

衛星控制點「1997 坐標系統 2010 年成果」

對砲兵測地之影響與因應之道

作者：耿國慶備役中校

提要

- 一、野戰砲兵長久以來運用國家「控制點」建立測地統制與檢查測地成果，已制定標準化作業程序，目前多以內政部 87 年所公布之一、二等衛星控制點與水準點之坐標值（TWD97【1997】）為依據。101 年 3 月內政部「國土測繪中心」已重新公告各等級衛星控制點（合計 3,013 點）位置，並將坐標值更新為 2010 年最新成果（TWD97【2010】）。基於當前國家重大測量政策改變，砲兵測地教學、測考與目前砲兵部隊積極進行之「防區測地」，將如何減低影響並有效因應，實為重要課題。
- 二、民國 87 年內政部創立「TWD97 大地基準」與參考坐標系統，係考量與國際接軌，並提升控制點（三角點）之網形精度。101 年重新公告衛星控制點 TWD97【2010】成果之目的，除同樣考量提升網形精度外，並藉數量變更增加各機關（包括民間測量學術、縣市政府與軍方測繪單位等）測量運用之效益。
- 三、內政部公告衛星控制點 TWD97【2010】年新成果後，基於控制點成果精度與數目改變，對原本使用 TWD97【1997】年成果執行防區測地與建立測地裁判成果之砲兵而言，勢將造成影響，惟不利部分皆可藉由年度檢測作業修正或補強，故綜合結論為「利大於弊」。如能適切配合運用，將有助於砲兵測地任務達成。
- 四、砲兵測地源自民間「測量學」，任何國家重大測量政策，均對測地產生影響。目前內政部已公告 TWD97【2010】成果，實有利於砲兵測地作業，砲兵部隊與砲測中心應使用控制點新成果作業，並儘速更換（修訂）原先之舊檔案、圖表與防區測地成果，俾建立新穎、精確之測地統制與測地成果，圓滿達成防衛作戰火力支援任務。

關鍵詞：衛星控制點、TWD97【1997】年成果、TWD97【2010】年成果、防區測地

前言

野戰砲兵長久以來運用國家「控制點」建立測地統制與檢查測地成果，已

制定標準化作業程序，且成效良好，目前多以內政部 87 年所公布之一、二等衛星控制點與水準點之「坐標」¹值（TWD97【1997】）為依據。惟此成果已歷經 10 餘年，其間因地殼板塊移動、921 地震與莫拉克風災等影響，部分地區點位已產生明顯位移，無法符合當前測繪需求，內政部特邀集學者專家開會討論，決議大地基準與國家座標系統仍採用法定的 1997 年坐標系統（TWD97），自 101 年 3 月 30 日起內政部「國土測繪中心」網站重新公告包括衛星追蹤站、一等衛星控制點（GPS 連續站）、一、二、三等衛星控制點合計 3,013 點，其成果數值將更新至 2010 年之最新成果（簡稱 1997 坐標系統之 2010 年成果，「TWD97【2010】」）。²基於當前國家重大測量政策改變，砲兵測地教學、測考與目前砲兵部隊積極進行之「防區測地」，將如何減低影響並有效因應，實為當前重要課題。

大地基準與坐標系統

臺灣地區於民國 69 年起，基本控制點採「虎子山坐標系統」，以虎子山為大地基準原點，參考橢球體使用「1967 年大地參考系統」（GRS67）。因當時三角點檢測成果受限於科技條件，精度未臻理想，且歷經長期天災、人為破壞，三角點數量與分佈已不敷使用，最嚴重的則是經過專家學者認定，虎子山坐標系統並非最適合臺灣地區。³內政部特於民國 87 年創立「TWD97 大地基準」與參考坐標系統，期能與國際接軌，並提升控制點（三角點）之網形精度。

一、現有大地基準與參考坐標系統建置依據

目前臺灣地區「1997 大地基準」（Taiwan Datum 1997,TWD97）與參考坐標系統，係採用衛星定位測量技術，由內政部於 87 年 3 月 17 日訂定。其地心坐標框架採用 ITRF94（International Terrestrial Reference Frame ,ITRF）；參考橢球體則採用「1980 年大地參考系統」（Geodetic Reference System ,GRS80）。

先前大地基準選定之衛星追蹤站計 8 站（如表一），係由內政部 87 年 3 月 17 日公告其 TWD97 之坐標值（簡稱「TWD97【1997】」），為各等級「衛星控制點」測量之依據，並於同年公布一、二等衛星控制點坐標值，計完成一等衛星控制點 105 點、二等衛星控制點 621 點。另內政部國土測繪中心（原土地測量局）於 84 年起至 92 年止，整體規劃測設三等衛星控制點，加密基本控制點之密度，方便各測量作業引用，利用衛星定位測量技術建置 TWD97 參考坐標系統

¹ 國軍通常使用「座標」一詞，本文多數內容引用內政部公告，故沿用「坐標」一詞。

² 《公告內政部大地基準及一九九一坐標系統 2010 年成果》，內政部公告，（臺北市：臺內地字第 1010137288 號，民國 101 年 3 月 30 日），頁 1。

³ 許哲明，〈實施新國家坐標系統—TWD97 之影響〉《測量技術通報》（臺北市），第 100 期，聯勤總部測量署，民國 87 年 6 月），頁 7。

計 4,710 點，以維護完整、統一且高精度之基本控制點坐標系統。

基於衛星追蹤站與各級控制點 TWD97 坐標，已歷經 10 餘年，期間因板塊移動產生地殼變動、921 地震與莫拉克風災等影響，長時間累積下，部分地區點位已產生明顯位移，已無法符合當前測繪之精度需求，實有必要重新檢討調整大地基準與測算點位坐標值。

二、現有大地基準與參考坐標系統之研討決議

內政部鑒於臺灣位於板塊碰撞劇烈地帶，地表上之衛星追蹤站與各級衛星控制點亦隨同變動其位置，且因地域不同而各有其特性，在長期累積下致部分地區套合引用有所困難，故自 98 年起邀集專家學者召開「大地基準及坐標系統更新維護機制」多次會議討論，會中決議仍採用法定之「1997 坐標系統」(TWD97)，其公告成果數值更新至 2010 年之最新成果「一九九七坐標系統之 2010 年成果」(簡稱「TWD97【2010】」)，並在辦理「2010 年國內 GPS 連續觀測站資料解算工作」(簡稱 GPS 連續站)時，至少選用台灣周邊地區之 6 個國際站，國內 20 個固定站為原則，並採用兩種以上軟體進行計算分析。⁴

「一九九七坐標系統之 2010 年成果」於 101 年 3 月 30 日由內政部(地政司)與國土測繪中心依「內政部基本測量成果供應要點」與「內政部國土測繪中心測繪成果電子資料流通作業要領」供應，其中衛星追蹤站、一等衛星控制點(GPS 連續站)與一、二、三等衛星控制點坐標成果(如表一)，可於「國土測繪中心」網站(網址：<http://eservice.nlsc.tw>)申請。

表一 內政部公告各級衛星控制點清單數量

項次	點位等級	數量
1	衛星追蹤站	18 點
2	一等衛星控制點(GPS 連續站)	277 點
3	一等衛星控制點	105 點
4	二等衛星控制點	569 點
5	三等衛星控制點	2,044 點
合	計	3,013 點

資料來源：〈公告內政部大地基準及一九九一坐標系統 2010 年成果〉，內政部公告，(臺北市：臺內地字第 1010137288 號，民 101 年 3 月 30 日)，頁 11。

衛星控制點成果與數量變更原因

國家各項建設皆須仰賴高精度之基本控制測量系統為基礎，⁵當前內政部衛

⁴ 同註 2，頁 1。

⁵ 《公告內政部 102 年臺灣地區重力網重力測量成果》，內政部公告，(臺北市：臺內地字第 1030108069 號，民

星控制點成果更新之主要目的為提升網形精度，數量變更則在增加各機關（包括民間測量學術、縣市政府與軍方測繪單位等）測量運用之效益，詳細原因分述如後。

一、成果變更原因

（一）板塊碰撞致控制點位變動：內政部鑑於臺灣位於板塊碰撞劇烈地帶，地表衛星追蹤站與一、二等衛星控制點亦隨同變動其位置，且因地域不同各有其特性。在長期累積下，致部分地表套合引用有所困難。

（二）GPS 連續站資料解算與平差後精度改變：內政部辦理「2010 年國內 GPS 連續觀測站資料解算工作」時，至少選用台灣週邊地區之 6 個國際站，國內 20 個固定站為原則，並採用兩種以上軟體計算分析。

依據內政部 96 年 11 月 15 日臺內地字 0960173460 號令訂定基本測量實施規則第 6 條「大地基準與國家坐標系統」中，其地心坐標系統框架採用「ITRF94」，參考橢球體為「GRS80」。由 ITRF94@2010.0 時坐標為固定框架進行複合平差計算，計算後之坐標再引用框架轉換參數將 ITRF05@2010.0 坐標成果化算至 ITRF94 之坐標。

（三）一、二、三等衛星控制點平差計算方式改變：99、100 年度衛星控制點檢測，係依據前述大地基準選用之衛星追蹤站及新增之一等衛星控制點（GPS 連續站）之公布坐標為約制基礎，進行檢測計算作業，考量幾何分布及連續觀測資料取得之便利性，約制點位選用國土測繪中心 e-GPS 衛星定位基準站 54 站坐標為固定框架，⁶採用 TurboNET 軟體進行「最小約制網形平差」計算，⁷其結果於緯度、經度及高程方向之標準誤差平均值分別為 ± 0.4 公分、 ± 0.4 公分及 ± 1.5 公分。⁸

（四）控制點定期全面檢測且定期更新成果：據內政部國土測繪中心主任表示，依中央規劃，如有經費，每 5 年會進行一次全面檢測，可能每 10 年公告檢討一次坐標值。因為控制點位置是變動的，即使內政部不公告新的坐標，控制點還是在動。⁹顯見內政部未來將定期（5 年）全面檢測衛星控制點，亦定

國 103 年 3 月 13 日），頁 1。

⁶ 《e-GPS 衛星基準站即時動態定位系統 VBS-RTK 定位測試成果報告》，內政部國土測繪中心，（臺北市：民國 95 年 5 月）。

⁷ 「最小約制網形平差」亦稱為「自由網形平差」，區分兩個步驟：1. 將同一觀測時段內經單基線計算所得之基線向量，配合一個已知點之坐標固定，以進行網形平差與偵錯。2. 將整個控制網形內，各單一時段網形平差計算與偵錯後之成果，共同納入並固定於一個已知點坐標上，以進行控制網的整體平差計算與偵錯。《GPS 衛星定位測量計算》，（土地測量局，1998 年）。

⁸ 同註 2，頁 6、7。

⁹ 《「TWD97 大地基準及坐標系統成果更新座談會」會議紀錄》，內政部函，（臺北市：臺內地字第 1000226477 號，

期(10年)公布新成果,爾後成果變更應視為常態,且應密切觀察、適切使用。

二、數量變更

(一) 衛星追蹤站數量增加,各級控制點測算精度提高:「衛星追蹤站」為一全天候24小時連續觀測衛星信號之無人接收站。由於其接收之衛星信號豐富,追蹤站本身坐標經年累月重複計算,站址精度極高,可作為衛星控制點測量之基準。

87年內政部公布陽明山、墾丁、鳳林、金門、北港、太麻里、馬祖與東沙等8站,爾後依空間分布之均勻性,並可持續分析觀測資料之原則,增選成功(CHGO)、成功大學(CKSV)、宜蘭(YILN)、竹南(JUNA)、高雄港(KASH)、埔里(PLIM)、台中港(TACH)、外垵(WINA)、武陵(WULI)及霧鹿(WULU)等10站,合計選取18站(如表二)。當一、二、三等衛星控制點施測時,追蹤站亦同時觀測,因此可利用追蹤站之精確位置與接收之衛星資料聯合計算,作為控制並加強衛星控制點成果精度,達到國家基準精度之要求。基於原本8個衛星追蹤站增加為18站,可增進99、100年度臺灣本島地區基本控制點全面性檢測結果精度,將有利於各地區之套合引用(點位平差精度如表三)。

表二 大地基準選用之衛星追蹤站一覽表

序 號	點 號	站 名	標 石 號 碼	所在地	設 置 時 間
1	CHGO	成功	無	台東縣	新增點位, 國土測繪中心 e-GPS 站
2	CKSV	成功大學	無	臺南市	新增點位, 國土測繪中心 e-GPS 站
3	FLAN	鳳林	無	花蓮縣	87 年
4	JUNA	竹南	無	苗栗縣	新增點位, 國土測繪中心 e-GPS 站
5	KASH	高雄港	無	高雄市	新增點位, 國土測繪中心 e-GPS 站
6	KDNM	墾丁	無	屏東縣	87 年
7	KNMN	金門	無	金門縣	87 年
8	MZUM	馬祖	無	連江縣	87 年
9	PKGM	北港	無	雲林縣	87 年
10	PLIM	埔里	無	南投縣	新增點位, 國土測繪中心 e-GPS 站
11	TACH	台中港	無	台中市	新增點位, 國土測繪中心 e-GPS 站
12	TMAM	太麻里	無	臺東縣	87 年
13	TNSM	東沙	無	高雄市	87 年
14	WIAN	外垵	無	澎湖縣	新增點位, 國土測繪中心 e-GPS 站
15	WULI	武陵	無	臺中市	新增點位, 國土測繪中心 e-GPS 站
16	WULU	霧鹿	無	台東縣	新增點位, 國土測繪中心 e-GPS 站
17	YILN	宜蘭	無	宜蘭縣	新增點位, 國土測繪中心 e-GPS 站
18	YMSM	陽明山	無	臺北市	87 年

資料來源:〈公告內政部大地基準及一九九一坐標系統2010年成果〉,內政部公告,(臺北市:臺內地字第1010137288號,民國101年3月30日),附件1-1。

表三 衛星追蹤站資料平差精度

區 分		DX (公分)	DY (公分)	DZ (公分)
內 在 精 度		± 0.03	± 0.03	± 0.01
外 在 精 度	T W T F	-0.4	1.2	0.2
	T C M S	1.4	-2.2	-0.6
附 記	TWTF 與 TCMS 為我國加入國際站 (IGS) 之觀測站，外在精度為本次計算結果與「國際地面參考系統」(ITRF05) 公布坐標比較之結果。			

資料來源：〈公告內政部大地基準及一九九一坐標系統 2010 年成果〉，內政部公告，(臺北市：臺內地字第 1010137288 號，民國 101 年 3 月 30 日)，頁 3。

(二) 新增 GPS 連續站為一等衛星控制點：邇來各機關單位因精密定位、環境監測及科學研究等不同需求，陸續建置 GPS 連續站。包括中央氣象局、經濟部中央地質調查所、經濟部水利署、中央研究院地球科學研究所、工研院量測中心、內政部國土測繪中心、中華電信研究所、臺灣大學、成功大學、清雲科技大學、宜蘭大學、逢甲大學、台南市政府、彰化、花蓮縣政府等 359 站。由內政部考量測繪作業應用需要及充分應用 GPS 連續站資料，依空間分布之均勻性及地質穩定之原則，選取其中 GPS 連續站 219 點，將其視為一等衛星控制點提供坐標成果，作為各種測繪作業控制點使用。此類點位係由原管理單位持續接收 GPS 資料，使用者可循相關資料供應機制取得觀測結果，無需自行架設器材。¹⁰

(三) 各級衛星控制點檢測，補建遺失點位：內政部分別於 99 年及 100 年度完成臺灣本島地區基本控制點全面性檢測作業，計檢測一等衛星控制點 105 點、二等衛星控制點 569 點及三等衛星控制點 2,044 點，共計 2,718 點(如表四)。

1. 99 年度莫拉克風災災損地區檢測：針對莫拉克颱風災區南投縣、嘉義縣市、臺南市、高雄市、屏東縣及台東縣及其外圍地區，選定範圍內一、二、三等衛星控制點辦理清理、檢測工作，並針對基本控制點遺失嚴重地區補建控制點。檢測作業方式採用 GPS 靜態定位測量方式，連續接收 3 小時觀測量，並加入內政部衛星追蹤站與國土測繪中心 e-GPS 衛星定位基準站連續觀測資料一併解算，實際完成外業檢測基本控制點 1,816 點。¹¹

2. 100 年度臺灣本島北部地區檢測：延續 99 年度莫拉克颱風災區基本控制點檢測工作，針對臺灣本島北部縣市(臺北市、新北市、宜蘭縣、花蓮縣、桃

¹⁰ 同註 2，頁 2、5。

¹¹ 同註 2，頁 6。

園縣、新竹縣市、苗栗縣、臺中市、南投縣、彰化縣、雲林縣)及其外圍地區，選定範圍內全數一、二等衛星控制點，另參酌空間分布選定部分三等衛星控制點辦理清理、檢測工作，檢測作業方式採用 GPS 靜態定位測量方式，連續接收 3 小時觀測量，並加入內政部衛星追蹤站與國土測繪中心 e-GPS 衛星定位基準站連續觀測資料一併解算，實際完成外業檢測基本控制點 1,098 點。¹²

表四 各級衛星控制點檢測數量

項次	衛星控制點等級	數量
1	一等	105 點
2	二等	569 點
3	三等	2,044 點
合	計	2,718 點

資料來源：〈公告內政部大地基準及一九九一坐標系統 2010 年成果〉，內政部公告，(臺北市：臺內地字第 1010137288 號，民國 101 年 3 月 30 日)，頁 6。

對砲兵測地之影響

內政部 101 年公告衛星控制點 TWD97【2010】年新成果後，基於控制點成果精度與數目改變，對原本使用 TWD97【1997】年成果執行防區測地與建立砲測中心裁判成果之砲兵而言，勢將造成一定程度之影響，惟不利部分皆可藉由年度檢測修正或補強，故綜合結論為「利大於弊」。如能適切配合運用，將有助於砲兵測地任務達成。特將其相關影響事項，分述如後。

一、有利方面

(一) 可用控制點數量增加，有利於防區測地作業

1.本島：內政部 87 年各級衛星控制點與水準點公告數為 3,082 點，101 年公告數（不含水準點）則為 3,013 點（如表五）。就數目表面而言，不增反減；惟 87 年所建立之控制點在歷經十餘年後（包括 921 地震），部分點位因天災與人為因素遺損，致公告數與現有數差距甚大。經 99、100 年控制點檢測、補建後，其公告數與現有數兩者相符，故砲兵可用之控制點數量增加，有利於防區測地作業。就本部測地野外教練場「臺糖沙崙農場」為例，87 年公告衛星控制點數 0，當 101 年新成果公告後，出現「南沙崙農場」一等衛星控制點（GPS 連續站）1 點（如圖一）、三等衛星控制點 4 點（如圖二），合計可用衛星控制點為 5 點（如圖三）。

2.外、離島：內政部公告之 2010 年成果點位，其中外、離島衛星控制點數

¹² 同註 2，頁 6。

量有限（澎湖 6 點，金門、馬祖各 4 點），且澎湖較 87 年公告數少 8 點（87 年公告澎湖 14 點，金門 4 點、馬祖 3 點）。前述地區如有需要，仍可使用內政部 87 年公告成果；另須運用軍備局生產製造中心測量隊製—「95 年度施政軍事測量 GPS 衛星控制點測量案成果簿」，增加可使用之控制點數量。

圖一 GS35「南沙崙農場」一等衛星控制點 圖二 R299「南一高球場」三等衛星控制點
(GPS 連續站)



資料來源：作者自攝

圖三 TWD97【2010】年成果公告後，「臺糖沙崙農場」衛星控制點分布狀況



資料來源：《中華民國臺灣地區兩萬五千分之一地形圖—關廟》，內政部國土測繪中心，民國 101 年 5 月測製），經建第四版（圖號 9418-I NW）。

表五 內政部 87、101 年公告之衛星控制點種類與數量比較

數量 種類	成果區分	土地測量局 87 年	國土測繪中心 101 年
		TWD97【1997】年成果	TWD97【2010】年成果
衛星追蹤站		8 站	18 站
一等衛星控制點 (GPS 連續站)		0 點	219 點
一等衛星控制點		105 點	105 點
二等衛星控制點		621 點	569 點
三等衛星控制點		0 點	2,102 點
一等一級 衛星水準點		1,294 點	
一等二級 衛星水準點		1,054 點	
合 計		3,082 點	3,013 點

資料來源：作者自製

(二) 控制點精度提高，相對提升測地成果精度：內政部 99、100 年度衛星控制點檢測，係依據大地基準選用之衛星追蹤站及新增之一等衛星控制點 (GPS 連續站) 之公布坐標為約制基礎，進行檢測計算作業，並考量幾何分布及連續觀測資料取得之便利性，約制點位選用國土測繪中心 e-GPS 衛星定位基準站 54 站坐標為固定框架，採用 TurboNET 軟體進行平差計算，其結果於緯度、經度及高程方向之標準誤差平均值分別為 ± 0.4 公分、 ± 0.4 公分及 ± 1.5 公分，大幅提升控制點精度 (如表六、七)。砲兵防區測地與砲測中心測地裁判成果建立採用 TWD97【2010】年新成果後，將相對提升測地成果精度。

表六 衛星控制點舊 (1997 年)、新 (2010 年) 絕對坐標成果對照表

二等衛星控制點絕對坐標 (ITRF94,1997.0,GRS80) (摘錄 第 17 頁，共 20 頁)

點 名		點 號	緯 度（dd:mm:ss）				經 度（dd:mm:ss）				高 程(m)	所 在 地	921 後重測 （標石現況）
舊	大坪山	S526	22	58	53.16988	N	120	21	21.58726	E	114.554	台南縣關廟鄉	花崗石
新	大坪山	S526	22	58	53.16045	N	120	21	21.59163	E	114.611	台南市關廟區	花崗石
舊	頂 山	S567	23	0	17.9047	N	120	19	15.33875	E	97.814	台南縣關廟鄉	花崗石
新	頂 山	S567	23	0	17.89564	N	120	19	15.34385	E	97.825	台南市關廟區	花崗石

附記：一、舊成果內政部於民國 87 年公佈，故使用舊行政區名稱。二、大坪山、頂山位於虎山靶場週邊，為測地教學場地附近點位。

資料來源：作者自製

表七 衛星控制點舊（1997 年）、新（2010 年）2 度 TM 坐標成果對照表

地圖投影後之縱橫座標 (ITRF94,1997.0,GRS80,2°TM) (摘錄第 4 頁，共 19 頁)

點名	點號	縱坐標值 (m)	橫坐標值 (m)	所在地	921 後重測(標石現況)
舊 大坪山	S526	2542372.377	183971.729	台南縣關廟鄉	花崗石
新 大坪山	S526	2542372.084	183971.852	台南市關廟區	花崗石
舊 頂山	S567	2544995.083	180388.131	台南縣關廟鄉	花崗石
新 頂山	S567	2544995.802	180388.275	台南市關廟區	花崗石

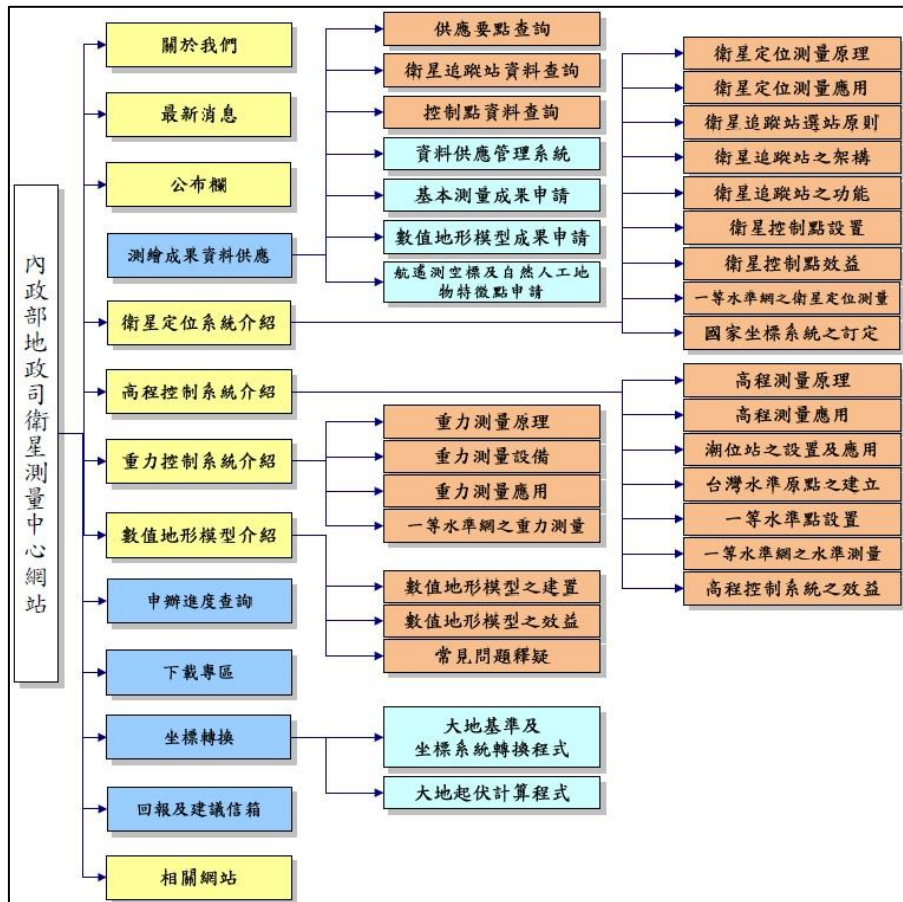
資料來源：作者自製

(三) 控制點經檢測、補建後，遺失情形降低：內政部 87 年公告之各級衛星控制點與水準點，歷經 921 地震、莫拉克風災等天然與人為破壞，致部分點位遺損，即使防區測地預劃使用卻無法尋獲。當控制點經 99、100 年全面檢測、補建後，公告數與現有數兩者相符，砲兵部隊將可依據測地任務適切選擇使用，俾利測地作業遂行。

(四) 控制點成果透過網路查詢申購迅速方便：控制點資料申請程序（測繪資料供應管理系統功能，如圖四），概述如後。

- 1.內政部國土測繪中心－測繪圖資整合資料查詢申購入口網「登入」(<http://eservice.nlsc.gov.tw/CaseApply/login.aspx?ReturnUrl=%2fCaseApply%2fPortal.aspx>)。
- 2.輸入身分證字號後，按「登入」。
- 3.插入自然人憑證，輸入 PIN 密碼後，按「登入」。
- 4.進入測繪圖資整合資料查詢申購入口網頁（如圖五）。
- 5.點選「測繪圖資申購系統」。
- 6.進入申購系統網頁。
- 7.點選「電子檔資料」。
- 8.點選「平面控制點」（內容包含衛控點與加密控制點等），進入欲查詢條件網頁。
- 9.如以行政區域查詢，點選XX縣市，XX區後，點選「查詢」。
- 10.進入可申購圖資查詢網頁，選取所需點名。
- 11.申購資料與筆數無誤後，點選「填寫申購單」。
- 12.填寫個人資料，申購用途「軍事使用」，將「自取」改為「線上下載」，並填入寄送電子信箱後，按「送出申購單」。國土測繪中心作業完畢將會寄出通知與該檔案密碼至申購人電子信箱。

圖四 內政部國土測繪中心測繪資料供應管理系統功能說明



說明：一、「黃色區塊」為不須登入即可瀏覽各項資訊，「藍色區塊」則為登入後針對不同使用者之申請、查詢及下載功能。二、內政部地政司「衛星測量中心網站」，目前已更正為「國土測繪中心網站」。資料來源：《內政部測繪成果資料整合及其供應管理系統建置工作操作手冊》，（臺灣世曦工程顧問股份有限公司，民國 100 年 3 月），頁 5。

圖五 測繪圖資整合資料查詢申購入口網

資料來源：http://eservice.nlsc.gov.tw/CaseApply/login.aspx?ReturnUrl=%2fCaseApply%2fPortal.aspx

二、不利方面

(一) 既有測地成果，須檢查重測：內政部國土測繪中心未來僅針對新公告的 TWD97【2010】成果進行維護，而不再維護 TWD97【1997】成果，即遺失補建的新控制點將僅賦予 TWD97【2010】成果。¹³ 基此，即使經比對後兩種成果誤差甚微(如表八)，103 年第二階段防區測地與砲測中心測地參考案建立，仍應使用衛星控制點新成果，並以此檢查先前舊成果所建立之測地基準點，如超過誤差範圍，即須重測更正。

表八 使用 TWD97【1997】與 TWD97【2010】成果之測地誤差比較

誤差比較 項目	區分 TWD97【1997】成果	TWD97【2010】成果
大坪山 (S526) 二等衛星控制點	X: 183971.729 Y: 2542372.377	X: 183971.852 Y: 2542372.084
以 TWD97【2010】 成果為準之坐標差	$\Delta X: 0.123$ $\Delta Y: 0.293$	
徑 誤 差 (取小數點後 3 位)	$\sqrt{(0.123)^2 + (0.293)^2}$ =0.31777 公尺	
控制點徑誤差與 軍團砲兵測地 之 合 併 誤 差	$\sqrt{(0.31777)^2 + (3)^2}$ =3.01678 公尺★	$\sqrt{(0)^2 + (3)^2}$ =3 公尺
軍團砲兵與砲兵 營測地徑誤差之 合 併 誤 差	$\sqrt{(3.01678)^2 + (7)^2}$ =7.6224 公尺★	$\sqrt{(3)^2 + (7)^2}$ =7.61577 公尺
附 記	★軍團砲兵測地時「定位定向系統」選擇 4 分鐘零速更新，坐標誤差為 3 公尺。砲兵營測地「定位定向系統」選擇 10 分鐘零速更新，坐標誤差為 7 公尺	

資料來源：作者自製

(二) 控制點相關圖表，須配合更新：砲兵部隊防區測地第一階段於 98 年即開始實施，當時各級「測地資料中心」使用本部轉頒內政部之 TWD97【1997】衛星控制點成果，製作「控制點成果表」、「控制點、測地基準點分布透明圖」、「測地資料透明圖」、「控制點諸元表」與「控制點、測地基準點索引表」等。103 年第二階段防區測地實施時，應同時將相關圖表更新為 TWD97【2010】成果，以符實需。

¹³ 同註 9，頁 2。

(三) 點位標示多元化，使用難度增加：82 年度內政部辦理「應用全球定位系統實施臺閩地區基本控制點測量計畫」時，其一、二等衛星控制點多由原本「三角點」提升，故沿用原三角點之標石（花崗石、觀音石、青石或鋼標）與號碼。近年來新增之一等衛星控制點（GPS 連續觀測站）219 點，均無標石；三等衛星控制點則使用花崗石、觀音石、青石、水泥樁、不銹鋼標、四角鋼標等多元化方式標示點位，其中風景區、公園、校園內為配合整體景觀多使用「美化點」（如圖六），雖可增進控制點美觀且便於保管，惟將增加使用困難度。當使用一等衛星控制點（GPS 連續站）或美化點時，定位定向系統載具絕對無法壓點，須將反射稜鏡置於控制點之 GPS 測量儀天線柱或美化點中心上，運用「遠端點初始校準」或「放射位置更新」等方式，始可使用。

圖六 美化點－澎湖縣奎壁山三等衛星控制點



資料來源：楊建民上尉

(四) 軍圖未標示新點位，偵選與使用困擾：據內政部國土測繪中心表示：當 101 年 3 月 30 日新的 TWD97【2010】成果公告後，未來中央的測量作業就以此為準，包括中央的基本圖與千分之一以上的地形圖。¹⁴就本軍目前使用的 102 年版 1/25,000 軍用地形圖（軍備局生產製造中心第 401 廠 102 年 4 月印刷）而言，大部分圖資沿用舊版（99 年），不僅原有 TWD97【1997】成果之衛星控制點、水準點與數年前竣工的地物多未標示，甚至 101 年公告之一等衛星控制點（GPS 連續站）219 點與三等衛星控制點 2,102 點，均未納入，造成砲兵部隊防區測地偵選與使用控制點之困擾。

(五) 地殼板塊碰撞移動，造成方位基準誤差：臺灣位於板塊碰撞劇烈地帶，地表衛星追蹤站與各等級衛星控制點亦隨同變動位置。基此顧慮，砲兵測

¹⁴ 同註 9，頁 2。

地所建立之各種方位基準（如方位統制點、方向基線一端、觀測所與磁偏校正站之方位基準點等），因通常選擇在建築物（地物）之頂端或避雷針，亦有可能因變動而導致誤差。

因應之道

內政部 101 年公告 TWD97【2010】成果後，正值砲兵部隊 103 年防區測地執行之際，基於此舉對砲兵測地之綜合影響為「利大於弊」，砲兵應就配合國家重大測量政策與達成防區測地、測考任務之前提，研擬適當之因應措施，發揮新成果之預期優勢，提升砲兵測地作業精度與效益。

一、適時申請、適切運用，增進測地精度

（一）砲兵部隊可視防區測地任務需要，至內政部國土測繪中心—「測繪圖資整合資料查詢申購入口網」申購所需之衛星控制點 TWD97【2010】成果資料，並適切運用，俾增進防區測地精度。

（二）砲測中心目前正研議提升測地測考精度標準，可運用衛星控制點 TWD97【2010】成果重新建立、檢查裁判成果，除增進測地精度評定之公信力，並有效提升射擊安全與精度。

二、修正控制點成果，適時分發下級運用

內政部國土測繪中心所公布之衛星控制點 TWD97【2010】成果，區分為「絕對（大地）坐標」（ITRF94,1997.0,GRS80）與「地圖投影後之縱橫坐標」（ITRF94,1997.0,GRS80,TM2°）兩種，標高則為「橢球高」（Ellipsoid height）。各級測地資料中心須經由本部 98 年所撥發之「坐標轉換軟體」（轉換流程，如圖七）獲得砲兵使用之 WGS-84,UTM（6 度分帶）方格坐標與標高（平均海面高），經核對軍圖檢查無誤後，除修訂原 TWD97【1997】成果外，並適時分發下級運用。轉換概念分述如下：

（一）坐標轉換（TWD97 轉換 WGS84）：衛星控制點使用 TWD97 參考坐標系統，採 ITRF94 地心坐標框架，GRS80 參考橢球體；砲兵測地則使用 WGS84（World Geodetic System，1984）坐標基準（如圖八），其橢球體相關幾何與物理常數除第二階帶諧係數【 $C_{2,0}:(-484.16685 \pm 0.00130) \times 10^{-6}$ 】外，大都與 GRS80 相同，兩者微量差異僅在幾何扁率上。¹⁵因此就製圖而言，GRS80 與 WGS84 是互通的，¹⁶僅須將 TWD97「絕對（大地）坐標」（經、緯度）或「地圖投影後之

¹⁵ 資料來源：張嘉強，《坐標轉換》，http://yahoo.com.tw/w3.uch.edo.tw/ccchang50/crd_trснаfer.pdf……（檢索日期 2014 年 9 月 1 日），頁 3。

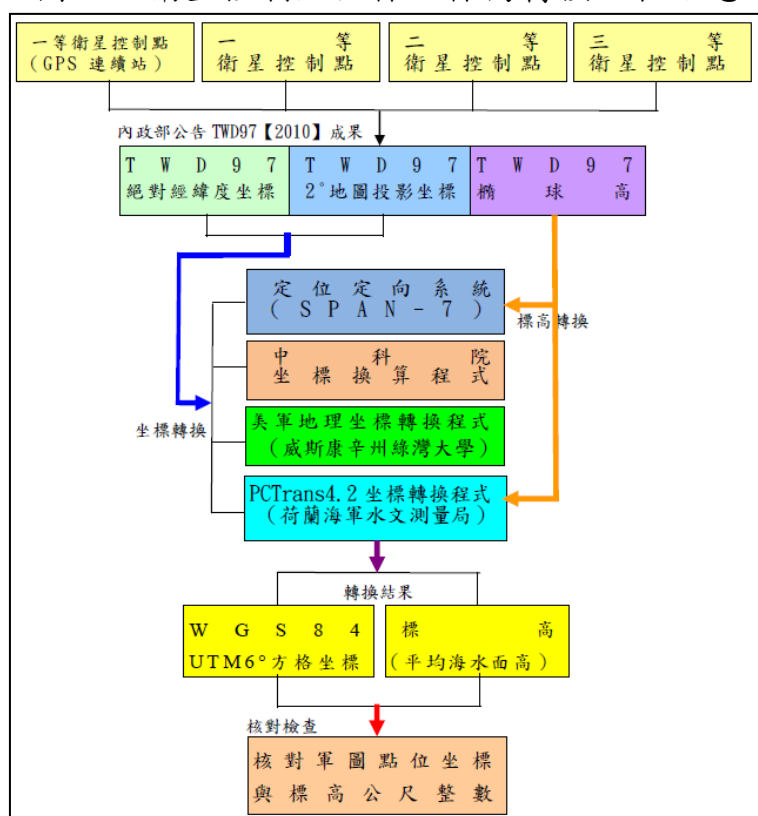
¹⁶ 許哲明，〈實施新國家坐標系統 TWD97 之影響〉《測量技術通報》（臺北市），第 100 期，聯勤總部測量署，民

縱橫坐標」(TM2°)形式，轉換為 WGS84 (UTM6°) 方格坐標。

(二) 標高轉換(「橢球高」轉換「平均海面高」): 衛星控制點使用以橢球面為基準之「橢球高」(Ellipsoidal height)，為一種幾何高度，表示從參考之橢球面沿「法線」(Normal line) 量至地面點之高度距離量。¹⁷「橢球高」(h) 與「正高」(H)之差，稱為「大地水準面高」或「大地起伏」(Geoidal undulation) 通常以 N 表示(如圖九)，兩者之近似關係為 $H=h-N$ 。

以全球觀點而言，相應一個最密切參考橢球體上之大地起伏值為±100 公尺之等級。對臺灣地區而言，大地起伏之平均值約為 22 公尺(如圖十)，換言之，橢球高減去 22 公尺，即可概略轉換為以「平均海面」(臺灣水準原點)起算之「正高」(如圖十一)，亦為砲兵測地所使用之「標高」。惟對精度需求較高之高程(標高)間轉換而言，則須利用重力資料配合大地水準面模式加以計算獲得(目前內政部已提供較精密之大地起伏值內差計算程式)，¹⁸或使用 PCTrans4.2 坐標轉換程式(荷蘭海軍水文測量局)、SPAN-7(控制顯示與電腦單元)轉換。

圖七 衛星控制點坐標、標高轉換流程示意



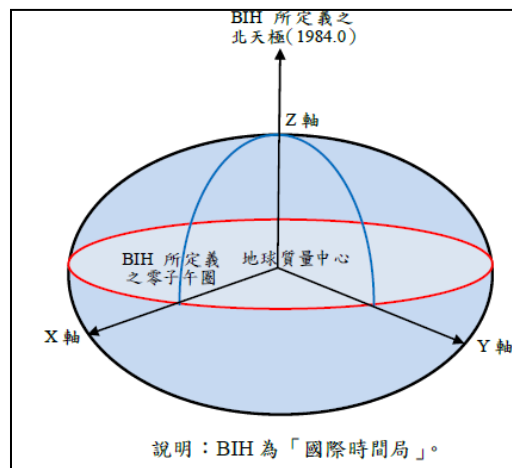
資料來源：作者自製

國 87 年 6 月)，頁 5。

¹⁷ 同註 15，頁 5。

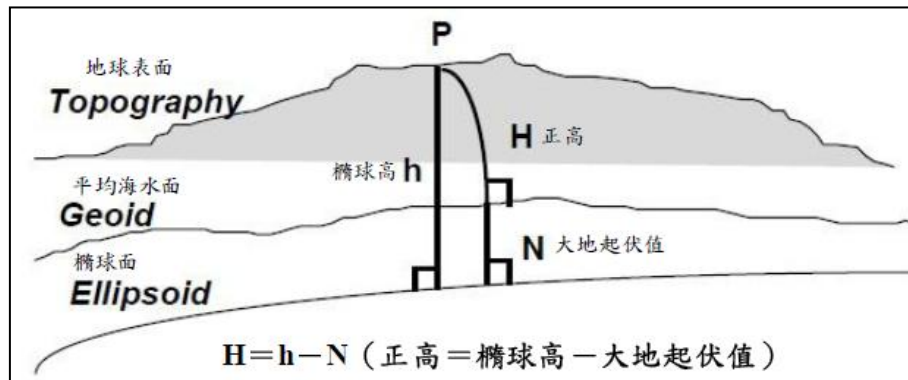
¹⁸ 同註 14，頁 5-6。

圖八 WGS84 坐標基準示意



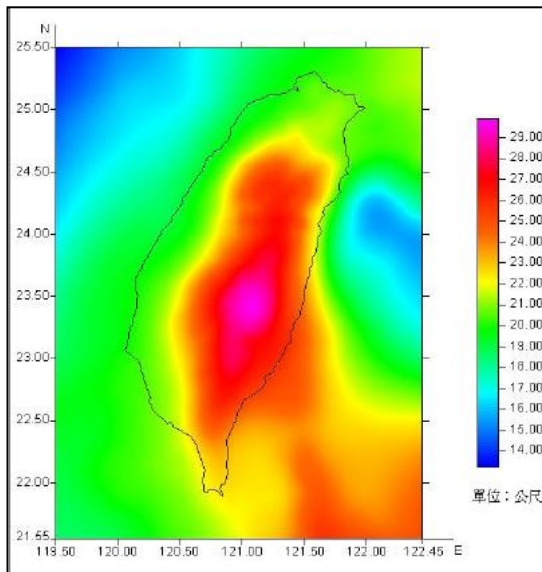
說明：BIH 為「國際時間局」 資料來源：作者自製

圖九 「橢球高」與「正高」關係示意



資料來源：張嘉強，《坐標轉換》，[http://yahoo.com.tw/w3.uch.edo.tw/ccchang50 / crd_trsnafer.pdf](http://yahoo.com.tw/w3.uch.edo.tw/ccchang50/crd_trsnafer.pdf)..... (檢索日期 2014 年 9 月 1 日)。

圖十 臺灣地區之大地起伏值



圖十一 基隆市海門公園內的臺灣水準原點



圖十資料來源：張嘉強，《坐標轉換》，[http://yahoo.com.tw/w3.uch.edo.tw/ccchang50 / crd_trsnafer.pdf](http://yahoo.com.tw/w3.uch.edo.tw/ccchang50/crd_trsnafer.pdf)..... (檢索日期 2014 年 9 月 1 日)。

圖十一資料來源：《臺灣高程系統與高程基準訂定》，內政部國土測繪中心網站 (<http://eservice.nlsc.gov.tw/>)

三、經常檢查方位基準，防範誤差傳播

防區測地與砲測中心測地裁判成果中「磁偏校正站」、「觀測所」之方位基準點，各連（排）陣地之方向基線一端與「測地統制點」、「測地基準點」之方位統制點等，為避免因板塊碰撞變動造成誤差，絕不可逐年沿用，務須納入年度測地（重測）或檢查項目，以確保精度。

四、適量建立測地基準點，確保運用效益

內政部公告 TWD97【2010】成果中之各級衛星控制點，不論數量或分布情況，仍無法滿足防區測地實際需要。各作戰區測量排應依據防區特性與作戰需求，適切建立足夠數量與符合精度之測地基準點，提供下級部隊使用。

五、補建軍圖圖資，以利測地運用

現代化戰爭講求高科技與高效率，致測繪科技支援三軍作戰，益形重要。就砲兵測地而言，地形圖不僅用於一般軍事事務，對測地支援層面更為廣泛與重要。基此，建議軍圖製作單位（軍備局生產製造中心 401 廠），詳實標繪內政部 101 公告 TWD97【2010】成果中之各級衛星控制點位，並確實調繪圖資，俾提升軍圖品質，充分發揮支援作戰功效。

當軍圖圖資未補建前，為能充分掌握可用控制點數量與位置，可至內政部國土測繪中心「測繪圖資電子申購系統」（網址：<http://eservice.nlsc.gov.tw/CaseApply>），線上申購（或至全國各售圖站購買）101 年測製完成最新版 1/25,000 經建版（TM2°分帶坐標）地形圖，參考圖上各級衛星控制點偵選可用點位，再配合軍圖（UTM6°分帶坐標）作業。

結語

砲兵「測地」源自民間「測量學」，所有國家重大測量政策與民間測量儀器、技術之發展與改變，均對測地產生影響。尤其作戰區砲兵測地，已無上級可賦予測地統制點，務須運用國家控制點，作為測地統制點（初始校準）或位置更新點，始可執行測地統制作業。長久以來，防區測地雖逐年照表實施，惟因戰術位置改變、地物（貌）變化迅速、點位標示物遺損或成果精度、基準點加密程度不足等原因，仍無法滿足防衛作戰需求，務須持恆精進，累積成效。

目前內政部已公告衛星控制點「一九九七坐標系統之 2010 年成果」(TWD97【2010】)，不僅可用之控制點數目增加，成果精度亦大幅提升，實有利於防區測地與測考任務。砲兵部隊應立即改用控制點新成果作業，並儘速更換（修訂）原先之舊檔案、圖表與防區測地成果，俾建立新穎、精確之測地統制與測地成果，圓滿達成防衛作戰火力支援任務。

參考文獻

- 一、《公告內政部大地基準及一九九一坐標系統 2010 年成果》，內政部公告，(臺北市：臺內地字第 1010137288 號，民國 101 年 3 月 30 日)。
- 二、許哲明，〈實施新國家坐標系統—TWD97 之影響〉《測量技術通報第 100 期》(臺北市)，聯勤總部測量署，民國 87 年 6 月。
- 三、《「TWD97 大地基準及坐標系統成果更新座談會」會議紀錄》，內政部函，(臺北市：臺內地字第 1000226477 號，民國 100 年 11 月 23 日)。
- 四、耿國慶，〈當前國家重大測量政策對砲兵測地之影響〉《砲兵學術雙月刊》(臺南市)，第 106 期》，砲訓部，民國 89 年 2 月。
- 五、耿國慶，〈運用地圖支援砲兵測地之研究〉《砲兵季刊》(臺南市)，第 159 期，砲訓部，民國 101 年第 4 季。
- 六、徐坤松，〈如何落實執行防區測地具體作為〉《砲兵季刊》(臺南市)，第 143 期，砲訓部，民國 97 年第 4 季。
- 七、耿國慶，〈美軍聯戰準則 2-03 閱後心得：運用 WGS-84 坐標系統支援聯合作戰〉《砲兵季刊》(臺南市)，第 143 期，砲訓部，民國 97 年第 4 季。
- 八、管意群、耿國慶，〈新、舊版軍圖(坐標系統)差異、轉換與運用之研究〉《砲兵季刊》(臺南市)，第 130 期，砲訓部，民國 94 年第 3 季。
- 九、陳天祐、耿國慶，〈TWD-97 坐標系統建構與軍圖改版後運用國家控制點實施砲兵測地之研究〉《砲兵季刊》(臺南市)，第 133 期，砲訓部，民國 95 年第 2 季。
- 十、梁乙農，〈以 ULISS-30 執行「測地基準點建立作業」之研究〉《砲兵季刊》(臺南市)，第 133 期，砲訓部，民國 95 年第 2 季。
- 十一、《公告內政部 102 年臺灣地區重力網重力測量成果》，內政部公告，(臺北市：臺內地字第 1030108069 號，民國 103 年 3 月 13 日)。
- 十二、張嘉強，《坐標轉換》，http://yahoo.com.tw/w3.uch.edo.tw/ccchang50/crd_trsnafer.pdf..... (檢索日期 2014 年 9 月 1 日)。

作者簡介

耿國慶老師，陸軍官校正 46 期(66 年班)畢業，經歷排長、測量官、連、營長、主任教官，民國 86 年退伍，現任職於砲訓部目標獲得組。