

運用測距經緯儀精進砲兵測地作業之具體作為

作者:陳天祐 上尉

提要

- 一、野戰砲兵於民國 86 年納編「定位定向系統」(ULISS-30)後,改採「定位定向系統組(ULISS-30)為主,測量組(測距經緯儀)為輔」之作業型態。惟定位定向系統使用至今已逾 11 年,裝備妥善狀況持續降低且故障率偏高,致測地人員以測距經緯儀獨立完成測地作業之機率增加。如何運用測距經緯儀達成與定位定向系統同等速度、精度之作業任務,實為當前測地人員之重要課題。
- 二、測距經緯儀在砲兵測地裝備中,屬「替代性」較高之器材。可經由基本之測角、測距功能,即可實施各種不同之測量方法,滿足各層級之測地需求;亦可運用內建的進階程式,涵蓋軍、民測量領域之相關作業,並符合減少時間、簡化方法與增加精度之要求,測地人員實應同時熟悉基本功能與進階程式之運用,俾因應各種測地任務。
- 三、定位定向系統除可連線測距經緯儀放射外,亦可配合測量組作業,形成「長短相輔、密切配合」,並充分發揮高度作業彈性。測地人員實應善用測距經緯儀之進階功能,並配合適切之測量方法,以取代或配合定位定向系統作業,達成砲兵測地「減少作業時間、簡化作業方法、增大作業能量及提高作業精度」之要求。

壹、前言

野戰砲兵於民國 86 年起納編「定位定向系統」(ULISS-30)，將測地作業提升為自動化，轉變為以「定位定向系統組 (ULISS-30) 為主，測量組 (測距經緯儀) 為輔」之作業型態。惟定位定向系統使用至今已逾 11 年，裝備妥善狀況持續降低且故障率偏高，致測地人員以測距經緯儀獨立完成測地作業之機率增加。當前光電科技及測量技術已大幅進步，測距經緯儀除提供精確之測角及測距基本功能外，更內建優異之進階程式。基於定位定向系統故障或功能受限顧慮為不爭之事實，故如何運用測距經緯儀達成與定位定向系統同等速度、精度之作業任務，實為當前測地人員之重要課題。

貳、定位定向系統運用限制

定位定向系統裝載於悍馬車上，可實施精度高與速度快之測地作業，對於無法到達之地形，除可連線測距經緯儀放射，亦可配合測量組作業，形成「長短相輔、密切配合」，並充分發揮高度作業彈性。惟定位定向系統除存在系統或載具故障之可能性外，在下列狀況時運用亦將受限。

一、衛控點運用不便

定位定向系統須使用控制點實施初始校準或位置更新，當內政部於 87 年公告 I、II 等衛星控制點座標成果後，不僅推動了軍用地形圖改版為「1984 年世界大地系統」(World Geodetic System 1984, WGS-84)，亦同時衍生出可運用之衛星控制點數量明顯減少，且大部分控制點常位於山區、坡度大或車輛無法到達之地形，較不適宜定位定向系統運用。

二、水準點運用不易

內政部所提供之 I 等一、二級水準點，其精度亦可滿足我軍砲兵測地需求，若能適切使用，則可增加可運用之控制點數量。目前 I 等水準點主要設於台 1、2、8、9、11、12、14、15、17、20、23、26、61 等 13 條道路之分隔島或圓環內，且為避免人為撞擊破壞，在標石四周均有埋設保護石(如圖一)，故對裝載於悍馬車之定位定向系統而言，運用上較為不易。



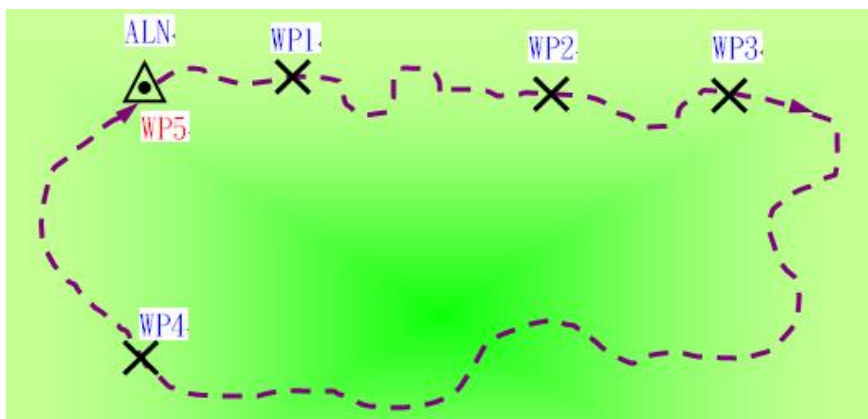
圖一：位於西螺交流道之一等一級水準點
(內政部地政司衛星測量中心，基本控制測量成果資料查詢系統，
<http://www.moidlassc.gov.tw/>> (2008 年 8 月 14 日))

三、性能降低，無法支援作業

定位定向系統常因操作人員熟練度不佳或久未使用、久置而未能定期維護、校驗致性能退化或裝備損壞送修，未持續追蹤維修期程而長期欠撥等因素，使得各單位裝備妥善狀況不佳，遇各項測地任務時，常無系統支援，而需使用測距經緯儀獨立作業。

四、作業路線不適切，致精度發散

當測地作業範圍過於複雜或狹長時，將增加系統測量之作業時間或使得作業路線呈「一」字形，致系統精度發散而未達精度要求。以圖二為例：定位定向系統於 ALN 點執行初始校準後，依序測得點 WP1、2、3、4，在繞回原 ALN 點測得路測點 WP5，因 WP1、2、3 作業路線呈「一」字形，故誤差值由大至小排列，依序為 WP3、2、1、4、5。



圖二 定位定向系統作業路徑圖形與誤差關係示意圖
(資料來源：作者繪製)

參、測距經緯儀一般作業

砲兵測地常用器材為定位定向系統、測距經緯儀與方向盤，其中測距經緯儀屬「替代性」較高之器材。經由其一般性之測角、測距功能，即可實施各種不同之測量方法，滿足各層級之測地需求。一般作業除常用之導線法、交會法外，尚包括三角（三邊）測量、放射測量與兩個以上無法通視之已知點等。現將各種測量作業要領與比較，分述如後：

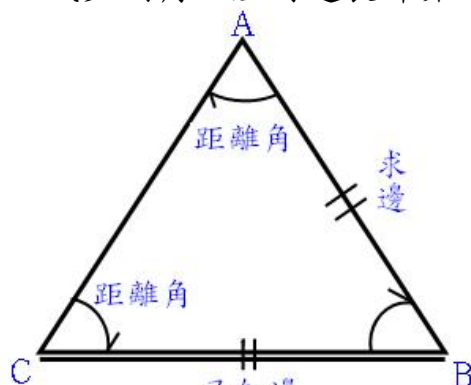
一、測量作業要領

(一)三角(三邊)測量

三角（三邊）測量因有高精度之成果，可於建立測地基準點、系統起始點等測地任務時，取代導線法測量。另外在山區、丘陵地形，或高低起伏較大之地形而展望良好時，亦能有效發揮。

1. 「三角測量」為重視測角精度之測量方法，故對於施測器材之精密程度要求也較高。現有萊卡（Leica）及蔡司（Zeiss）測距經緯儀之測角均可顯示至 1 秒，可得高精度之成果。三角測量作業之方法為將各點位連結成一三角形，藉由兩已知點並測定三內角或由一已知點及已知方位角並測定一邊之基線長及三內角，再以正弦定律求解各邊長以推算各點座標。

2. 「三邊測量」作業方式與三角測量類似，為直接測定各點位間之邊長，再以三角形之半角公式求解各內角以推算各點座標。三角及三邊測量於點位選定時須考量圖形強度，因計算上使用三角函數之正弦，如圖形強度較差，則測角時造成之小誤差將影響計算出之邊長精度甚劇，故於點位選定時須藉由距離角(如圖三)參考強度係數表(如圖四)，計算圖形強度，以減少測角誤差對邊長計算之影響。



圖三 距離角

(資料來源：作者繪製)

	10°	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90°
10°	428	359																					
12	359	295																					
14	315	253	214	187																			
16	284	225	187	162	143																		
18	262	204	168	143	126	113																	
20	245	189	153	130	113	100	91																
22	232	177	142	119	103	91	81	74															
24	221	167	134	111	95	83	74	67	61														
26	213	160	126	104	89	77	68	61	56	51													
28	206	153	120	99	83	72	63	57	51	47	43												
30	199	148	115	94	79	68	59	53	48	43	40	33											
35	188	137	106	85	71	60	52	46	41	37	33	27	23										
40	179	129	99	79	65	54	47	41	36	32	29	23	19	16									
45	172	124	93	74	60	50	43	37	32	28	25	20	16	13	11								
50	167	119	89	70	57	47	39	34	29	26	23	18	14	11	9	8							
55	162	115	86	67	54	44	37	32	27	24	21	16	12	10	8	7	5						
60	159	112	83	64	51	42	35	30	25	22	19	14	11	9	7	5	4	4					
65	155	109	80	62	49	40	33	28	24	21	18	13	10	7	6	5	4	3	2				
70	152	106	78	60	48	38	32	27	23	19	17	12	9	7	5	4	3	2	2	1			
75	150	104	76	58	46	37	30	25	21	18	16	11	8	6	4	3	2	2	1	1	1		
80	147	102	74	57	45	36	29	24	20	17	15	10	7	5	4	3	2	1	1	1	0	0	
85	145	100	73	55	43	34	28	23	19	16	14	10	7	5	3	2	2	1	1	0	0	0	
90	143	98	71	54	42	33	27	22	19	16	13	9	6	4	3	2	1	1	1	0	0	0	
95	140	96	70	53	41	32	26	22	18	15	13	9	6	4	3	2	1	1	0	0	0	0	
100	138	95	68	51	40	31	25	21	17	14	12	8	6	4	3	2	1	1	0	0	0	0	
105	136	93	67	50	39	30	25	20	17	14	12	8	5	4	2	2	1	1	0	0	0	0	
110	134	91	65	49	38	30	24	19	16	13	11	7	5	3	2	2	1	1	1	0	0	0	
115	132	89	64	48	37	29	23	19	15	13	11	7	5	3	2	2	2	1	1				
120	129	88	62	46	36	28	22	18	15	12	10	7	5	3	2	2	2	1					
125	127	86	61	45	35	27	22	18	14	12	10	7	5	4	3	2							
130	125	84	50	44	34	26	21	17	14	12	10	7	5	4	3								
135	122	82	58	43	33	26	21	17	14	12	10	7	5	4									
140	119	80	56	42	32	25	20	17	14	12	10	8	6										
145	116	77	55	41	32	25	21	17	15	13	11	9											
150	112	75	54	40	32	26	21	18	16	15	13												
152	111	75	53	40	32	26	22	19	17	16													
154	110	74	53	41	33	27	23	21	19														
156	108	74	54	42	34	28	25	22															
158	107	74	54	43	35	30	27																
160	107	74	56	45	38	33																	
162	107	76	59	48	42																		
164	109	79	63	54																			
166	113	86	71																				
168	122	98																					
170°	143																						

圖四 圖形強度係數表

(資料來源：張經緯，測量學 (台北市：天佑出版社，民國 85 年)，頁 5-11。)

3. 「三角、三邊混合測量」

近年由於測距經緯儀性能提升，可採取三角、三邊混合測量，藉邊角混合觀測檢查與計算邊長及角度，可免除圖形強度控制之困擾，且因為擁有大量之多餘觀測¹，亦可避免因部分數據或人為紀錄錯誤而須重測之虞，故具備有下列優點²：

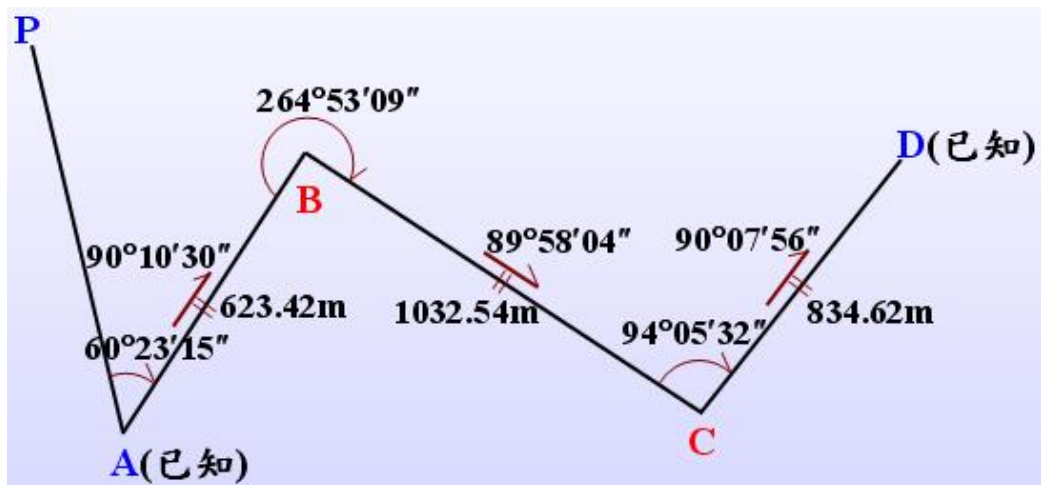
- (1)可提高測量成果之精度。
- (2)可提高測量成果的可靠度。
- (3)具偵測錯誤的能力。
- (4)如某些觀測量有錯誤，因有多餘觀測量可取代之，故可降低重測時之工作量。
- (5)可不須考慮三角網的圖形強度因素。

(二)放射測量

為導線法測量的延伸運用，即經緯儀設置於已知點上，若與各未知點均能通視，則由此已知點放射至其他未知點而直接求取座標、標高之方法。此作法可避免再次移動測站，減少時間的浪費及增加精度（直接求取而無誤差之累積），若能再配合經緯儀的「座標測量」程式，則將大幅提升作業時間及精度。

(三)兩個以上無法通視之已知點

當有兩已知點而無法通視來決定方位角時，使用已知點閉塞導線測量配合座標統一之觀念即可求得精確之方位角，以圖五為例，假設 A、D 皆為控制點，相距約 1.8 公里，且無法通視，故以 A 點為起始點，選定一方位基準點 P 並假設其方位角，使用已知點閉塞導線測至 D 點，計算座標在執行方位角之修正，其要領如下：



圖五 已知點閉塞導線測量
(資料來源：作者繪製)

¹ 張經緯，測量學（台北市：天佑出版社，民國 85 年），頁 5-1。

² 教育訓練暨準則資料庫，軍事測量學，2005 年 6 月 3 日，<

http://mdb.army.mil.tw/Article_Show.asp?ArticleID=3521>（2008 年 6 月 1 日），頁 201。

1. 已知 A(23463.87,49832.56,23.18)、D(22663.92,51502.79,20.08)
2. 計算兩已知點方位角及距離為 $\angle AD=334^{\circ}24'29.14''$ ， $AD=1851.91m$
3. 於 A 點選定一方位基準點 P，假設其方位角為 200° ，並計算出 D 點座標為 D' (22663.92,51502.79,20.08)
4. 利用假設方位角求得之 D 點座標 D' 重新計算方位角及距離為
 $\angle AD'=293^{\circ}34'08.86''$ ， $AD'=1851.92m$
5. 計算方位修正量：
 $\angle AD - \angle AD'=334^{\circ}24'29.14''-293^{\circ}34'08.86''=40^{\circ}50'20.28''$
6. 修正 P 點方位角(假設方位角加方位修正量)：
 $200^{\circ}+40^{\circ}50'20.28''=240^{\circ}50'20.28''$
7. 求得正確之 P 點方位角為 $240^{\circ}50'20.28''$

運用此作業方式即能有效的運用衛控點及水準點等分佈較廣的控制點，惟應注意已知點精度來源是否相同，即應為同一座標系統；餘相關作業要領同導線法作業規定。

二、各種測量方法比較

單以導線法測量及交會法測量雖可完成各項測地任務，但挑選合適之方法作業卻可收事半功倍之效。一般來講，左右測量方法的選擇，影響最直接的是地形，例如在丘陵地形，使用導線法測量雖可完成作業，但選擇三角或三邊測量卻更為迅速；在點位均能通視的情況下，選擇放射法測量也比導線法測量效率上更高出許多。選擇要領可參考表一。

表一 各種測量方法之比較
(資料來源：作者繪製)

區分 方法	使 用 時 機	適 用 地 形	限 制 條 件
導線法測量	點位可到達且導線點間可通視時均可使用	無地形限制	1.導線點間須能通視 2.點位須能到達
放射法測量	點位可到達且由已知點可直接通視兩以上之未知點時	無地形限制	1.已知點須能通視各未知點 2.點位須能到達
交會法測量	欲測定之點位無法到達時	展望良好之地形	1.須能通視 2.基線設置須考量圖形強度
三角測量	1.點位可到達並能通視、地形複雜且需實施閉塞檢查時 2.點位精度要求甚高時 3.測距功能損壞或超過測距範圍時	山區、丘陵地形、制高點或實施閉塞導線測量作業困難之地形	1.須能通視，便於觀測 2.點位設置須考量圖形強度 3.三角形各內角應在30-120度之間
三邊測量	1.配合三角測量作業，增加多餘觀測值以有效檢查精度 2.無法確保水平角精度或測角功能損壞僅能實施測距時	平原或丘陵地形、展望良好之地形	同三角測量

兩已知點不能通視	具備兩相近之已知點，無法通視且無方向線可資利用時	無地形限制	兩已知點精度來源須相同
----------	--------------------------	-------	-------------

肆、測距經緯儀進階程式作業

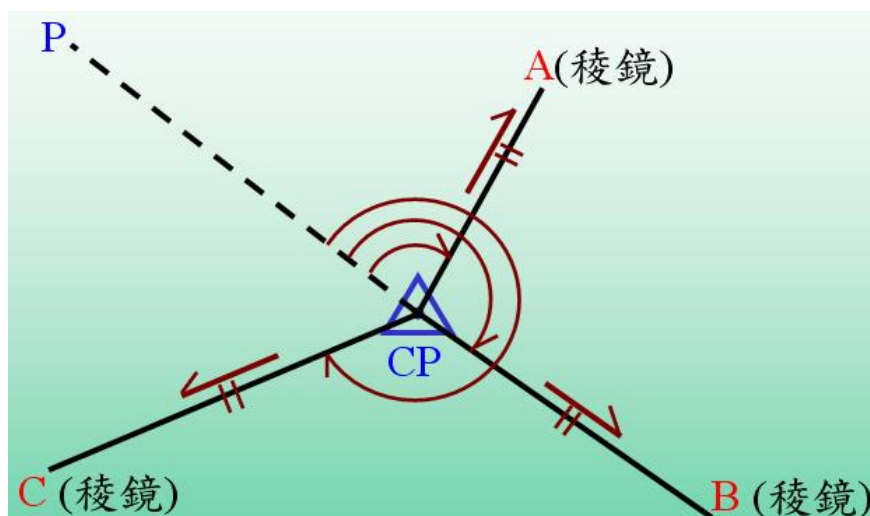
國軍現行使用之測距經緯儀，均屬「全測站」功能，其內建的進階程式除可運用於一般的測地作業，更可涵蓋軍、民測量領域之相關作業，且具備減少時間、簡化方法與增加精度之優點。惟目前部隊測地人員多便宜行事，僅偏重基本功能，而忽視進階程式之運用。

一、進階程式功能

目前砲兵部隊現有之萊卡測距經緯儀（TPS-700）及蔡司測距經緯儀（Elta-13），除一般測角測距功能外，內部程式均具備整合相關測量公式而成的進階功能，如「座標測量」、「反交會測量（自由測站）」、「對邊測量」、「面積測量」、「放樣」等，其中「對邊測量」、「面積測量」、「放樣」較偏屬民間工程測量及工兵測量作業之領域，而「座標測量」、「反交會測量（自由測站）」等，均可使用於砲兵測地任務，惟操作手冊與教材內皆未深入探討。特將「座標測量」、「反交會測量（自由測站）」之功能操作方法及作業要領，分述如後：

(一)「座標測量」程式

為將座標計算、標高計算之公式整合於器材，使測量過程中所得之諸元透過公式計算直接求得成果，免除人員計算所耗費之時間及避免計算錯誤。此方法如配合放射法測量，則將大幅減少作業時間及增加作業精度。其作業要領（如圖六）：將儀器整置於一已知點(CP)上，賦予方位基準(P)，利用導線法之方式測得與求點(A、B、C)間之水平夾角、天頂角及距離，經由儀器內部計算直接求得未知點(求點)之座標及標高。



圖六 座標測量配合放射法測量示意圖
(資料來源：作者繪製)

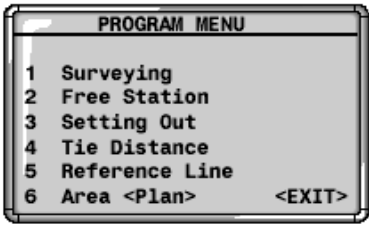
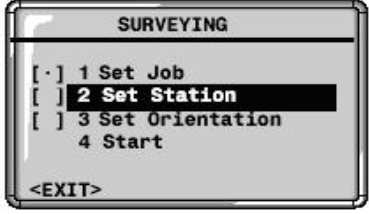
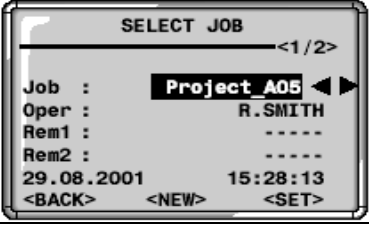
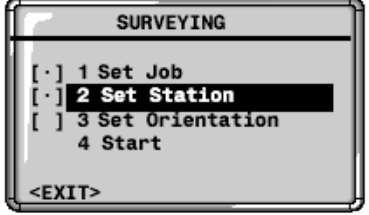
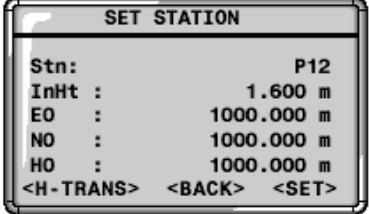
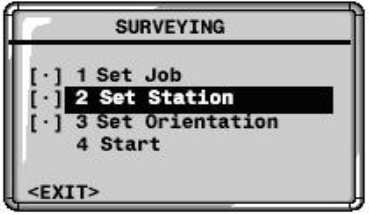
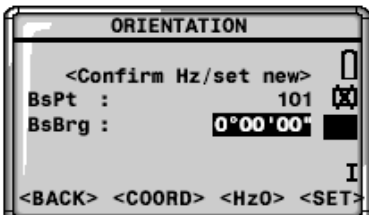
1. 程式操作要領

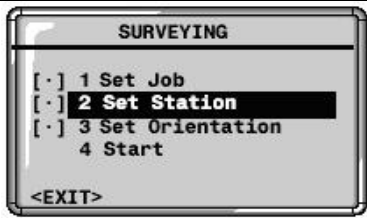
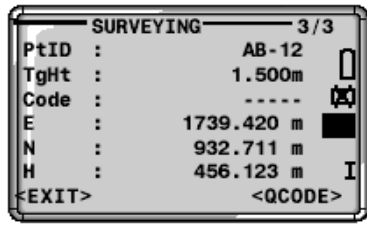
操作要領如表二、三：

表二 蔡司測距經緯儀「座標測量」程式操作要領
(資料來源：作者參考蔡司操作手冊整理繪製)

步驟	顯示畫面	說明
1		由主目錄選擇 COORDINATES/STAT.KNOWN POINT 進入測站諸元輸入子程式
2		移動游標上、下可選擇測站(移動游標左、右可顯示測站諸元，欲新增點位則選擇 Inp)
3		選擇 INPUT OF BEARING 輸入已知方位角 ※程式執行前需對標定點完成度盤歸零始可設定
4		1. 輸入方位角後按 ENT 鍵設定點位名稱。 2. 完成後按 ENT 鍵進入已知諸元確認畫面。 3. 確認無誤後選擇 YES。
5		1. 完成後回到初始選單選擇 DETAIL POINTS 進入「座標測量」程式。 2. 按 ENT 鍵進入確認測站諸元畫面。
6		1. 確認無誤後選擇 YES 實施標定。 2. 標定完成後按下 ENT 鍵進行測量作業
7		待距離量測完畢後即得座標、標高(如將紀錄模式設定成 R-C 則可直接儲存點位)

表三 萊卡測距經緯儀「座標測量」程式操作要領
(資料來源：作者參考萊卡操作手冊整理繪製)

步驟	顯示畫面	說明
1		按  鍵進入應用程式畫面，選擇 1 Surveying 進入「座標測量」程式
2		選擇 Set Job 設定工作資料夾
3		選擇工作資料夾，如欲新增則選擇 NEW
4		選擇 Set Station 設定測站
5		選擇 SET 設定測站或重新輸入諸元 Stn：測站名稱 InHt：儀器高 EO、NO、HO：測站諸元
6		選擇 Set Orientation 設定方位角
7		輸入已知方位角 BsBrg 後選擇 SET

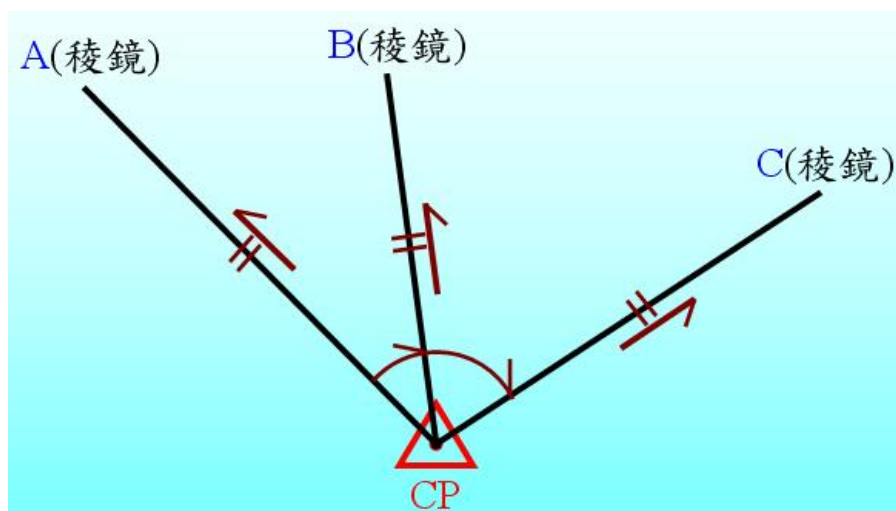
8		選擇 Start 開始實施測量
9		標定點位後按 DIST 測距，即可於第 3 頁顯示座標、標高；按 ALL 可將點位儲存，點位名稱可於 PtID 修改

2.注意事項

- (1)使用蔡司測距經緯儀之「座標測量」程式時，應注意資料紀錄模式是否設定為 R-C（僅紀錄計算值），否則將無法自動儲存而須手動新增點位資料，徒增作業時間。
- (2)使用蔡司測距經緯儀執行「座標測量」程式前，須對標定點完成度盤歸零設定，始可於程式執行時正確設定起始方位角。
- (3)使用「座標測量」程式建議搭配放射法測量實施作業可大幅節省時間及增加精度。
- (4)蔡司測距經緯儀座標制可設定為「X、Y、Z」，較符合我軍砲兵座標判讀及書寫方式，惟萊卡座標制僅可設定為「N、E、Z」，即「北緯、東經、標高」，故於使用上應特別注意。

(二)「反交會測量(自由測站)」程式

為使反交會法計算公式整合於器材（如圖七），將儀器整置於一未知點(CP)上，分別對已知點 A、B、C 測定其位置(含距離及其水平角、天頂角諸元)，經由儀器內部使用反交會計算，求得測站點位座標及標高。



圖七 反交會測量示意圖
(資料來源：作者繪製)

1. 程式操作要領

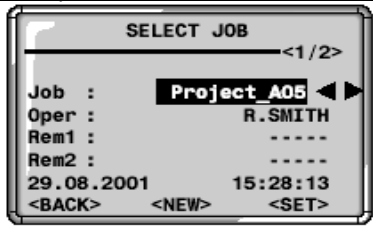
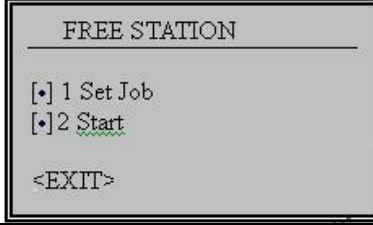
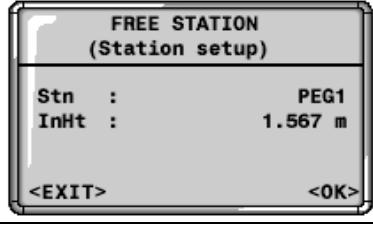
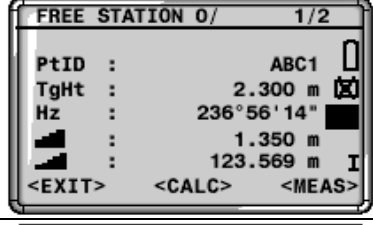
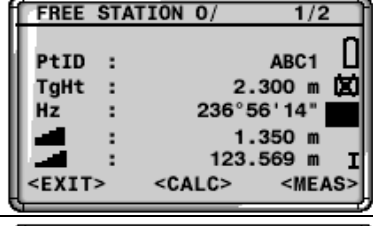
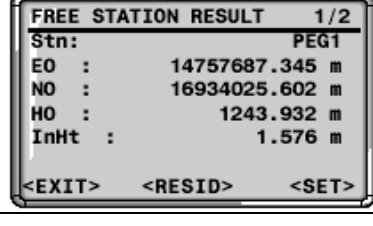
操作要領如表四、五：

表四 蔡司測距經緯儀「反交會測量（自由測站）」程式操作要領
(資料來源：作者參考蔡司操作手冊整理繪製)

步驟	顯示畫面	說明
1		由主目錄選擇 COORDINATES/FREE STATIONING 進入「反交會測量」程式
2		設定欲儲存之測站名稱為 CP
3		選擇第一個已知點位(相關操作同「座標測量」步驟 2)
4		標定第一個已知點並按 ENT 鍵實施測量
5		選擇第二個已知點位
6		標定第二個已知點並按 ENT 鍵實施測量
7		完成後選擇 ADJUSTMENT 計算成果(如有第三個以上之已知點則選擇 NEXT BACKSIGHT POINT 繼續測量)
8		得測站座標及標高，選擇 YES 儲存點位(須先將紀錄模式設定成 R-C)

表五 萊卡測距經緯儀「反交會測量（自由測站）」程式操作要領
(資料來源：作者參考萊卡操作手冊整理繪製)

步驟	顯示畫面	說明
1		按 PROG 鍵進入應用程式畫面，選擇 2 Free Station 進入「反交會測量」程式
2		選擇 Set Job 設定工作資料夾

3		選擇工作資料夾，如欲新增則選擇 NEW
4		選擇 Start 開始實施測量
5		設定測站編號及儀器高 Stn：測站名稱 InHt：儀器高
6		標定已知點後，設定該已知點名稱(PtID)，選擇 MEAS 完成測量
7		重覆步驟 6 2-5 次(視已知點數量決定)，完成後選擇 CALC 計算成果
8		得測站座標、標高，選擇 SET 儲存點位

2.效益評估

「反交會法測量」目前未列入本校測地教學，致測地人員較為陌生，惟現行測距經緯儀皆內建「反交會測量（自由測站）」程式，可經由簡單之操作，即可自動計算成果，故無須特別訓練，僅納入人員程式操作訓練即可。實地測試之結果（如表六），相關數據提供參考。

表六 反交會測量（自由測站）測試結果
（資料來源：作者繪製）

測試編號	作業距離	器材	誤差值	要圖示意
1	A：406.549	Z	Dx:0.02 Dy:0.004 Dh:0.27	
	B：359.529		L	
	C：127.916			
2	A：65.235	Z	Dx:0.009 Dy:0.004 Dh:0.002	
	B：367.980		L	
	C：277.377			
3	A：38.937	Z	Dx:0.04 Dy:0.02 Dh:0.2	
	B：161.353		L	
	C：-----			
4	A：80.652	Z	Dx:0.15 Dy:0.09 Dh:0.30	
	B：121.532		L	
	C：56.332			
5	A：241.259	Z	Dx:0.05 Dy:0.08 Dh:0.30	
	B：65.245		L	
	C：-----			
備考	一、Z 為蔡司測距經緯儀;L 為徠卡測距經緯儀。 二、測站與求點之座標均由定位定向系統使用 4 分鐘零速更新測得，閉塞差於標準值內(座標小於 3 公尺、標高小於 1 公尺)。 三、誤差值為器材所測得座標與系統測得座標之差值。 四、標高之計算未考量器材高及覘標高。 五、單位：公尺。			

由測試結果可得以下之分析：

- (1)測試結果座標徑誤差小於 3 公尺，標高誤差小於 1 公尺，均達測量班使用導線法作業建立測地基準點作業之標準³，所求得之點位精度達砲兵要求。

³ 國防部陸軍司令部，野戰砲兵測地訓練教範下冊(桃園：國防部陸軍司令部，民國 95 年)，頁 8-18。

- (2)標定點距離較遠，經緯儀標定較精確；距離近，標定時較容易產生誤差，如測試編號 1、2，座標之誤差較 3、4、5 為高。
- (3)已知點精度來源相同，僅有 2 點亦可執行，且精度不受影響，如測試編號 3、4。

3.注意事項

- (1)使用「反交會測量（自由測站）」程式時，已知點座標精度來源應相同。例如已知點同時存在舊三角點及衛星控制點，因誤差來源不同，將導致求得之測站座標產生較大誤差。
- (2)藉由「反交會測量（自由測站）」程式所求得之點位座標，如欲擴張，則應驗證其精度是否達擴張標準後方可實施。
- (3)執行「反交會測量（自由測站）」程式時，標定之已知點至少需二個，最多可至五個。

二、進階程式之比較

測距經緯儀進階程式使用之時機、地形及限制條件，如表七。

表七 進階程式之比較
(資料來源：作者繪製)

方法	區分	使用時機	適用地形	限制條件
座標測量		配合導線法或放射法測量作業	無地形限制	無限制條件
反交會測量 (自由測站)		1.點位可到達且於未知點上可視兩以上之已知點時 2.已知點間無法通視時	無地形限制	已知點精度來源須相同
對邊測量		屬民間工程測量及工兵測量作業之領域		
面積測量				
放樣				

伍、配合定位定向系統之作業

在砲兵各項測地任務中，測距經緯儀不僅可連線定位定向系統作業，且在系統無法有效支援或任務負荷過重時，可藉由測距經緯儀優異之功能，選用適切有效之測量方法，達成測地任務。測距經緯儀可配合定位定向系統之作業，列舉如後：

一、定位定向系統無法到達之點，藉由「反交會測量（自由測站）」程式求取：

對於系統無法到達之點位，可於距該點位 300 公尺內，利用系統放列 2-3 個已知點，再使用經緯儀於求點上使用「反交會測量（自由測站）」程式求得。例如有系統之砲兵營在執行全部測地時，前地組人員可使用此法求取觀測所座標或實施成果檢查等。

二、放射法測量配合測距經緯儀之「座標測量」程式：

使用放射法測量可節省時間及提高精度，如再配合測距經緯儀之「座標測量」程式，則更能節省人工計算時間及減少人為計算錯誤。例如有定位定向系統之砲兵營在執行全部測地時，系統作業至陣地，設置一已知

點並賦予方位地線，即可使用測距經緯儀執行「座標測量」程式配合放射法，直接測定各陣地中心或各砲位之座標、標高。

三、運用兩以上無法通視已知點之測量方法定方位角：

目前國家控制點(衛控點、水準點)僅公佈精確之座標及標高，而未提供定向方位角，故運用測距經緯儀時，須找尋另一可通視之控制點，利用兩已知點決定方位角，惟目前控制點點位分佈較廣，且多受地形、地物之影響，常無法通視，致雖有精確之座標、標高，而無方位角可資利用，故須利用兩以上無法通視已知點之測量方法求得方位角。

四、使用經緯儀之進階功能建立訓練場或檢查測地成果：

各部隊為落實駐地訓練，須於營區內或駐地附近建立小型測地訓練場，基於測地場僅為實距離之 1/10，為建立具公信力之精度評分標準，實無法全然使用定位定向系統建立，須採系統建立測地統制點與方位統制線後，再使用測距經緯儀之進階功能建立細部成果。另於測地任務檢查成果時，亦可運用測距經緯儀之「座標測量」或「反交會測量（自由測站）」程式實施，可獲節省作業時間之利。

五、使用三角(三邊)測量建立測地基準點：

軍團砲兵建立測地基準（統制）點時，因考量精度要求，通常由定位定向系統建立開始點與方位地線，再由測量班使用閉塞導線測量以檢查精度並實施閉塞修正，如遇丘陵或複雜地形時，則不利閉塞導線測量，此時可採三角(三邊)測量，俾減少作業時間及求得更高之精度。如三角網圖形強度不佳時，則可改採「三角、三邊混合測量」，亦可達成預期之作業精度。

陸、結語

野戰砲兵目前測地作業採「定位定向系統為主、測量組為輔」，系統除可連線測距經緯儀放射外，亦可配合測量組作業，形成「長短相輔、密切配合」，並充分發揮高度作業彈性。惟系統使用已逾 11 年，故障或功能受限之情況無可避免，測地人員實應善用測距經緯儀之進階功能，並配合適切之測量方法，以取代或配合定位定向系統作業，達成砲兵測地「減少作業時間、簡化作業方法、增大作業能量及提高作業精度」之要求⁴。

⁴ 耿國慶，「砲兵測量用紅外線測距經緯儀性能需求研究」，陸軍砲兵學術雙月刊(台南)，第 74 期，頁 76。

參考資料

- 一、教育訓練暨準則資料庫。軍事測量學。2005 年 6 月 3 日。＜
http://mdb.army.mil.tw/Article_Show.asp?ArticleID=3521>（2008 年 6 月 1 日）。
- 二、張經緯。測量學。台北市：天佑出版社，民國 85 年。
- 三、REC ELTA-13 電子光波測距經緯儀操作及維護手冊。台北市：台灣儀器股份有限公司，民國 86 年。
- 四、侯嚴仁編。萊卡 TPS-700 全測站儀單位裝備操作手冊。台北縣：宏遠儀器有限公司，民國 96 年 12 月。
- 五、國防部陸軍司令部。野戰砲兵測地訓練教範下冊。桃園：國防部陸軍司令部，民國 95 年。
- 六、耿國慶。「砲兵測量用紅外線測距經緯儀性能需求研究」。陸軍砲兵學術雙月刊（台南），第 74 期，頁 76。

作者基本資料

陳天祐上尉，指職軍官班 51 期，經歷：教官，現任陸軍飛彈砲兵學校目標組教官，通訊地址：台南永康郵政 90681 附 10 號信箱，軍線：934134