

# GPS 定位與測量基準

張嘉強

## §1 測量基準的意義

所謂「基準」(Datum)依韋氏字典(Webster)的解釋為“a real or assumed thing used as a basis for calculation”，依此意義可知，基準乃是一種做為計算參考依據的「實際」或「假設」事物。因此「大地基準」(Geodetic Datum)指的就是大地測量時做為計算依據的事物，其可為「實際」的真實物理面，如地球體或大地水準面；亦可為「假設」的數學體(面)如旋轉橢球體或參考橢球體。

大地測量之基本工作項目之一，即為精密測定地球表面上任意點位之位置，因此選定一個定義良好的大地基準以做為大地位置計算之依據即屬必需。傳統上，我們先在一些特定的地面點(如三角點水準點等)之間利用觀測系統量測角度、距離、水準高差等，然後將其歸算到所選定的大地基準上，透過計算系統的各種計算公式來算出各地面點位的坐標值，這些特定地面點被稱為控制點，它們彼此間所連接而構成的「網」稱為「大地控制網」(Geodetic Control Network)，如三角網、導線網、水準網以及衛星控制網皆是。若大地控制網內的控制點間幾何關係良好，就可有效地做為該地區測定其他地面點位的參考依據，這些網即構成俗稱的區域性大地參考坐標系統。而控制測量即為達成上述目的的手段，從「量測」的觀測系統到獲得大地位置(坐標)的「計算」系統，大地基準即為這兩個系統之間合宜函數關

係建立的參考依據。

由於人類對於決定地球形狀、大小的學術研究以及觀測、計算技術的實務困難所限，故傳統的控制測量也常被分成平面（水平）及高程（垂直）控制網兩部分來執行，其計算術亦然，因此做為計算依據的大地基準也被分開為平面（水平）基準與高程（垂直）基準兩種來分別定義，而參考橢球面及大地水準面即為計算依據的平面（水平）基準面及高程（垂直）基準面。

水平大地基準慣常建構於一參考橢球體之上，其幾何量係以長半徑（ $a$ ）及扁率（ $f$ ）予以定義，此外在物理含義上亦包括地球重力場模式、重力常數（ $GM$ ）及地球自轉速率（ $\omega$ ）等量。傳統定義一個大地基準之作法，除選定其橢球體之 $a$ 與 $f$ 之外，尚需測定起始原點之精密經緯度坐標值（ $\varphi_0, \lambda_0$ ）、原點對一參考點方位角 $\alpha_0$ 組成之定向參數、原點之大地起伏值（ $N_0$ ）與垂線偏垂量（ $\xi_0, \eta_0$ ）等8個參數。

就內涵而言，上述之大地基準僅可被視為單一之水平大地基準，因為垂直之大地基準往往是取用驗潮站之平均海水面為高程之起算面。故尚得由驗潮站與附近基準點連測，以定義該基準點之高程值， $H_0$ ，一旦 $H_0$ 決定，那麼該基準點遂可做為其他高程點到測高程之依據，故定義 $H_0$ ，即定義了該地區之垂直（高程）基準。而傳統上水平與垂直兩組之基準面是分開處理及考量的，這是因為以往大地水準面與橢球體之間用來聯繫之參數其資訊不足，導致一組具三維特性之坐標系統建立不易達成之故。當此一大地基準透過一組參考橢球體之基本參數以及一個（或以上）起始點位之坐標而予以定義時，在地表所施測之所有大地觀測量便可加以化算，而定位之計算工作亦可在此一基準面上進行。

傳統作法上，水平與垂直基準的建立與維繫是分別透過不同作業型態之三角三邊網以及水準網來進行的。但隨著新近發展之太空大地觀測技術之

註解 [N.C.K.U.1]:

採用，如衛星雷射測距(SLR)、月球雷射測距(LLR)、極長基線干涉術(VLBI)及全球定位系統(GPS)等，這些方法已可輕易且有效的進行各點位之間的聯測，並提供足夠之資訊以準確地將各點位之三維坐標(X, Y, Z)同時測定在一個其所定義之參考系統中。當所選定之橢球體參數亦被引入時，各點位之經緯度及高程坐標便可經由簡單之轉換過程予以決定。

對於利用太空大地測量技術測定之一組點位三維坐標值而言，其坐標系統已隱涵有特定之三軸定向、尺度以及原點等概念，故傳統觀點所需之基準面起始(原)點便不需再涵蓋於此類之坐標系統當中，惟這些具有高精度坐標值之點位仍可視為大地控制網系當中之控制點，以供後續各項空間定位之坐標推算依據。

依此觀念來建立一組大地網形時，最重要之空間定位技術即為1980年代推展並在1990年代發展完全之GPS定位技術，其特色之一即為其在由局部性(local)、區域性(regional)到全球性(global)不同尺度規模之定位測量上所展現之絕佳成果。由於GPS衛星接收儀另有體積輕巧、價格便宜、操作簡便等特色，因此在大地控制網之觀測及加密上相當容易進行，加上其在由幾十、幾百到幾千公里等不同長度之基線測量上已顯示其具有公釐至公分等級之定位精度，因此GPS技術不失為一種能夠有效建立由區域性到洲際性尺度坐標系統的具體方法。

由於上述測量科技的進步，可以達到全球性大地網的整體解算，因此，就有人提出參考框架(reference frame)的概念，參考框架就是把參考系統更具體化，以一組點坐標來定義一個參考框架。所以，傳統的大地基準是以區域性的大地參考系統來定義，現代的大地基準定義應該要包含全球的大地參考系統與參考框架兩部份。

## §2 台灣舊有的大地基準

傳統之大地控制測量網形因受限於觀測儀器之性能，而侷限於區域性之尺度大小。但在決定該區域之大地基準時，仍選用一個全球性之參考橢球體  $(a, f)$ ，配合起始（原）點之經緯度與參考方位角  $(\varphi_0, \lambda_0, \alpha_0)$  作為坐標計算之參考依據。為求完整大地基準之定義，仍可另行包含橢球體與大地水準面之間於原點之關係量，亦即垂線偏差在子午圈及卯酉圈之分量  $(\xi_0, \eta_0)$  與大地起伏值  $(N_0)$ 。以決定水平大地基準，並選定  $H_0$  以定垂直大地基準。

### §2-1 水平大地基準

台灣地區現行之水平大地基準係基於民國 67 年所完成之基本控制網大地觀測量，採用 IUGG 在 1967 年所公佈之參考橢球體（Geodetic Reference System 1967, GRS67），其基本之參數值如下：

$$\begin{aligned} a &= 6378160 \text{ m} \\ f &= 1 / 298.2471674273 \end{aligned}$$

台灣地區大地基準之原點位於南投縣埔里鎮之虎子山一等天文點，該原點之坐標及其對頭拒山之起始方位角等各項數值如下：

$$\begin{aligned} \varphi_0 &= 23^\circ 58' 25.975'' \text{ E} \\ \lambda_0 &= 120^\circ 58' 32.340'' \text{ N} \end{aligned}$$

$$\alpha_0 = 323^\circ 57' 23.135''$$

此外，該大地基準另有三項之基本假設如下：

- (1) 大地坐標系之三軸與平均地球坐標系統相平行；
- (2) 起始（原）點之天文與大地坐標值相等（亦即  $\xi_0 = \eta_0 = 0$ ）；
- (3) 參考橢球面與大地水準面在起始點相切（亦即  $N_0 = 0$ ）。

根據上述之  $a, f, \lambda_0, \phi_0, \alpha_0$  及  $\xi_0, \eta_0, N_0$  即定義了台灣地區的水平大地基準，簡稱為 TWD67 (Taiwan Datum 67)。

實際執行時，第二、三項之基本假設可能並非如此，而是  $\xi_0 \neq 0, \eta_0 \neq 0, N_0 \neq 0$  之情況。而從虎子山原點以三角測量方法佈設一等三角網之方式如下：台灣本島一等三角點經緯度係先計算虎子山至樟普寮一等精密導線之成果為依據，另加大坪山—龜崙山，中寮山—鳳山及米崙山—月眉山三條電子測距邊長之條件一次整體平差計算。二、三等三角點則分區平差，計二等三角網 21 個（含澎湖 1 個）、精密導線 18 條，三等三角網 81 個（含澎湖 1 個）、精密導線 132 條（含澎湖 1 條）。澎湖與台灣本島之一等三角點聯合平差係單獨進行，以台灣本島一等三角點大尖山、大棟山、廓亭山三點與澎湖之上瓦厝、虎頭山、紗帽山、龜山構成四邊形所觀測之角度一併平差計算。蘭嶼與台灣本島一等三角點之聯合平差亦為單獨進行，惟仍採用三角網間接觀測之經緯度坐標平差方法，這樣就完成了台灣地區的平面坐標系統。

民國 69 年內政部公佈的“台灣地區三角點成果表”內並有二度分帶橫麥卡脫投影坐標及 1967 年國際橢球體之經緯度與高程，此即現在使用之虎子山坐標系統，此即為所俗稱之台灣大地基準，簡記為 TWD67 來表示。

## §2-2 垂直（高程）大地基準

台灣本島舊有採行之高程基準是以基隆驗潮站所定之平均海水面為依據。根據民國 68 年聯勤測量署所提交內政部之報告“台灣地區一等水準點檢測成果表”所記載有關水準原點之敘述，摘錄部分條文如下：

- (a) 水準零點仍沿用水利局基隆水準零點（平均潮位），其較基隆港務局水準零點高出 1.223 公尺。
- (b) 於基隆市東海街一號港務局員工訓練班闢地新設水準原點（筆者註：應該是 BM8）一座，並美化四週，以誌久遠，其高程由 BM7 起聯測而得，閉合差規定更提高至  $2\text{mm}\sqrt{K}$ 。
- (c) BM7 係位於最接近驗潮站之水準點，真高為 3.704 公尺（基隆港務局測量隊提供），減去水利局水準零點（基隆港平均潮位）高 1.223 公尺，得自平均潮位起算之高程為 2.481 公尺，故全島高程實際以此點為推算之依據。

而台灣本島現行的高程基準是取用平均海水面為起算依據，經由基隆驗潮站經長期觀測潮位昇降，取 18.6 年潮位的平均值，並以基隆港內之 BM7 或基隆市 BM8 水準點為水準基點。澎湖則以馬公的平均海水面起算。

民國 68 年檢測一等水準點後，所定台灣全島水準檢測之一等水準點遍佈全台灣，而構成高程之參考框架。其高程值記載於內政部於民國 68 年公佈之“台灣地區一等水準點檢測成果表”內。

## §3 配合 GPS 衛星測量重訂台灣地區大地基準

大地基準為各種測量計算之依據，其選擇及建立關係到各項測量成果之精度、穩定度及使用上之便利性，此外更會影響到國家各項建設之發展。因此為配合世界潮流，促進國家基本建設發展，並有效保障人民土地財產權益，一個整合性國家新大地基準之建立實為必要。

有鑑於 GPS 衛星測量自 1980 年代興起之後，其高精度相對定位、野外快速作業、可避免通視與天候影響、高度電腦外業數據處理以及具極高可靠度等特色之優異表現以廣被證實，故世界各國大多已採用 GPS 衛星測量技術辦理國家大地網之控制測量工作。

當 GPS 觀測廣泛應用於大地網形中時，如何配合這些 GPS 資料以訂定一個新的大地基準，則可以考量下述各項不同之作法：

- (1) 首先將 GPS 資料利用一組適當之轉換參數轉換到舊有之基準系統，轉換後之坐標值則與現存之地面觀測資料混合進行網形之平差計算。
- (2) GPS 觀測量與其他之地面觀測量分別組成各自之觀測方程式，而同時加入大地網形中實施重新平差，此時之 GPS 資料即可作為此一新基準系統定義其定向、尺度與原點參數之用。
- (3) 在大地網形中全面進行 GPS 資料之收集，而這些資料在經過平差之處理與分析後，可建立一個全新的 3-D 大地基準。

台灣地區舊有之大地基準並未適用於金門、馬祖等離島地區，如今採用 GPS 衛星定位技術，可將台灣本島與離島地區納入統一之坐標系統之中。此外，由於 GPS 目前已廣泛被採用在各項測量工作中，當點位之坐標展現在其 WGS84 之坐標系統中時，便會造成同一點位在現行台灣虎子山坐標系統 (TWD67) 中有近乎 1km 之差異量出現，這對目前以 GPS 定位資料進行 GIS 資料

收集及導航應用時，也會造成使用上之困擾。

因此，台灣及離島地區利用 GPS 定位技術以重新定義一組惟一之全國性地心坐標參考系統實為趨勢。況且 IERS 在其召開的一次研討會議中，亦鼓勵各國相關主管單位在 ITRF 之架構上建立其精密之全國性大地基準，以利區域性與全球性各項國際研究之推動。相信在台灣地區大地基準重新定義完成後，其當可滿足在全球性觀點考量下所需之地心參考系統。當然，一個諸如 GRS80 之地心橢球體仍需加以選定，以使 GPS 所測定之 ITRF 直角坐標  $(X, Y, Z)$  與大地測量應用所慣用之曲面大地坐標  $(\phi, \lambda, h)$  能夠互相聯繫。

綜言之，GPS 衛星定位技術在高度發展下，其應用已足敷高精度大地控制測量標準之要求；基於現況中的台灣地區三角點檢測成果沿用至今已近廿年，其三角點之位址及其坐標成果之精度早已受到各種人為及天然因素的影響，而造成當前各級控制測量上之不敷所需，故配合國家整體發展之需要，內政部已採用 GPS 衛星定位技術，以建立一個全新架構下之台灣地區坐標系統。

基於 GPS 衛星定位技術在建立坐標系統層面上具有許多特殊觀點與優點，因此在研擬如何訂定台灣地區新坐標系統之階段，所提出的成果建置方法與程序如下：



1. 由內政部 8 個 GPS 衛星追蹤站聯合國際 IGS 追蹤站一起進行追蹤站網分析。
2. 所有追蹤站觀測數據為 1996 年 1 月至 12 月的 GPS 觀測數據透過網路取得。
3. 先用 GAMIT 解算得內政部 8 個追蹤站每日的基線向量，但 GAMIT 是以 ITRF 的站坐標值輸出，我們稱這組坐標值為粗略坐標。再用 GLOBK 解算得這 8 個追蹤站 1996.5 的精確 ITRF 站坐標值及速度量。
4. 以 1996.5 的 8 個站坐標做為框架站來約制台灣 105 個一等衛星控制點的網形平差，如此可解出 105 個一等衛星控制點之 ITRF 坐標，以這組一等點坐標值建立台灣新的大地基準 3D 坐標參考框架。
5. 選用 GRS80 橢球參數，做為參考橢球體以便換算大地坐標  $(\varphi, \lambda, h)$ 。
6. 地圖投影之平面直角坐標則可在台灣、澎湖地區維持原用之二度分帶橫麥卡托投影，在金門、馬祖地區則可同時考慮改採與台灣本島相同但中央經線位置不同之投影方式來處理。

#### §4 TWD97 基準之特色

台灣地區起初在 1968 年，由中正理工學院測繪系之前身（聯勤測量學校）協助政府建立全台三角控制點，但在經過多年的使用後早已因自然及人為因素，使得大部份之標石損毀或流失。政府於是在 1976 年至 1979 年間，委託聯勤測量隊全面實施全台三角點之檢測工作，並於 1980 年 2 月公布「台灣地區三角點成果表」，內含台灣地區一、二及三等基本三角點之檢測結果。該項控制點測量成果，由於所設置之起始點位於南投縣埔里鎮之虎子山一等三角點，因此稱之為「虎子山坐標系統」，又由於該測量基準所使用之參考橢球體，係 IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics) 當

時所最新公布之 1967 年大地參考系統 (Geodetic Reference System 1967, GRS67)，因此即有學界同仁將此一測量基準簡稱之為「TWD67」(Taiwan Datum 1967)。

由於舊有 TWD67 基準下之三角點已設置經年，隨著經濟活動的快速發展，各作業單位配合業務上的需要，往往各自進行零星之補設，以致缺乏整體的規劃，進而影響測量成果品質，導致點位精度並不一致，也造成作業經費的浪費，加上舊有 TWD67 建置當時因光電儀器之觀測限制，並未將金門、馬祖等離島地區納入統一坐標系統之中，也就無法保持測量成果的完整性。

近年來由於 GPS 衛星定位技術的進步，其施測便利與高精度成果的特性，已引起全球各國普遍採用 GPS 進行其大地控制之測量作業，並訂定全球地心系統之國家坐標系統。為配合國家整體發展之需要，我國內政部於 1993 年起實施「應用全球定位系統實施台閩地區基本控制點測量計畫」，推動 GPS 衛星定位技術，以建立一個全新架構下的台灣地區坐標系統。

在採用 GPS 衛星定位技術之考量過程中可知，GPS 不論在測量之觀測方法上、數據之處理上、成果之精度上以及未來各項應用之配合上，皆可具有顯著之特色表現。故在採用 GPS 定位技術從事新坐標系統之訂定時，當可歸納出以下幾項優點：

1. GPS 衛星定位測量具有高精度定位、野外作業便利、避免通視與天候影響、高度電腦化數據資料處理、高可靠度成果等作業上之特點；
2. GPS 定位可將控制點在平面及高程分量上之三維坐標，同時測定並定義在一個適當選取之參考基準中；
3. 控制網系中一組點位的三維坐標，已在涵義上隱含有特定之三軸定向、尺度大小以及原點位置等，當可包含傳統上用來定義一個基準面所需建立各項參數之概念；

4. GPS 定位可將台灣本島與離島地區進行聯測，進而共同納編到一個統一的坐標系統當中；
5. 不同應用所需之三維直角坐標、大地坐標或是平面投影坐標等，皆可經由簡單之數學轉換過程進行雙向之轉換；
6. GPS 定位成果可滿足在全球性觀點考量下所建立之地心參考系統，並可有利於全球性各類相關科學研究與應用之推動；
7. GPS 之作業方法與坐標成果可供後續由局部性、區域性到全球性等各個不同規模之定位測量使用。

依照實施計畫之內容，內政部先於 1993-1994 年分別於陽明山、墾丁、鳳林、金門、北港、太麻里、馬祖、東沙等地設置八個 GPS 衛星追蹤站，衛星追蹤站全天候二十四小時連續不斷接收 GPS 衛星資訊，並經由與國際追蹤站之聯測（部分相關測站示如圖 1），精確解算求得八個衛星追蹤站之地心坐標，並做為後續測設各級衛星控制點之坐標依據。其後，亦參酌 TWD67 原有三角點及中央研究院設立之衛星控制點，並配合網形分佈與實用性之考量，規劃設立一等衛星控制點計 105 點（如圖 2）、二等衛星控制點計 621 點，而於 1995-1998 年間陸續辦理一、二等衛星控制點之測量工作，並經過嚴密平差計算後將其成果進行公告。

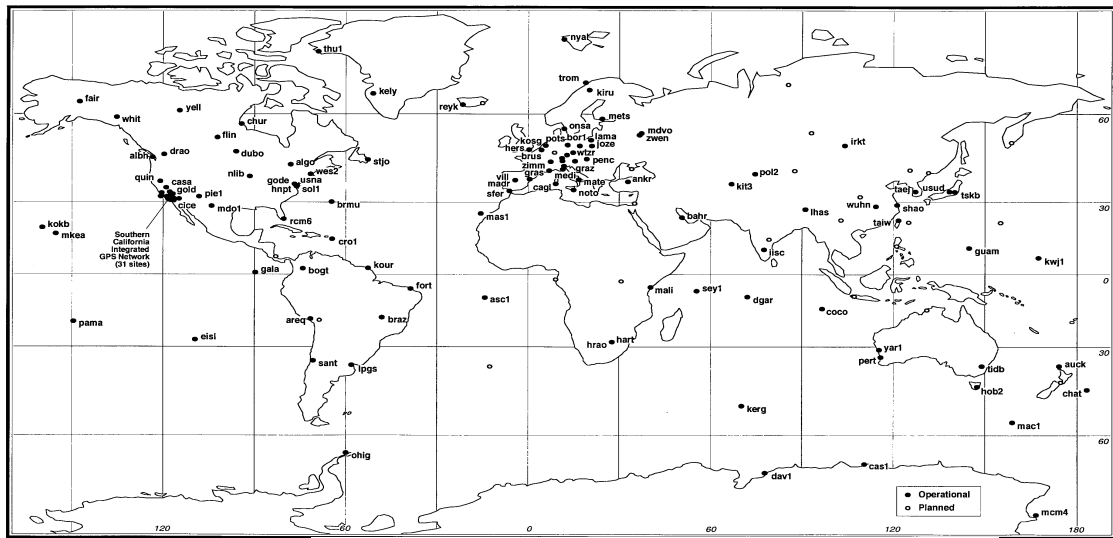


圖 1 TWD97 相關之全球追蹤站

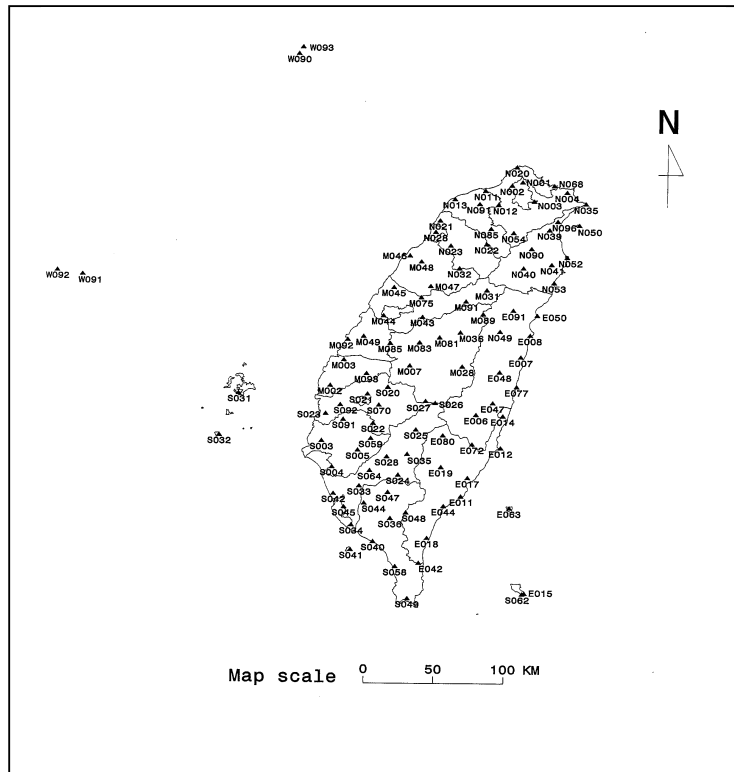


圖 2 TWD97 所含之 105 個一等 GPS 衛星控制點

依此作業架構所公布之國家新坐標系統即命名為 1997 台灣大地基準，簡稱為 TWD97 (Taiwan Datum 1997)。其正式公告之定義如下：

1. 國家新坐標系統之名稱命名為 1997 台灣大地基準 (TWD97)，其建構係採用國際地球參考框架 (International Terrestrial Reference Frame，簡稱為 ITRF)。ITRF 為利用全球測站網之觀測資料成果推算所得之地心坐標系統，其方位採國際時間局 (Bureau International de l'Heure，簡稱為 BIH) 定義在 1984.0 時刻之方位。
2. 國家新坐標系統之參考橢球體採用 1980 年國際大地測量與地球物理聯盟 (International Union of Geodesy and Geophysics，簡稱為 IUGG) 公布之 GRS80 大地參考系統，其橢球相關參數如下：

長半徑  $a=6378137$  公尺

扁率  $f=1/298.257222101$

3. 台灣、琉球嶼、綠島、蘭嶼及龜山島等地區之投影方式採用橫麥卡托投影，經差二度分帶，其中央子午線為東經 121 度，投影原點向西平移 250,000 公尺，中央子午線尺度比為 0.9999；另澎湖、金門及馬祖等地區之投影方式，亦採用橫麥卡托投影，經差二度分帶，其中央子午線定於東經 119 度，投影原點向西平移 250,000 公尺，中央子午線尺度比為 0.9999。

隨著 TWD97 坐標系統之建置完成，我國國土測量事務主管單位內政部所公告施行之相關公文及內文綱要可整理如下：

1. 內政部八十七年三月十七日台 (87) 內地字第 8787707 號文：提供衛星追蹤站及一等衛星控制點測量成果。
2. 內政部八十九年十二月六日台 (89) 內地字第 8978031 號令：發布地籍

測量實施規則第四條「測量基準由中央主管機關定之」，以及第十一條「衛星定位測量應由中央主管機關設置衛星追蹤站，做為國家坐標」之條文增補修正。

3. 內政部九十年五月二日台(90)內地字第 9060856 號令：發布地籍測量實施規則第四條之測量基準「以採用 TWD97 為原則」之條文增補修正。

若比較 TWD67 及 TWD97 二個坐標系統可知(如表 1)。兩者除使用的橢球體基本參數不同外，TWD67 是屬於區域性而非全球性之地心坐標系統，其所屬控制點位之成果係以平面分量坐標為主，且 TWD67 所提供之高程資料，則是利用三角高程所測算得之，屬於精度較低之正高值(以基隆平均海水面起算)。而 TWD97 則是全球性之地心坐標系統，具有一致性的三維空間坐標成果，且 TWD97 高程的定義是以橢球體表面起算之幾何高(橢球高)。隨著新基準 TWD97 的公布施行，當 TWD97 坐標系統和原有 TWD67 坐標系統間的轉換關係亦行建立時，即可成為兩組測量資料成果間相互流通使用之介面。

表 1 TWD67 與 TWD97 坐標系統之比較

項目 \ 坐標系統	TWD67 (虎子山坐標系統)	TWD97 (1997 台灣大地基準)
參考橢球體	GRS67	GRS80
長軸 a	6378160 m	6378137 m
扁率 f	1/298.247167427	1/298.257222101
測量觀測技術	三角三邊	GPS
坐標起始(原)點	虎子山	ITRF 框標站
起始點坐標來源	天文測量	太空大地測量技術
坐標系統型式	區域	全球
主要坐標分量	平面	三維
高程種類	正高(平均海水面高)	幾何高(橢球高)
點位坐標精度提供	無	有

## §4 內政部之 TWD97 成果說明

內政部八衛星追蹤站及一〇五個一等衛星控制點平差計算工作業經委託國立成功大學計算完竣，各項成果係架構在新國家坐標系統「1997台灣大地基準(TWD97)」上，採用1994年公布之國際地球參考框架(ITRF94)，並化算至1980年公布之參考橢球體(GRS80)，其平差計算過程如下：

(一)、衛星追蹤站部分：

### 1.地區網每日基線計算：

以GAMIT軟體進行環太平洋地區網自八十四年四月十日至八十六年八月三十一日每日基線之計算工作，環太平洋地區網包含內政部陽明山、墾丁、鳳林、金門、馬祖、北港、太麻里、東沙、成功大學CK01及IGS之DS10、FAIR、KOKR、YAR1、GUAM、SHAO、TAIW、USU3等，合計十七個衛星追蹤站。

### 2.地區網與國際網整合平差計算：

以GLOBK軟體將環太平洋地區網每日基線計算成果結合SIO (Scripps Institute of Oceanography) 國際網十三個核心站 (ALGO、FAIR、DS10、HART、KOKR、TROM、WTZR、YAR1、YELL、DS42、SANT、MADR、KOSG) 及五十一個分布於全球之IGS國際網測站之計算成果，進行跨年之整合平差計算。

### 3.絕對坐標計算：

以IGS國際網之HART(南非)、DS42(澳洲)、YELL(北美)及WTZR(歐洲)等四站之ITRF94坐標為固定框架，採用GLORG軟體將GLOBK軟體所求出自由網之暫時性坐標解轉換至ITRF94坐標上。



#### 4. 坐標精度：

##### (1)、內在精度：

內政部八衛星追蹤站平差後 ITRF94 絕對坐標標準偏差之平均值分別為  $\pm 0.6$  公釐、 $\pm 0.7$  公釐及  $\pm 0.4$  公釐。

##### (2)、外在精度：

參與平差計算之十三個核心站，除已固定之 HART(南非)、DS42(澳洲)、YELL(北美)及 WTZR(歐洲)等四站外，其餘九站平差後之坐標與原已知坐標之差值，最大約 3.4 公分。

##### (二)、一等衛星控制點部分：

內政部一〇五個一等衛星控制點之坐標，係以八衛星追蹤站 ITRF94 1997.0 曆元 (epoch) 坐標為固定框架，並採用瑞士伯恩 (Bern) 大學研發的 Bernese 4.0 軟體進行平差計算，其資料處理流程如下：

1、資料轉換部分：將 GPS 原始觀測資料 (raw data) 轉換成標準交換格式資料 RINEX (Receiver Independent Exchange format) 檔案，並換算天線盤相位中心垂直高度記錄於 RINEX 資料中。

2、軌道資料處理部分：

(a)、直接使用檢查後之廣播星曆或精密星曆建立標準軌道資料提供計算。

(b)、利用衛星觀測資料估計軌道，並進行比較、更新，進而得到所需的標準軌道，以進行後續計算工作。

3、資料化算部分：

(1) 資料預處理：

A、檢查電碼觀測量。

B、單點定位。

C、選擇差分組成方式及特殊點位之組合，組成一次差相位觀測方程式，並透過三次差觀測方程式偵測週波脫落，以進行週波脫落之補償。

(2)參數估計部分：

採用 GPSEST 子程式，以二次差相位觀測量為平差計算之基本觀測量，逐一求解每一條基線之整週波未定值 (ambiguity)，然後進行單一時段網形平差，以得到各時段之法方程式矩陣。

(3)法方程式之合併求解：

採用 ADDNEQ 子程式，將各時段法方程式矩陣合併進行解算，以得到整體平差成果。

4、一等衛星控制點平差成果於緯度、經度及高程方面之標準誤差平均值分別為  $\pm 0.3$  公分、 $\pm 0.6$  公分及  $\pm 2.0$  公分。