

析論運用「座標測量」執行砲兵營測地

作者：陳見明

提要

- 一、「定位定向系統」執行砲兵營測地作業已成為主流，然筆者觀察年度防區測地，發現部分砲兵部隊如遇「定位定向系統」妥善狀況不佳需要維修，砲兵部隊進訓基地時，即改採「無定位定向系統」（導線法、交會法）方式執行測地作業。
- 二、筆者鑒於 105 年度基地觀摩見學課程期間，已發現少數部隊開始運用徠卡測距經緯儀以「座標測量」方式實施砲兵營測地，惟就學理而言，「座標測量」屬導線測量範疇，至於兩者差異、座標測量取代導線測量之可行性，甚至座標測量運用之特殊規範等，實為值得深入探討之課題。

關鍵詞：測距經緯儀、座標測量、砲兵營測地

前言

「定位定向系統」執行砲兵營測地作業已成為主流，惟筆者年度防區測地驗證中發現砲兵部隊如遇「定位定向系統」妥善狀況不佳需要維修時，進訓基地時即改採「無定位定向系統」（導線法、交會法）方式執行測地作業。筆者於 105 年度基地觀摩見學課程期間，已發現少數部隊開始運用徠卡測距經緯儀以「座標測量」方式實施砲兵營測地，惟就學理而言，「座標測量」屬導線測量範疇，至於兩者差異、「座標測量」取代導線測量之可行性，甚至「座標測量」運用之特殊規範等，實為值得深入探討之課題。本文研究之目的，係藉筆者於基地觀摩見學課程所見事項及組內教學經驗，探討「座標測量」能否有效運用於砲兵營測地作業，並期能提供砲兵測量同仁不同思維，以利基地鑑測、戰備演訓及防區測地作業遂行。

砲兵營、連測地作業

砲兵營測地目的乃在決定火炮、觀測所與各目標之水平與高低關係位置，供射擊指揮運用，並提供火炮、觀測器材、雷達等，射向賦予及器材定向所需之有關資料。¹

一、砲兵營、連測地要項

- （一）測定各砲兵連（排）陣地中心或砲位之座標、標高與射向方位角。
- （二）測定觀測所之座標、標高與方位基準點（S）方位角。
- （三）測定目標（檢驗點與抄圖點）之座標、標高。

¹ 《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（下冊）（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，99 年 11 月 10 日），頁 7-1。

(四) 於砲兵連(排)陣地內，設置及測取「方向基線」求算方向基角，供火砲賦予射向。

(五) 依要求協助受支援部隊 120 (42) 迫砲排，實施陣地測地。

(六) 設置磁偏校正站，供所屬單位校正方向盤、指北針及雷觀機。

(七) 依營長指示測量其他位置，如雷達站、氣象台、預備陣地、臨時陣地。²

二、砲兵營、連測作業方式

無定位定向系統砲兵營之全部測地，區分為前地測地、陣地測地及連接測地等三部份(如圖一、二)，由營部連與砲兵連測量班人員合併編組實施。³通常前地作業範圍由兩觀測所測至前地檢驗點及各要點止，連接測地作業範圍由測地統制點開始測至兩觀測所止，陣地測地作業範圍由測地統制點開始測至陣地基線一端正止，分述如后。

(一) 前地測地：目的在測定前地檢驗點、目標與主觀測所之水平、高低關係位置，提供計算目標位置、砲檢方位角、觀測所觀目(檢)諸元賦予射擊指揮所及觀測人員操作使用。⁴因應戰場環境變化又可區分兩觀測所可通視與不可通視兩種作業模式，區分如次。

1. 兩觀測所可通視：前地組人員至觀測所後依交會法測量要領實施(如圖三)，惟主觀測所至檢驗點及各要點，須加測高低角，以利計算標高。

2. 兩觀測所不可通視：前地組人員至兩觀測所後，分別標定方位基準點(S1、S2)歸零後，測取至檢驗點(⊕)及各要點(T1、T2)之水平角及高低角(如圖四)，並記錄數據後完成作業。

(二) 連接測地：目的在使前地測地與陣地測地納入統一之座標系統，⁵通常連接測地由測地統制點起始作業，按導線法作業方式實施(如圖五、六)，需測取各站間之水平角、距離及天頂角並紀錄之。

(三) 陣地測地：目的在測定各火砲陣地中心(重型火砲砲位)與統制點(或連接點)之水平、高低關係位置，並設置方向基線，計算方向基角，供火砲賦予射向使用。⁶通常陣地測地由測地統制點起始作業，按導線法或放射線法作業方式實施(如圖七、八)，需測取各站間之水平角、距離及天頂角並紀錄之，惟陣地至選擇點到方向基線一端，以角導線方式實施僅需測水平角，以利誘導方向基線方位角。

²同註 1，頁 7-8。

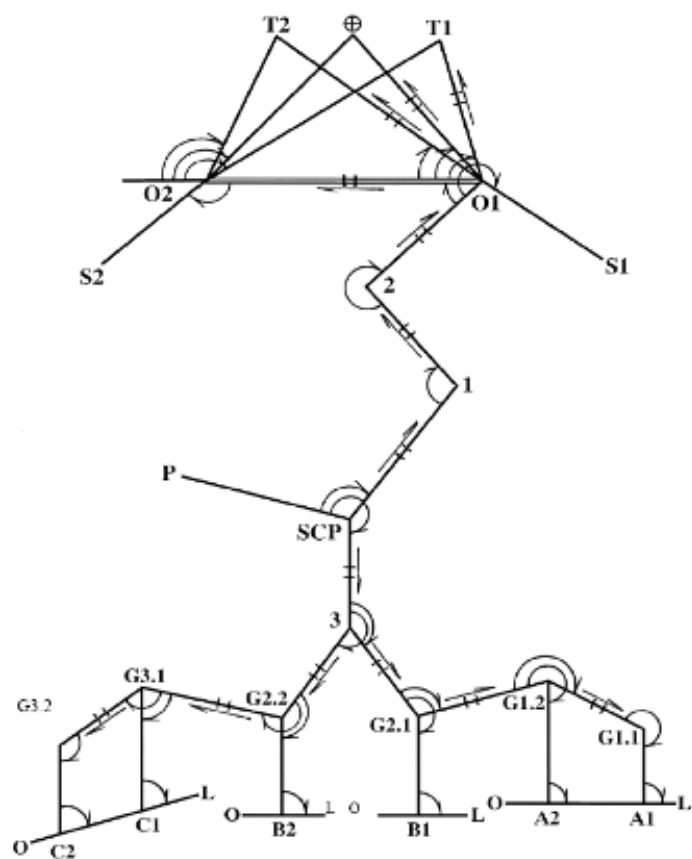
³同註 1，頁 7-10。

⁴同註 1，頁 7-14。

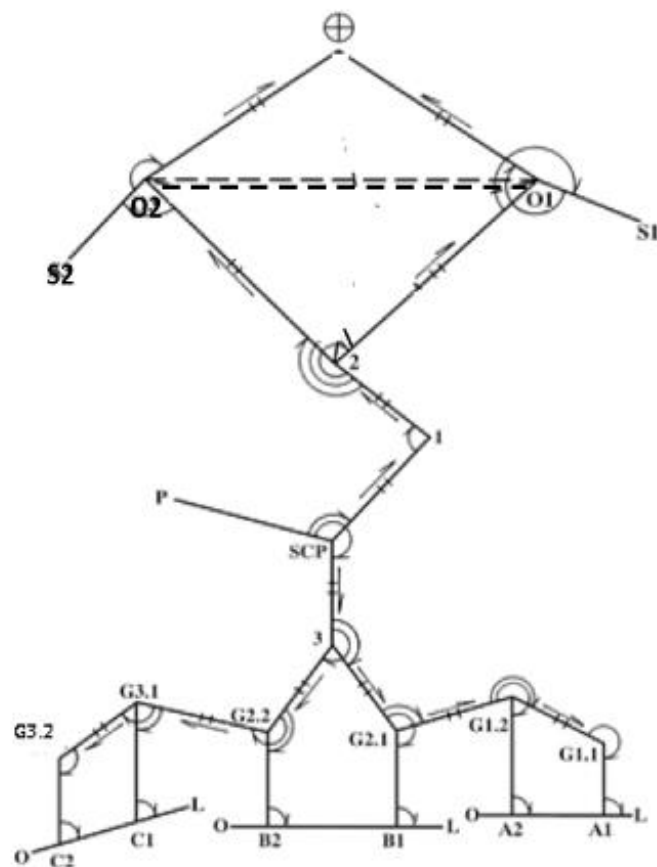
⁵同註 1，頁 7-27。

⁶同註 1，頁 7-22。

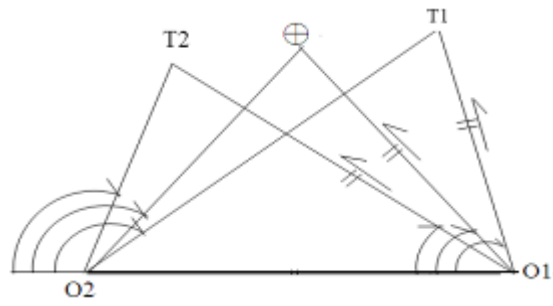
圖一 兩觀測所可通視之砲兵營測地作業草圖



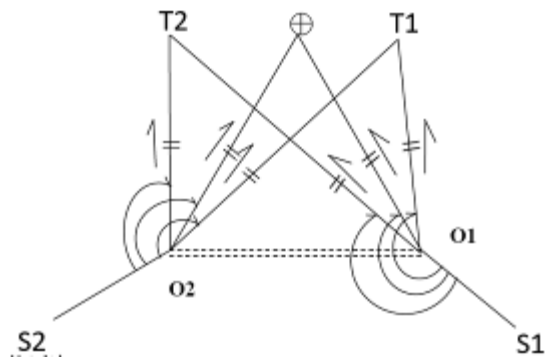
圖二 兩觀測所不通視之砲兵營測地作業草圖



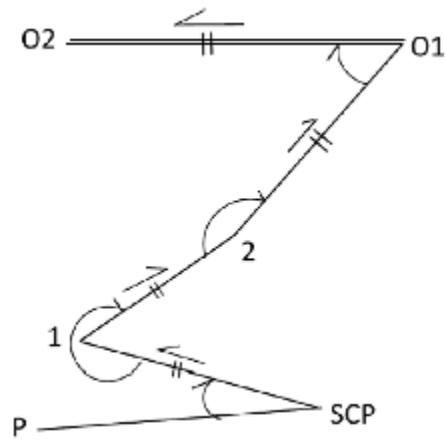
圖三 兩觀測所通視之作業草圖



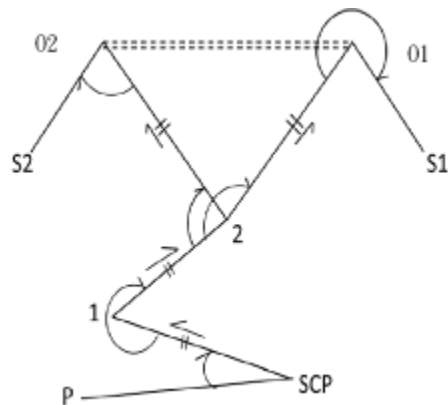
圖四 兩觀測所不通視之作業草圖



圖五 連接測地作業草圖(兩觀可通視)

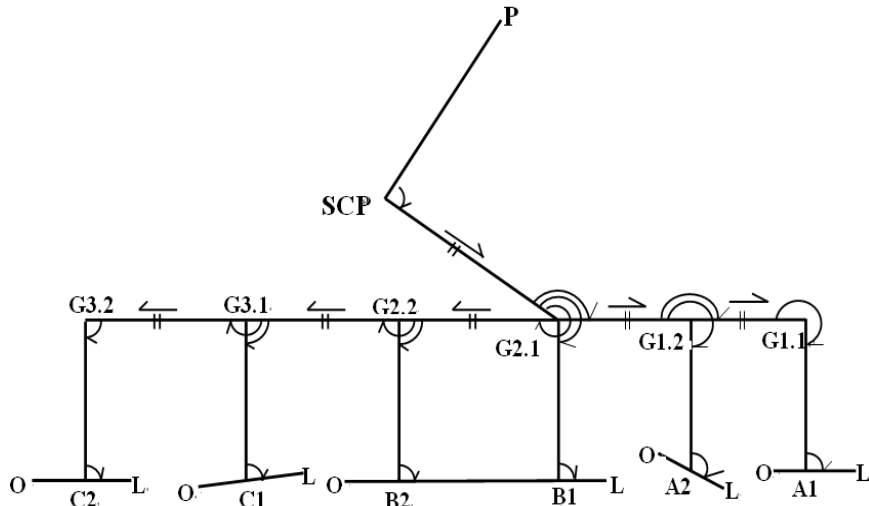


圖六 連接測地作業草圖(兩觀不可通視)



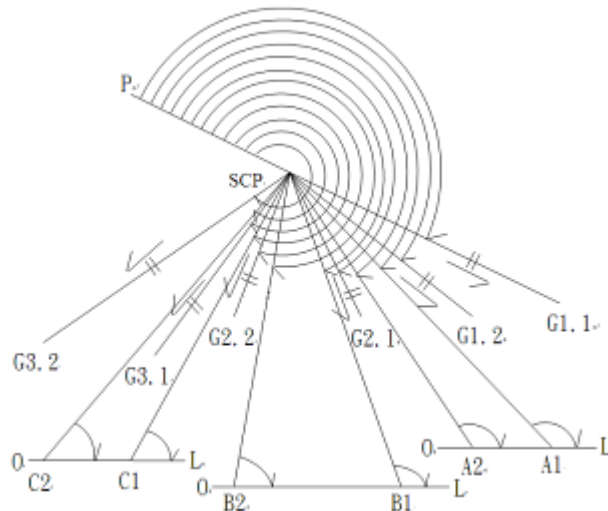
資料來源：圖一至圖六為筆者自繪

圖七 導線法陣地測地作業草圖



資料來源：《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（下冊）（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，99 年 11 月 10 日），頁 7-25。

圖八 放射法陣地測地作業草圖



資料來源：《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（下冊）（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部印頒，99 年 11 月 10 日），頁 7-26。

三、成果整理

測地作業完成後須實施成果整理，通常將營測量班編成 2 至 3 組，使用電算機程式（對數表）同時計算砲兵營全部測地成果，再填入測地成果表內分發運用，惟使用對數表實施計算方式耗時較久，其計算方式已詳列於準則中不再贅述。筆者針對組內研發之野戰砲兵測程式(FASP)，關於前地作業計算，有別於現行全部測地計算程式實施介紹，區分兩觀測所可通視與不可通視兩種模式，說明如次。

（一）兩觀測所可通視操作程序

- 1.待連接組算出兩觀測所諸元，O1、O2 之座標及標高。
- 2.前地組以交會法作業測得左、右觀測所至前地檢驗點及各要點之水平角（右觀測所測內角、左觀測所測外角），主觀測所需加測高低角。

3.將上述成果輸入野戰砲兵測地程式（如圖九），選擇 1.SURVERYING（3）INTERSECTION FOR PADS 中（1）INTER-VISIBLE 即進入程式，依序輸入右觀測所 O（R）及左觀測所 O（L）座標、標高後，系統立即完成計算，並顯示兩觀測所基線長及基線方位角。

4.接續輸入右觀測所之水平角 $\angle A(R)$ 、高低角 $\angle V(R)$ 及左觀測所之水平角 $\angle A(L)$ 、高低角 $\angle V(L)$ 後，系統立即完成計算，並顯示左、右觀測所與檢驗點、前地要點距離、方位角及座標、標高。

5.若要繼續計算 T1 及 T2 諸元，則於繼續欄位輸入 YES 後，僅需再輸入左、右觀測所至 T1 或 T2 之水平角 $\angle A(R)$ 、高低角 $\angle V(R)$ 即可求得所需諸元。

圖九 砲兵營測地程式-兩觀測所可通視

```
砲兵營測地程式交會法-可通視
(1)NEW (2)CONTINUE (3)INTERSECTION FOR PADS (4)EXIT? > 3
===INTERSECTION FOR PADS===
(1)INTER-VISIBLE (2)NOT INTER-VISIBLE (3)EXIT? > 1
Input 1 read.
O(R) X=22768.26
Input 22768.260000 read.
Y=37991.58
Input 37991.580000 read.
H=25.53
Input 25.530000 read.
O(L) X=22943.28
Input 22943.280000 read.
Y=37873.96
Input 37873.960000 read.
H=23.72
Input 23.720000 read.
O(R)-O(L)=934.16
O(R)-O(L)=3008.03 (169°12'5.504")
R(R)=1436
Input 1436.000000 read.
U(R)=38
Input 38.000000 read.
R(L)=2235
Input 2235.000000 read.
U(L)=28
Input 28.000000 read.
L=1385.38, R=1873.65
O(R)-TARGET=4444.03 (249°58'35.504")
O(L)-TARGET=5243.03 (294°55'13.004")
MEAN = (21759.51, 37623.96, 53.26)
CONTINUE? (Y/n)
```

資料來源：筆者自製

（二）兩觀測所不可通視操作程序

1.待連接組算出兩觀測所諸元 O1、O2 之座標及標高，並藉方位誘導方式求得 S1、S2 方位基準點方位角。

2.測量組依前地不可通視作業要領，測得左、右觀測所由方位基準點(S1、S2)至前地檢驗點及各要點之水平角及高低角。

3.將上述成果輸入野戰砲兵測地程式（如圖十），選擇 1.SURVERYING（3）INTERSECTION FOR PADS 中（2）NOT INTER-VISIBLE 即進入程式，依序輸入右觀測所 O（R）及左觀測所 O（L）座標、標高及方位基準點方位角 S1、S2 後，

系統立即完成計算，並顯示兩觀測所基線長及基線方位角。

4.接續輸入右觀測所之水平角 $\angle A(R)$ 、高低角 $\angle V(R)$ 及左觀測所之水平角 $\angle A(L)$ 、高低角 $\angle V(L)$ 後，系統立即完成計算，並顯示左、右觀測所與檢驗點、前地要點距離、方位角及座標、標高。

5.若要繼續計算 T1 及 T2 諸元，則於繼續欄位輸入 YES 後，僅需再輸入左、右觀測所至 T1 或 T2 之水平角 $\angle A(R)$ 、高低角 $\angle V(R)$ 即可求得所需諸元。

圖十 砲兵營測地程式-兩觀測所不可通視

```
砲兵營測地程式交會法-不可通視
===INTERSECTION FOR PADS===
<1>INTER-VISIBLE <2>NOT INTER-VISIBLE <3>EXIT? > 2
Input 2 read.
O(R) X=22768.26
Input 22768.260000 read.
Y=37991.58
Input 37991.580000 read.
H=25.53
Input 25.530000 read.
<S(R)=1694
Input 1694.000000 read.
O(L) X=22943.28
Input 22943.280000 read.
Y=37073.96
Input 37073.960000 read.
H=23.72
Input 23.720000 read.
<S(L)=140
Input 140.000000 read.
140.00 <1>MIL <2>DEG 1
O(R)-O(L)=934.16
<O(R)-O(L)=3008.03 (169°12'5.504")
<A(R)=2750
Input 2750.000000 read.
<U(R)=30
Input 30.000000 read.
<A(L)=5103
Input 5103.000000 read.
<U(L)=20
Input 20.000000 read.
L=1305.29, R=1073.67
<O(R)-TARGET=4444.00 (249°58'30.000
<O(L)-TARGET=5243.00 (294°55'7.500"
MEAN = (21759.50, 37623.92, 53.26)
CONTINUE? <Y/n>
```

資料來源：筆者自製

運用「座標測量」作業

「座標測量」運用於砲兵營測地與現行砲兵營測地作業方式各有其獨特與差異性，「座標測量」作業方面，需於測地統制點（SCP）輸入該點精確之座標及標高，再標定測角基準點（P）輸入方位統制線方位角資料後，按導線法「座標測量」作業要領實施，測至陣地及前地檢驗點及各要點止，再藉電算機實施成果計算，以求算檢驗點及前地各要點座標及標高，其運用方式及要領敘述如次。

一、座標測量

（一）座標測量介紹

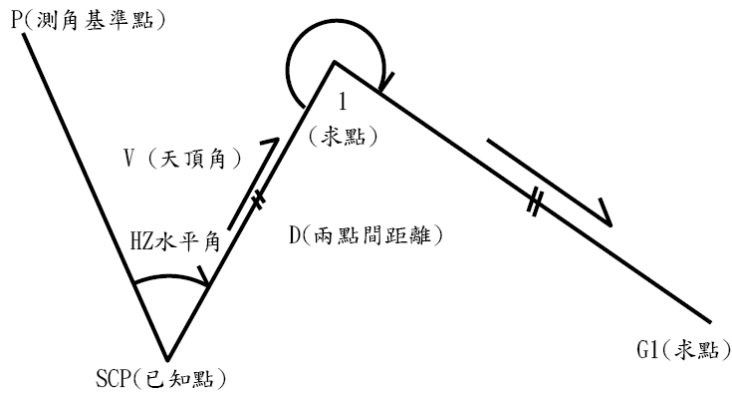
於一已知點上整置儀器，並運用導線法作業方式，以求得測站與求點間之方位角、距離及天頂角，再藉儀器內部計算，獲得求點之座標及標高，此方式

稱之為座標測量，區分導線法座標測量及放射法座標測量兩種。⁷運用於砲兵營連測地作業時常用導線法座標測量，若某一測站可同時通視各連（排）陣地或選擇點時可採用放射法座標測量。

（二）導線法座標測量操作程序（如表一）

將測距經緯儀整置於已知點（SCP）上，輸入該點座標、標高後，將望遠鏡十字刻劃標定已知測角基準點（P）並輸入精確之方位角，轉動測距經緯儀測至 A 點按下「DIST」鍵，測得 SCP-1 之方位角、距離、天頂角及顯示 1 點座標及標高，再按「ALL」鍵實施紀錄；再將測距經緯儀變換至 1 點實施整置後，選取 1 點座標、標高，標定 SCP 點並裝定後覘視點方位角測至 G1 點，測得 1-G1 間方位角、距離及天頂角後，再經由徠卡測距經緯儀內部計算，逐點求得 1 及 G1 點之座標及標高，此方式稱為導線法座標測量(如圖十一)，通常運用於砲兵營、連測地作業之連接及陣地測地。

圖十一 導線法「座標測量」作業草圖

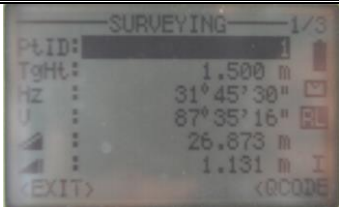
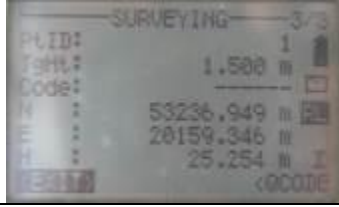
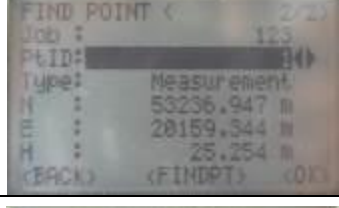
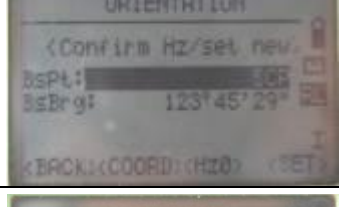
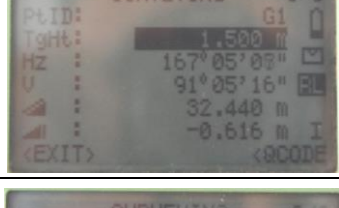
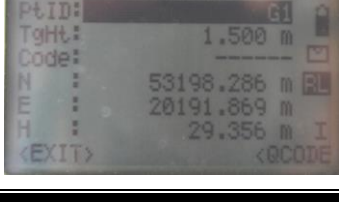


資料來源：筆者自製。

表一 導線法座標測量操作程序表

項次	徠卡測距經緯儀輸入步驟	徠卡測距經緯儀圖片
一	將測距經緯儀整置於已知點（SCP）上，輸入該點座標、標高	
二	已知測角基準點(P)並輸入精確之方位角	

⁷《陸軍徠卡 TPS-700 系列測距經緯儀操作手冊（第一版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 98 年 10 月 12 日），頁 4-1。

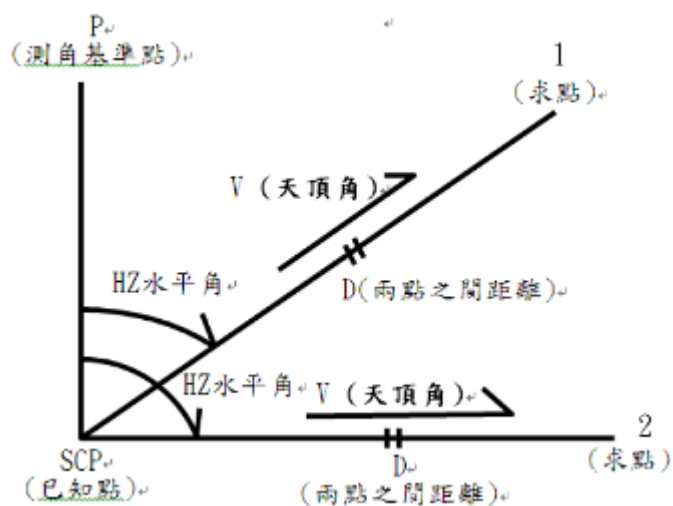
三	測得 SCP-1 之方位角、距離、天頂角	
四	顯示 1 點座標及標高	
五	選取 1 點座標、標高	
六	標定 SCP 點並裝定後覘視點方位角	
七	測得 1-G1 間方位角、距離及天頂角	
八	顯示 G1 點之座標及標高	

資料來源：筆者自製

(三) 放射法座標測量操作程序（如表二）

將測距經緯儀整置於已知點（SCP）上，輸入該點座標、標高後，將望遠鏡十字刻劃標定已知測角基準點(P)並輸入精確之方位角，轉動測距經緯儀測至求點（1、2）按下「DIST」鍵，測得 SCP-（1、2）間之方位角、距離及天頂角，再經由徠卡測距經緯儀內部計算求得 1、2 點之座標及標高，再按「ALL」鍵實施紀錄，此種方法稱之為放射法座標測量（如圖十二），通常運用於砲兵營、連測地作業之陣地測地，但須於某一測站可同時通視各連、排陣地中心或選擇點時方可使用。

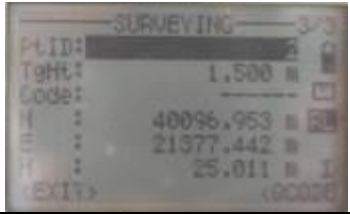
圖十二 放射法座標測量作業草圖



資料來源：筆者自製

表二 放射法座標測量操作程序表

項次	徠卡測距經緯儀輸入步驟	徠卡測距經緯儀圖片
一	將測距經緯儀整置於已知點 (SCP) 上，輸入該點座標、標高	
二	已知測角基準點(P)並輸入精確之方位角	
三	測得 SCP-1 之方位角、距離、天頂角	
四	顯示 1 點座標及標高	
五	測得 SCP-2 之方位角、距離、天頂角	

六	顯示 2 點座標及標高	
---	-------------	--

資料來源：筆者自製

二、運用座標測量於砲兵營、連測地作業要領

筆者因 105 年基地觀摩課程，經與測地裁判官意見交流瞭解，「座標測量」運用現已列入基地鑑測輔導資料中，藉此介紹其作業方式提供參考。

（一）前地與連接測地作業

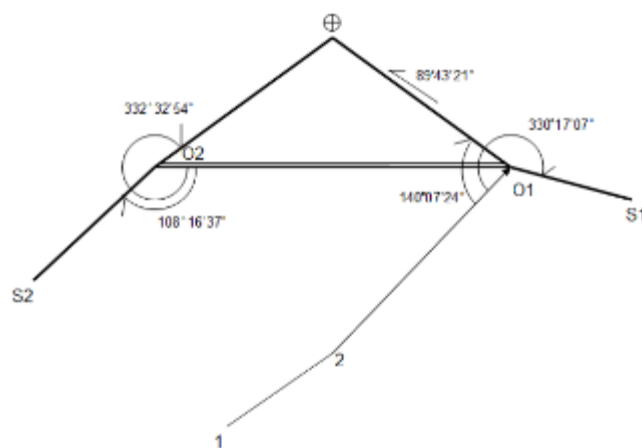
砲兵營測地作業通常由測地統制點（SCP）開始，往前地方向實施作業，按導線法座標測量作業要領實施求得兩觀測所座標及標高後，再測至前地檢驗點或各要點止，藉電算機小程式實施前地成果計算，以求算前地檢驗點及各要點座標及標高，可區分為兩觀測所可通視與不可通視兩種模式，說明如次。

1. 兩觀測所可通視

（1）測量組依導線法座標測量作業要領，分別測取兩觀測所座標、標高及兩觀測所至檢驗點或各要點之水平角及天頂角與至 S1、S2 之水平角(如圖十三)。

（2）再藉電算機實施成果計算，以求算前地檢驗點或各要點座標、標高及方位基準點方位角。

圖十三 兩觀測所可通視「座標測量」作業草圖



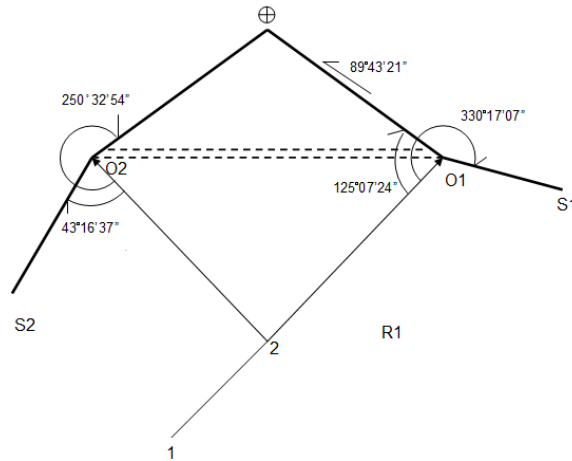
資料來源：基地鑑測輔導資料，頁 5。

2. 兩觀測所不可通視

（1）測量組依導線法座標測量作業要領，分別測取兩觀測所座標、標高及兩觀測所至檢驗點或各要點之水平角及天頂角與至 S1、S2 之水平角(如圖十四)。

（2）再藉電算機實施成果計算，以求算前地檢驗點或各要點座標及標高及方位基準點方位角。

圖十四 兩觀測所不可通視前地作業草圖



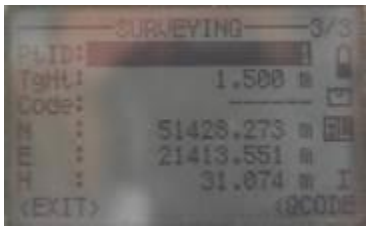
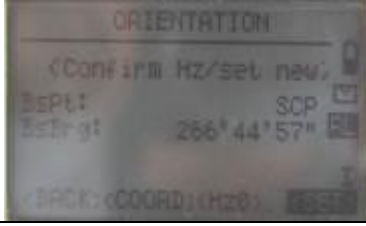
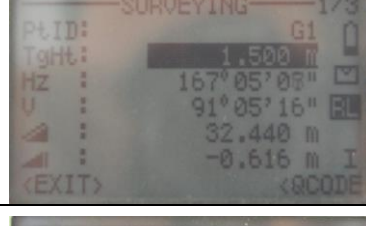
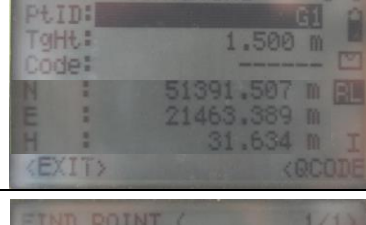
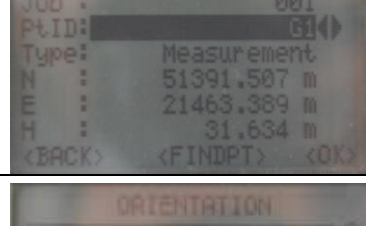
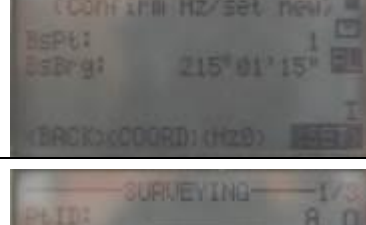
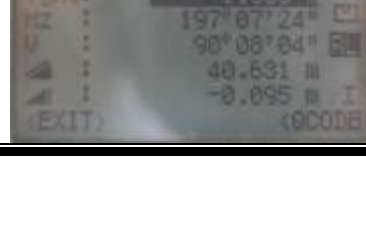
資料來源：基地鑑測輔導資料，頁 4。

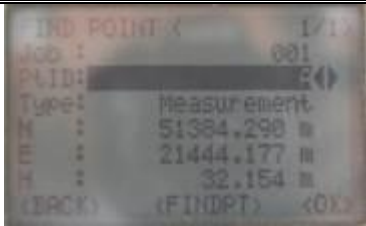
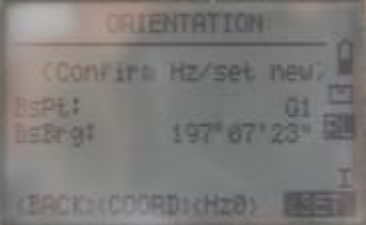
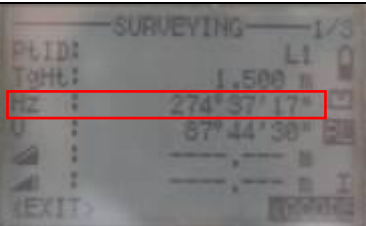
(二) 陣地測地

砲兵營測地作業通常由測地統制點（SCP）開始，往陣地地方向實施作業，藉測距經緯儀整置於測地統制點上，並輸入該點精確之座標及標高，再標定測角基準點（P）輸入方位統制線方位角資料後，按導線法座標測量作業要領實施求得各連、排陣地中心座標、標高，而選擇點至方向基線一端之方位角，乃於選擇點上整置測距經緯儀，於陣地中心架設稜鏡（標桿），將測距經緯儀之望遠鏡對準稜鏡（標桿），並裝定其反方位角後，轉動測距經緯儀判讀 HZ 數值，此數值即為方向基線方位角（如表三）。

表三 導線法座標測量操作程序表

項次	徠卡測距經緯儀輸入步驟	徠卡測距經緯儀圖片
一	將測距經緯儀整置於已知點（SCP）上，輸入該點座標、標高	
二	已知測角基準點（P）並輸入精確之方位角	
三	測得 SCP-1 之方位角、距離、天頂角	

四	顯示 1 點座標及標高	
五	選取 1 點座標、標高	
六	標定 SCP 點並裝定後視視點方位角	
七	測得 1-G1 間方位角、距離及天頂角	
八	顯示 G1 點之座標及標高	
九	選取 G1 點之座標及標高	
十	標定 1 點並裝定後視視點方位角	
十一	測得 G1-A 間方位角、距離及天頂角	

十二	選取 A 點之座標及標高	
十三	標定 G1 點並裝定後視視點方位角	
十四	測至方向基線一端 L1，此時 HZ 即為方向基線方位角	

資料來源：筆者自製

三、成果整理

測地作業完成後須實施成果整理，因實施「座標測量」各測站之座標及標高可即時顯示紀錄，惟前地測地部分仍須仰賴電算機實施計算，因有別於現行全部測地程式計算特需實施介紹，區分兩觀測所可通視與不可通視兩種模式，說明如次。

(一) 兩觀測所可通視操作程序

1.當實施座標測量作業，分別測得測站 2 及兩觀測所座標、標高資料（如圖 13），測站 2(X：20001.57，Y：49704.38，H：23.17)、O1(X：20643.90，Y：50154.45，H：32.26)、O2(X：19654.39，Y：50458.96，H：32.63)。

2.接續分別測取兩觀測所至檢驗點或各要點之水平角及天頂角與至 S1、S2 之水平角。

3.再藉電算機實施成果計算，以求算前地檢驗點或各要點座標及標高，其計算要領（如表四），敘述如次。

表四 兩觀測所可通視座標測量輸入程序表

輸入(按鍵)	螢幕顯示	說明
S7	#INTERSTION FOR ULISS&Surveying# Ver.2.0	顯示前地交會計算程式
EXE	X(LEFT)=	輸入 O2 點 X 座標 19654.39
19654.39EXE	Y(LEFT)=	輸入 O2 點 Y 座標 50458.96
50458.96EXE	H(LEFT)=	輸入 O2 點標高 32.63
32.63 EXE	X(RIGHT)=	輸入 O1 點 X 座標 20643.90

20643.90EXE	Y(RIGHT)=	輸入 O1 點 Y 座標 50154.45
50154.45EXE	H(RIGHT)=	輸入 O1 點標高 32.26
32.26 EXE	X(RT-L)=	輸入 O1 點 X 座標 20643.90
20643.90EXE	Y(RT-L)=	輸入 O1 點 Y 座標 50154.45
50154.45EXE	RT-R? 1)INPUT 2)USE RT-L	輸入 1
1	X(RT-R)=	輸入 2 點 X 座標 20001.57
20001.57EXE	Y(RT-R)=	輸入 2 點 Y 座標 49704.38
49704.38EXE	D=>0(R-L)= 1035.30	顯示 O1 至 O2 的基線長度
EXE	<0(R-L)= 287°6' 18.47 5104.09	顯示 O1 至 O2 的基線方位角
EXE	RT-AZ(LEFT)= 107°6' 18.47	顯示 O1 至 O2 的方位角
EXE	RT-AZ(RIGHT)= 234°58' 54.15	顯示 2 至 O1 的方位角
EXE	LEFT ANGLE(TO S(LEFT))=	輸入 O2-S2 水平角 108.1637
108.1637EXE	RIGHT ANGLE(TO S(RIGHT))=	輸入 O1-S1 水平角 330.1707
330.1707EXE	LEFT ANGLE(TO +)=	輸入 O2-+水平角 332.3254
332.3254EXE	RIGHT ANGLE(TO +)=	輸入 O1-+水平角 140.0724
140.0724EXE	WHICH ONE TO GET Z? 1)LEFT? 2)RIGHT?	輸入 2
2	RIGHT Z=	輸入 O1-+天頂角 89.4321
89.4321EXE	<0-+(L)= 79°39' 12.47 1416.06	顯示 O2 至+的方位角
EXE	<0-+(R)= 15°6' 18.15 268.53	顯示 O1 至+的方位角
EXE	L= 1145.88	顯示 O2 至+的距離
EXE	R= 528.57	顯示 O1 至+的距離
EXE	<S(LEFT)= 215°22' 55.47 3829.01	顯示 O2 至 S2 的基線方位角
EXE	<S(RIGHT)= 205°16' 1.15 3649.19	顯示 O1 至 S1 的基線方位角
EXE	+(20781.64, 50664.76 , 34.82)	顯示+座標、標高
BRK	Break	結束清機

資料來源：基地鑑測輔導資料，頁 3。

(二) 兩觀測所不可通視操作程序

1.當實施座標測量作業，分別測得測站 2 及兩觀測所座標、標高資料（如圖 14），測站 2(X：20001.57，Y：49704.38，H：23.17)、O1(X：20643.90，Y：50154.45，H：32.26)、O2(X：19654.39，Y：50458.96，H：32.63)。

2.接續分別測取兩觀測所至檢驗點或各要點之水平角及天頂角與至 S1、S2 之水平角。

3.再藉電算機實施成果計算，以求算前地檢驗點或各要點座標及標高，其計算要領（如表五），敘述如次。

表五 兩觀測所不可通視座標測量輸入程序表

輸入(按鍵)	螢幕顯示	說明
S7	#INTERSTION FOR ULISS&Surveying# Ver.2.0	顯示前地交會計算程式
EXE	X(LEFT)=	輸入 O2 點 X 座標 19654.39
19654.39EXE	Y(LEFT)=	輸入 O2 點 Y 座標 50458.96
50458.96EXE	H(LEFT)=	輸入 O2 點標高 32.63
32.63 EXE	X(RIGHT)=	輸入 O1 點 X 座標 20643.90
20643.90EXE	Y(RIGHT)=	輸入 O1 點 Y 座標 50154.45
50154.45EXE	H(RIGHT)=	輸入 O1 點標高 32.26
32.26 EXE	X(RT-L)=	輸入 2 點 X 座標 20001.57
20001.57EXE	Y(RT-L)=	輸入 2 點 Y 座標 49704.38
49704.38EXE	RT-R? 1)INPUT 2)USE RT-L	輸入 2
2	D=>0(R-L)= 1035.30	顯示 O1 至 O2 的基線長度
EXE	<0(R-L)= 287°6' 18.47 5104.09	顯示 O1 至 O2 的基線方位角
EXE	RT-AZ(LEFT)= 155°17' 34.74	顯示 2 至 O2 的方位角
EXE	RT-AZ(RIGHT)= 234°58' 54.15	顯示 2 至 O1 的方位角
EXE	LEFT ANGLE(TO S(LEFT))=	輸入 O2-S2 水平角 43.1637
43.1637EXE	RIGHT ANGLE(TO S(RIGHT))=	輸入 O1-S1 水平角 330.1707
330.1707EXE	LEFT ANGLE(TO +)=	輸入 O2-+水平角 250.3254
250.3254EXE	RIGHT ANGLE(TO +)=	輸入 O1-+水平角 125.0724
125.0724EXE	WHICH ONE TO GET Z? 1)LEFT? 2)RIGHT?	輸入 2
2	RIGHT Z=	輸入 O1-+天頂角 89.4321
89.4321EXE	<0-+(L)= 45°50' 28.74 814.96	顯示 O2 至+的方位角
EXE	<0-+(R)= 0°6' 18.15 1.87	顯示 O1 至+的方位角
EXE	L= 1382.51	顯示 O2 至+的距離
EXE	R= 1267.64	顯示 O1 至+的距離
EXE	<S(LEFT)= 198°34' 11.74 3530.13	顯示 O2 至 S2 的基線方位角
EXE	<S(RIGHT)= 205°16' 1.15 3649.19	顯示 O1 至 S1 的基線方位角
EXE	+(20646.22, 51422.09, 38.40)	顯示+座標、標高
BRK	Break	結束清機

資料來源：基地鑑測輔導資料，頁 3。

作業差異及效益分析

一、就現地作業言

(一) 導線法運用「程式計算」或「座標測量」兩種方式等現地作業並無太大差異，惟「座標測量」時必須先輸入測地統制點之座標、標高及方位統制線方位角，若測手輸入諸元錯誤恐將造成後續測地成果運算時錯誤之重大影響。另變換測站後須選定該測站諸元及裝定後覘視點方位角，繼續「座標測量」作業，如測手於選定該測站諸元及後覘視點方位角時，未謹慎複查，則成果錯誤之情事將持續發生；惟前地交會法作業差異，僅在使用地線或基線開始量測

水平角、天頂角（高低角）（如表六）。

表六 現地作業差異分析表

模式區分 作業項目	現行作業模式	座標測量作業模式
測地統制點	於該點整置器材後，對測角基準點標定歸零，測向求點並記錄水平角、距離及天頂角。	於該點整置器材後，必須先輸入該點之座標、標高，標定測角基準點裝定方位統制線方位角，測向求點並記錄方位角、距離、天頂角及求點座標、標高。
各測站	於該點整置器材後，對上一個點位標定歸零，測向求點並記錄水平角、距離及天頂角。	於該點整置器材後，必須先尋找該點之座標、標高，標定並選定前一個測站點位方位角，測向求點並記錄方位角、距離、天頂角及求點座標、標高。
觀測所可通視	於該點整置器材後，右觀測所對左觀測所標定歸零，測向檢驗點及前地各要點並記錄水平角，左觀測所對右觀測所標定3200密位(180度)，測向檢驗點及前地各要點並記錄水平角，主觀測所加測天頂角(高低角)。	於該點整置器材後，必須先尋找左(右)觀測所之座標、標高後，標定並選定前一個測站點位方位角，測向另一觀測所、檢驗點及前地各要點並記錄水平角、距離、天頂角。
觀測所不可通視	於該點整置器材後，左(右)觀測所對方位基準點(S)標定歸零，測向檢驗點及前地各要點並記錄水平角、天頂角(高低角)。	於該點整置器材後，左(右)觀測所必須先尋找該點之座標、標高後，標定並選定前一個測站點位方位角，測向檢驗點及前地各要點並記錄水平角、天頂角。
陣地	於該點整置器材後，對上一個點位標定歸零，測向選擇點，並記錄水平角。	於該點整置器材後，必須先尋找該點之座標、標高，標定並選定前一個測站點位方位角，測向選擇點並記錄方位角。
選擇點	於該點整置器材後，對上一個點位標定歸零，測向基線一端，並記錄水平角。	於該點整置器材後，必須先尋找該點之座標、標高，標定並選定前一個測站點位方位角，測向基線一端並記錄方位角，此為方向基線方位角。

資料來源：筆者自行整理。

二、就表格紀錄差異言

現行導線法作業時，其量測諸元依座標計算表格紀錄（如表七），分別記錄各測站間之水平角、距離、天頂角（高低角）；「座標測量」作業時，其量測諸元不須經由方位誘導，目前並無適當表格可資運用，筆者特基於需求自行設計表格紀錄（如表八），分別記錄各測站間之方位角、距離、天頂角（高低角）及

各測站之座標、標高，其中水平角數值乃藉測站至求點方位角減去測站至標定點方位角計算求得。

表七 座標計算表格（左）

要圖	標定點 測站 — 求點	已知方位角	D斜距離 z天頂角	LD' 斜距整數	LD' 斜距整數
		水平角		LSinz 天頂角整數	LSinz 天頂角整數
		方位角		LSin α 方位角整數	Lcos α 方位角整數
		$\pm$ 閉塞修正量 α 決定方位角		LDX 水平橫座標差	LDY 水平縱座標差
	P	236°52'31"	400.26	LD'	LD'
		+ 131°27'50"		LSinz +	LSinz +
		8°20'21"		LSin α +	Lcos α +
	SCP-1	$\pm$	89°24'00"	LDX	LDY
	SCP	188°20'21"	1209.27	LD'	LD'
		+ 291°30'25"		LSinz +	LSinz +
		119°50'46"		LSin α +	Lcos α +
	1-O1	$\pm$	88°34'26"	LDX	LDY
	1	299°50'46"	656.20	LD'	LD'
		+ 50°24'13"		LSinz +	LSinz +
		350°14'59"		LSin α +	Lcos α +
	O1-O2	$\pm$	90°04'03"	LDX	LDY
	P	236°52'31"	255.20	LD'	LD'
		+ 188°09'37"		LSinz +	LSinz +
		65°02'08"		LSin α +	Lcos α +
	SCP-2	$\pm$	89°49'58"	LDX	LDY
	SCP	245°02'08"	1111.35	LD'	LD'
		+ 293°25'45"		LSinz +	LSinz +
		178°27'53"		LSin α +	Lcos α +
	2-G1	$\pm$	89°24'00"	LDX	LDY
	2	358°27'53"		LD'	LD'
		+ 109°23'00"		LSinz +	LSinz +
		107°50'53"		LSin α +	Lcos α +
	G1-A	$\pm$		LDX	LDY
	G1	287°50'53"		LD'	LD'
		+ 183°33'12"		LSinz +	LSinz +
		111°24'05"		LSin α +	Lcos α +
	A-L1	$\pm$		LDX	LDY

資料來源：筆者自行整理。

表八 「座標測量」作業紀錄表格

要 圖	標定點	方位角	距離	水平角	X	Y	H	求點 編號
	測 站 - 求點		天頂角					
	P	236°52'31"	400.26	131°27'50"	17133.83	49054.24	26.57	1
	SCP-1	8°20'21"	89°24'00"					
	SCP	188°20'21"	1209.27	291°30'25"	18182.38	48452.60	56.77	O1
	1-O1	119°50'46"	88°34'26"					
	1	299°50'46"	656.20	50°24'13"	18071.25	49099.32	56.02	O2
	O1-O2	350°14'59"	90°04'03"					
	P	236°52'31"	255.20	188°09'37"	17307.14	48765.94	23.12	2
	SCP-2	65°02'08"	89°49'58"					
	SCP	245°02'08"	1111.35	293°25'45"	17336.91	47654.99	22.27	G1
	2-G1	178°27'53"	89°24'00"					
	2	358°27'53"		109°23'00"				A
	G1-A	107°50'53"						
	G1	287°50'53"		183°33'12"				L1
	A-L1	111°24'05"						
	備考	1.SCP：X=17075.78 Y=48658.23 H=22.37 方位角P= 236°52'31" 2.水平角=測站至求點方位角-測站至標定點方位角。 3.範例： P-SCP-1水平角=SCP-1方位角-SCP-P方位角=8°20'21"-236°52'31"=131°27'50"						

資料來源：筆者自製

三、就成果整理言

目前砲兵營測地作業後，前地、連接、陣地三組須於指定位置（通常位於營射擊指揮所附近）實施成果整理（如圖十五）。各組均採邊測邊算方式行之，至整理成果地點後，繳交草圖與邊測邊算成果，待完成營全部測地草圖後，由指定人員使用計算機程式以分組計算法方式重行計算全部測地成果。反觀「座標測量」，因藉測距經緯儀內建之程式計算，可即時獲得各測站座標、標高及方位角，惟前地成果整理仍須使用電算機小程式計算，當算得檢驗點及前地各要點及觀測所之座標、標高及方位基準點方位角（S1、S2）後，完成砲兵營全部測地成果之計算。

圖十五 測量班實施成果計算



資料來源：105年準則驗證，筆者拍攝。

四、就整體效益分析言

綜合上述所有作業方式，分析比較兩種作業模式優劣(如表九)。

(一)測地統制點：現行作業於該點整置器材後，測向求點並記錄水平角、距離及天頂角，然「座標測量」則必須先輸入該點之座標、標高及裝定方位統制線方位角，增加該點作業時間及輸入錯誤之風險，且必需儲存求點諸元於測距經緯儀內供下一測站運用，故現行作業方式較優。

(二)各測站：同統制點作業，惟「座標測量」必須先於測距經緯儀內尋找該點正確之座標、標高及後覘視點方位角，增加該點作業時間及選點錯誤之風險，故現行作業方式較優。

(三)觀測所：兩種作業模式概同，差異僅由地線或基線開始量測水平角及量取天頂角（高低角）及使用計算程式之不同，其優劣概等。

(四)選擇點：現行作業僅量測水平角，「座標測量」可獲得該點座標、標高，且務須標定並選定上一個測站點位方位角，測向基線一端，及時獲得方向基線方位角，故座標測量作業方式較優。

(五)成果整理：現行作業需運用砲兵營全部測地程式計算，以求算各陣地、觀測所、前地檢驗點（要點）座標、標高及各陣地方向基線方位角、砲檢方位角、方向基角及觀測所方位基準點方位角，然「座標測量」雖可及時獲得各陣地及觀測所座標、標高及各陣地方向基線方位角，但對於前地檢驗點（要點）座標、標高及觀測所方位基準點方位角仍須依賴電算機小程式實施計算，另各連砲檢方位角及方向基角又要使用其他小程式實施計算，故現行作業方式較優。

(六)成果檢查：兩種作業方式所得諸元可以地圖與現地對照方式實施檢查，現行作業可依作業紀錄之水平角、距離及天頂角檢查作業正確性，而「座標測量」僅能定點於地圖上檢查正確性，除非依筆者設計之格式紀錄並計算，才能獲得可檢查之諸元，但於基地觀摩所見，運用「座標測量」單位並無既定紀錄格式，恐將造成當錯誤發生時，無法檢查作業諸元之窘境，故現行作業方

式較優。

(七) 座標統一：測地統制點若無法及時獲得時，通常以地圖現地對照方式自行假設，其方位角則需使用經過磁偏校正過之方向盤測得，此時運用這兩種模式，作業成果所得諸元均為假設座標系統，並非符合標準之正確座標系統，皆需藉由座標統一方式轉換，就現行砲兵營全部測地程式設計而言，僅需更改統制點為精確諸元後將可轉換為精確之座標系統。惟「座標測量」須先運用座標統一小程序先行對所有座標及標高轉換後，再運用其他小程序計算砲檢方位角及方向基角，至於方位基準點方位角及各陣地方向基線方位角則需另外計算，故現行作業方式較優。

表九 兩種作業模式優劣分析表

作業項目 \ 作業模式	現行作業模式	「座標測量」作業模式
測地統制點	優	劣
各測站	優	劣
觀測所	概等	概等
選擇點	劣	優
成果整理	優	劣
成果檢查	優	劣
座標統一	優	劣

資料來源：筆者分析比較後所得成果

結論與建議

測地成果正確與否，務須經由有效之檢查法，儘早發現並更正「錯誤」，採用「座標測量」作業方式，可即時獲得座標資料，立即定點於地圖上，藉地圖與現地對照方式，可馬上察覺作業正確性，避免錯誤發生。年度防區測地驗證發現部分單位便宜行事，未依準則規範實施地圖與現地對照檢查，導致成果錯誤時並無立即發現，待查覺後為時已晚，必須耗費人力與時間重新檢核或重測。目前砲兵營測地作業方式及運用「座標測量」作業各有優劣，若採用「座標測量」作業務需落實器材校正，並運用閉塞檢查及強化人員訓練，故筆者提供建議參考如次。

一、落實器材校正必要性

運用「座標測量」作業依賴器材程度相對加重，更須確保裝備的精度，故於測地作業前務須實施校正，並落實定期裝備保養，亦可適時運用營、連主官裝備檢查時機，詳實完成野戰校正並紀錄備查，若發現測距經緯儀測量成果異

常時，需即刻轉廠進行精密之維修校正，方能確保成果精度。

二、運用閉塞檢查正確性

「座標測量」作業因其直接測得各測站之座標、標高及方位角，若作業過程中某一測站作業疏失將導致全部成果錯誤，故必須運用可用之「已知點」實施閉塞檢查，方能確保作業之正確性。

三、強化訓練減低錯誤性

砲兵營、連測地乃為一組合作業，並非單兵即可完成作業，而是考驗著整個團隊作業之默契與合作精神，「座標測量」雖為砲兵訓練指揮部期末鑑測及砲兵部隊訓練中心普測時測量人員必測項目，然其操作方式屬裝備之特殊功能，若單位未能落實於駐地訓練強化練習，恐將導致未來運用時作業錯誤之後果，故筆者再次懇切呼籲營、連測量幹部，若要以「座標測量」運用於砲兵營測地作業，務必先強化該項訓練，以減低作業錯誤發生之機率。

四、強化未來裝備功能性

砲兵營連測地作業時前地測地通常以交會法實施，若未來採購之測距經緯儀雷射測距功能可達 1.5 公里以上（距離容許誤差 ± 0.3 公尺），屆時前地目標可運用放射法「座標測量」方式及時獲得，以精簡前地作業時間及減低對電算機之依賴程度，並降低前地作業人員戰場風險。

參考文獻

- 一、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（上冊）（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月 10 日）。
- 二、《陸軍野戰砲兵測地訓練教範（下冊）（第二版）》（桃園：國防部陸軍司令部，民國 99 年 11 月 10 日）。
- 三、陳見明，《SPAN-7 定位定向系統簡介資料》《101 年度學用會報》（臺南），陸軍砲訓部，民國 101 年 10 月 24 日。
- 四、《陸軍徠卡 TPS-700 系列（TCRA705 型）測距經緯儀操作手冊（第一版）》（桃園：國防部陸軍司令部，98 年 10 月 12 日）。
- 五、陳見明，〈精進 ULISS-30 定位定向系統運用於砲兵測地作業之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 157 期，陸軍砲訓部，民國 101 年 6 月 20 日。
- 六、耿國慶，〈精進導線測量誤差判斷之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 170 期，陸軍砲訓部，民國 104 年 9 月 20 日。
- 七、耿國慶，〈砲兵傳統測地精度規範探討〉《砲兵季刊》（臺南），第 140 期，陸軍砲訓部，民國 97 年 3 月 20 日。
- 八、耿國慶，〈美軍砲兵導線測量之研究〉《砲兵季刊》（臺南），第 147 期，陸軍

砲訓部，民國 98 年 11 月 20 日。

九、耿國慶，〈砲兵傳統測地精度規範探討〉《砲兵季刊》（臺南），第 140 期，陸軍砲訓部，民國 97 年 3 月。

十、李景中，《測量學概要（二版一刷）》（臺中：考用出版社，民國 90 年 1 月）。

十一、施永富，《測量學（修訂三版一刷）》（臺北：三民書局，2012 年 9 月）。

十二、焦人希，《平面測量學－理論與實務》（臺北：文笙書局，民國 84 年）。

作者簡介

陳見明少校，志願役預官 87 年班，陸院在職 105 年班、野砲正規班 184 期畢業、高苑科技大學土木工程研究所，歷任前進觀測官、射擊組長、測量官、副連長、連長、連絡官、教官，現任職於砲兵訓練指揮部作戰研究發展室。