能均較舊型測距經緯儀為佳，且可立即將現地作業資料備份，亦可依使用者需求選用多種軟體執行成果計算，提升整體砲兵測地作業之速度與精度，使未來砲兵測地成果計算更加多元化。

表 1 新、舊測距經緯儀功能對照表

¹⁴ 同註 3，頁 6。

¹⁵ 同註 3，頁 6。

新、舊測距經緯儀功能對照表					
項次	裝備名稱	Trimble S9 系列全站儀	舊型測距經緯儀 (徠卡TPS-700)	舊型測距經緯儀 (Rec Elta - 13)	
	功能				
1	本體	自動鎖定功能	○	×	×
		具有自動補償功能	○ 補償範圍±5.4分	△ 補償範圍±4分	△ 補償範圍±2分40秒
		可自動校正水平、垂直視準軸	○	△	×
		儀器本體可記錄10000筆資料(含)以上	○	△	△ 僅可記錄1000筆資料
		儀器內建程式：座標測量、方位角計算、後方交會、自由測站等多種程式	○	△	△
		可顯示作業之故障訊息	○	○	×
		具有濾光鏡可實施天體觀測	○	×	×
		工程計算機功能	○	×	×
2	測距	具備無稜鏡測距功能	○	○	×
		可於3秒鐘內完成測距	○	×	×
		測距精度	1mm+2PPM	2mm+2PPM	3mm+2PPM
		測距距離	2000M以上	2000M	2000M
3	具夜間測量專用稜鏡	○	×	×	
4	定位(GNSS)	○	×	×	
	GNSS定位精度	5公尺以下			
5	具長效型電池	○	×	×	
	電力維持時效	12小時			
圖例		○：具備，△：尚不足，×：未具備			

資料來源：一、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範》(桃園：國防部陸軍司令部，民國107年8月，頁2-1)。二、臺

灣儀器有限公司，《Trimble S 系列全站儀使用者指南》（臺北市：臺灣儀器有限公司，民國 108 年）。三、作者整理。

表 2 新式與舊式軟體功能比較表

新、舊測距經緯儀軟體功能比較表	項次	裝備名稱 功能	Trimble S9 系列全站儀	舊型測距經緯儀 (徠卡 TPS-700)	舊型測距經緯儀 (Rec Elta - 13)
					
	1	計算方位角及距離	○	△	×
	2	計算體積	○	×	×
	3	座標幾何計算	○	×	×
	4	面積計算	○	△	×
	5	三角解	○	×	×
	6	劃分直線	○	×	×
	7	座標轉換	○	×	×
	8	計算導線閉合成果	○	×	×
	9	內建工程計算機	○	×	×
	10	作業草圖	○	×	×
	11	自動對回	○	×	×
	圖例		○：具備，△：尚不足，×：未具備		

資料來源：一、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範》（桃園：國防部陸軍司令部印頒，民國 107 年 8 月），頁 2-1。二、臺灣儀器有限公司，《Trimble S 系列全站儀使用者指南》（臺北市：臺灣儀器有限公司，民國 108 年）。三、作者整理。

三、作業功能

舊式測距經緯儀功能性不足，測量人員必須攜帶許多輔助器材（如對數表、測地電算機、各式計算表格等），實施人工作業，作業耗時且容易產生錯誤。新式測距經緯儀可藉由座標計算、反交會法、連續地形測量等內建計算功能，取代傳統人工作業方式，能迅速求得砲兵測地資料，大幅減少作業時間，提高作業速度及精度。而且新型測距經緯儀新增簡易定向、連續地形、三角解計算、工程計算機面板計算、GNSS 測量、專用型夜間稜鏡及夜間輔助照明設備，將更有利測量人員於日、夜間各種環境操作不受限。此外，Trimble S9 並配賦 R2 衛星定位儀與 Nomad 5 手持計算機，可快速概略定位與定向諸元，其定位精度為 1 公尺，若使用 RTX 訊號接收則可達 10 公分，可提升整體砲兵測地作業效

能，使未來砲兵測地作業更具彈性。

四、其他

(一) 客製化開發 SDK (Software Development Kit)¹⁶：Trimble Access 軟體，將作業步驟流程標準、統一化，避免個人操作差異，目前儀器均有相關介面，並可依據客戶需求開發相符進階軟體應用程式（如資訊化傳輸等），建立與測地相符的標準作業流程。

(二) GNSS 測量：國軍砲兵測地作業雖以定位定向系統為主流，但礙於定位定向系統及砲兵戰術運用考量，在應急測地起始常以假設座標系統開始作業，在獲得測地成果後，再藉由方格統一方式，將所有測地成果置於統一之座標系統中，以求得精確之射擊諸元實施精準射擊，當前拜 GNSS 科技發展之賜，衛星定位技術日新月異，已具備速度快、人力需求低、操作簡單、訓練容易與價格便宜等多種優點，亦可作為砲兵測地起始作業之選項。惟戰時 GNSS 系統受管理與控制，不僅缺乏自主性，且信號易受干擾、偽冒與欺騙，致不可過分依賴。故僅適用於平時防區測地任務，戰時則仍依砲兵現行測地裝備與技術行之。

(三) 器材校正自主：測距經緯儀主要透過角度及距離的測量來獲得相對關係，依據國土測繪法基本測量第 24 條規定，測量所使用之裝備應依週期辦理角度及距離校正（圖 12）；惟現行三、五級廠並無相關測臺實施校正，新式裝備已於三、五級廠建立校正能量，後續定期校正將可有效降低因儀器誤差所造成的測量成果錯誤發生。

(四) 裝備附件多元：新式裝備除經緯儀本體外，另配賦多項附件（定位儀、計算機、充電器等），測量人員於野外作業時，可依任務需求選擇所需之裝備，將其置於攜行箱或野戰背包內攜行，可便於人員作業，亦可避免裝備因碰撞導致損壞。

(五) 具備夜視功能：舊式測距經緯儀於夜間執行測地作業時，需使用手電筒輔助照明執行定心及標定。新式裝備配賦雷射對中器、單稜鏡及 360 度稜鏡，均具備夜視功能，測量人員於夜間測地時可便於照明，迅速實施定心及標定作業，可提升夜間作業能力。

¹⁶ 同註 3，頁 10。



圖十二 角度及距離校正場

資料來源：一、梁朝億、王敏雄，〈內政部國土測繪中心測量儀器校正整合服務〉《地籍測量》，第 35 卷第 3 期，第 7-19 頁。二、作者整理。

結語

凡為確定與野戰砲兵有關之砲陣地、雷達站、氣象台、觀測所、目標及測地統制¹⁷等均廣泛的應用，隨著砲兵戰術、技術與科技之進步，以及作戰中對提高火砲射擊命中精度之要求，目前已有突破性之發展。未來藉由砲兵測地作業人員除須充實專業知識外，更須重視民間測量技術發展脈動，期能提升測地作業人員能力，進而提升防衛作戰火力支援之效能。

國軍近年致力更新老舊裝備，預算有限，裝備獲得更顯得來不易，各級人員更需份外珍惜。現代科技一日千里，前瞻未來測地作業，搭配導航、衛星定位及定位定向系統等加入，將改變原本之測地作業模式，新式裝備獲得後，將朝砲兵「測地自動化」之目標，又邁進一大步，未來測地技術與達成任務之能力，勢必顯著提升。我砲兵幹部須具備前瞻的思維與豐富的科技知識，各級砲兵幹部嫻熟新式裝備之基本操作及作業技術與運用要領，進而運用其內建程式等進階功能，充分發揮裝備性能，達成作業任務，方能充分發揮裝備效益。

¹⁷ 《陸軍野戰砲兵測地訓練教範》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 107 年 8 月，頁 1-1）。

參考文獻

- 一、臺灣儀器有限公司，《Trimble S9 系列全站儀使用者指南》（臺北市：臺灣儀器有限公司，民國 108 年 12 月修訂本）。
- 二、<http://www.scitechvista.nat.gov.tw/c/sfqB.htm>，GNSS 超級比一比。
- 三、高拔萃、鄭文正，〈測距經緯儀教育訓練〉《砲訓部 108 年測距經緯儀教育訓練投影片》（臺南），民國 109 年 4 月。
- 四、臺灣儀器有限公司，《Trimble CU 使用者指南》（臺北市：臺灣儀器有限公司，民國 108 年 12 月修訂本）。
- 五、臺灣儀器有限公司，《Trimble R2 GNSS 接收器使用者指南》（臺北市：臺灣儀器有限公司，民國 108 年 12 月修訂本）。
- 六、臺灣儀器有限公司，《Trimble Nomad 5 掌上電腦使用者指南》（臺北市：臺灣儀器有限公司，民國 108 年 12 月修訂本）。
- 七、臺灣儀器有限公司，《Trimble Accrss 一般測量說明》（臺北市：臺灣儀器有限公司，民國 108 年 12 月修訂本）。
- 八、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 107 年 8 月）。
- 九、梁朝億、王敏雄，〈內政部國土測繪中心測量儀器校正整合服務〉《地籍測量》，第 35 卷第 3 期，2016 年 9 月。

作者簡介

曾育養士官長，陸軍專科學校士官長正規班 32 期，曾任測量班長、副排長，現任職陸軍砲兵訓練指揮部目標獲得教官組。