

大地基準及一九九七坐標系統 2010 年成果說明

一. 前言

目前臺灣地區 1997 大地基準(TWD97)及參考坐標系統之訂定，係採用衛星定位測量技術，由內政部於 87 年 3 月 17 日以台(87)內地字第 8781107 號函訂定，嗣於 96 年 11 月 15 日以台內地字第 0960173460 號令訂定基本測量實施規則，將大地基準及國家坐標系統納入該規則第 6 條規定之，其地心坐標框架及參考橢球體分別採用 ITRF94(International Terrestrial Reference Frame, ITRF)及 GRS80。

目前大地基準選定之衛星追蹤站計 8 站，係由內政部於 87 年 3 月 17 日公布其 TWD97 之坐標值，為各等級衛星控制點測量之依據。於同年度公布一、二等衛星控制點坐標值，計完成一等衛星控制點 105 點及二等衛星控制點 621 點。另內政部國土測繪中心(原土地測量局，以下簡稱國土測繪中心)於 84 年起至 92 年止，整體規劃測設三等控制點，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 參考坐標系統三等控制點計 4,710 點，以維護完整、統一且高精度之基本控制點坐標系統。

衛星追蹤站及各級控制點 TWD97 坐標，已歷經 10 餘年，其間因地殼板塊移動產生地殼變動、921 地震及莫拉克風災等影響，長時間累積下，部分地區點位已產生明顯之位移，已無法符合目前測繪之精度需求，實有必要重新檢討調整大地基準及測算點位坐標值。

二. 現有大地基準及坐標系統之探討

有鑒於臺灣位於板塊碰撞劇烈地帶，地表上之衛星追蹤站及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，故內政部自 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，會中決議大地基準及國家坐標系統仍採用法定的一九九七坐標系統(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」(簡稱為「TWD97【2010】」)，並於辦理「2010 年國內 GPS 連續觀測站資料解算工作」時，以至少選用臺灣周邊地區之 6 個國際站、國內 20 個固定站為原則，並採用二種以上軟體進行計算分析。

近年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，陸續建置之 GPS 連續觀測站均全天候 24 小時連續不斷接收衛星資訊，本次收集包含國內交通部中央氣象局、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、臺南市政府、彰化縣政府、花蓮縣政府、臺灣大學、成功大學、清雲科技大學、宜蘭大學、逢甲大學、工研院量測中心、中華電信電信研究所、內政部及國土測繪中心等機關單位共計 359 站之資料進行解算與分析。

經收集各機關單位自 98 年 12 月 1 日至 99 年 1 月 31 日之 GPS 連續觀測站觀測資料，分別以 BERNESE 及 GAMIT 兩套軟體進行計算分析，因選用國際站數之多寡（6 站及 14 站）對於成果差異甚微，決議修正選用 TSKB、SHAO、KUNM、PIMO 及 GUAM 等五個國際站為框架站，再重新計算取其兩套軟體解算坐標之平均值，再依地質穩定與管理維護之掌控程度等條件，增加大地基準選用之衛星追蹤站數量，據以作為後續重新測算其他點位坐標值之基礎。

三. 衛星追蹤站資料平差計算工作

收集各機關單位自 98 年 12 月 1 日至 99 年 1 月 31 日之觀測資料，分別以 BERNESE 4.2 版軟體及 GAMIT 10.35 版軟體進行計算。平差計算後之各項成果為 ITRF05 框架於 2010.0 時刻之坐標值 (ITRF05@2010.0)，再依國際地面參考系統公告之框架轉換參數化算至 ITRF94 之坐標，其平差計算過程分述如下：

1. 每日基線計算：以 GAMIT 及 BERNESE 軟體分別計算 GPS 連續觀測站每日接收資料，並組成包含鄰近 5 個 IGS 國際站日本 TSKB、關島 GUAM、上海 SHAO、昆明 KUNM 及馬尼拉 PIMO 之主網及子網進行最小約制自由網計算，分別以 ADDNEQ 及 GLOBK 軟體將主網及各子網基線計算成果整合成每日解最小約制自由網。
2. 整合平差計算：分別以 ADDNEQ 及 GLOBK 軟體將每日解最小約制自由網進行最小約制整合平差計算。
3. 絕對坐標計算：以 IGS 國際站 TSKB、GUAM、SHAO、KUNM 及 PIMO 等 5 站之 ITRF05 @2010.0 時刻坐標為固定框架，進行強制附合平差計算，計算後之坐標再引用框架轉換參數，將 ITRF05@2010.0 時刻坐標成果化算至 ITRF94@2010.0。
4. 比較 GAMIT 及 BERNESE 軟體解算成果中，選取二套軟體計算結果一致性較高，大部分較差在 1 公分內，且較差標準化改正數小於 3 者，計有 306 站，坐標值為二軟體解算成果之平均值。
5. 坐標精度：

- (1) 內在精度：平差後坐標 (ITRF94) 之各站三軸標準偏差 (σ_x 、 σ_y 、 σ_z) 平均值分別為 ± 0.3 毫米、 ± 0.3 毫米及 ± 0.1 毫米。
- (2) 外在精度：參與平差計算之衛星追蹤站中，TWTF 及 TCMS 為我國加入 IGS 之觀測站，比較本次計算成果與國際地面參考系統 (ITRF05) 公布之坐標比較，三軸最大差值分別為：X 軸 1.4 公分，Y 軸 2.2 公分，Z 軸 0.6 公分 (如表 1)。

表 1：國際站坐標比較表 (ITRF05)

站名	DX(公分)	DY(公分)	DZ(公分)
TWTF	-0.4	1.2	0.2
TCMS	1.4	-2.2	-0.6

6. GAMIT 及 BERNESE 軟體平差計算之流程說明，如附件 1。

四. 大地基準選用之衛星追蹤站及新增一等衛星控制點之原則說明

由前述計算分析可用之 306 站成果中，考量地質穩定與管理維護之掌控程度等條件，分別增加納為大地基準選用之衛星追蹤站站數及新增一等衛星控制點，茲分述如下：

(一) 衛星追蹤站之選定

以原有 87 年公布之陽明山、墾丁、鳳林、金門、北港、太麻里、馬祖及東沙等 8 站為基礎，再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)、YILN (宜蘭)、竹南 (JUNA)、高雄港 (KASH)、埔里 (PLIM)、台中港 (TACH)、外垵 (WIAN)、武陵 (WULI) 及霧鹿 (WULU) 等 10 站，共計選取衛星追蹤站 18 站 (空間分布如圖 1)，衛星追蹤站之標準偏差詳如表 2。

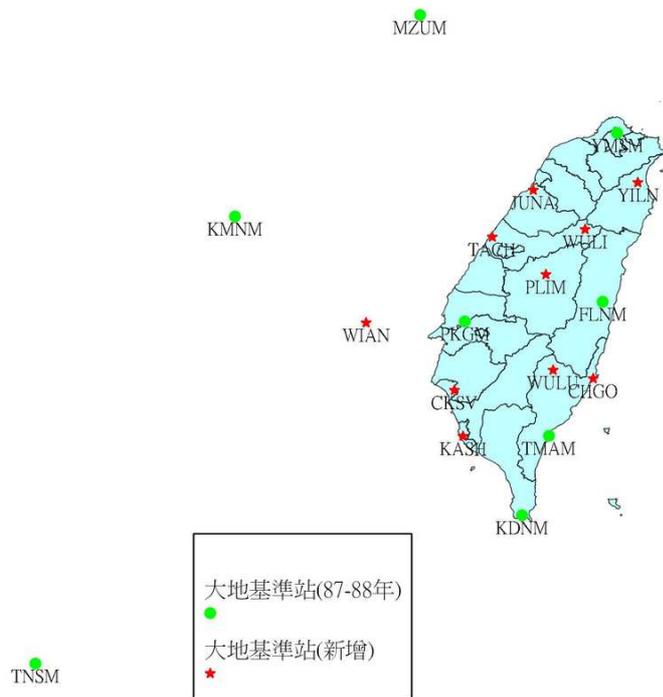


圖 1: 大地基準選用之衛星追蹤站分布圖

表 2: 衛星追蹤站坐標內在精度表

序號	點號	站名	$\sigma_x(\text{mm})$	$\sigma_y(\text{mm})$	$\sigma_z(\text{mm})$
1	CHGO	成功	0.2	0.2	0.2
2	CKSV	成功大學	0.2	0.2	0.2
3	FLNM	鳳林	0.1	0.1	0.1
4	JUNA	竹南	0.2	0.2	0.2
5	KASH	高雄港	0.3	0.3	0.3
6	KDNM	墾丁	0.2	0.1	0.1
7	KMNM	金門	0.1	0.1	0.1
8	MZUM	馬祖	0.1	0.1	0.1
9	PKGM	北港	0.2	0.2	0.2
10	PLIM	埔里	0.3	0.3	0.3
11	TACH	台中港	0.2	0.2	0.2
12	TMAM	太麻里	0.3	0.2	0.2
13	TNSM	東沙	0.5	0.3	0.3
14	WIAN	外垵	0.2	0.2	0.2
15	WULI	武陵	0.3	0.2	0.2
16	WULU	霧鹿	0.3	0.2	0.2
17	YILN	宜蘭	0.2	0.2	0.2
18	YMSM	陽明山	0.1	0.1	0.1

(二)一等衛星控制點(GPS 連續觀測站)之選定:

考量測繪作業應用需要及充分應用 GPS 連續觀測站資料，依空間分布之均勻性及地質穩定之原則另選取 219 點，將其視為一等衛星控制點，提供坐標成果做為各項測繪作業控制點使用。此類點位係由原管理單位持續接收觀測資料，使用者可循相關資料供應機制取得觀測成果，無需自行架設儀器(如圖 2)。

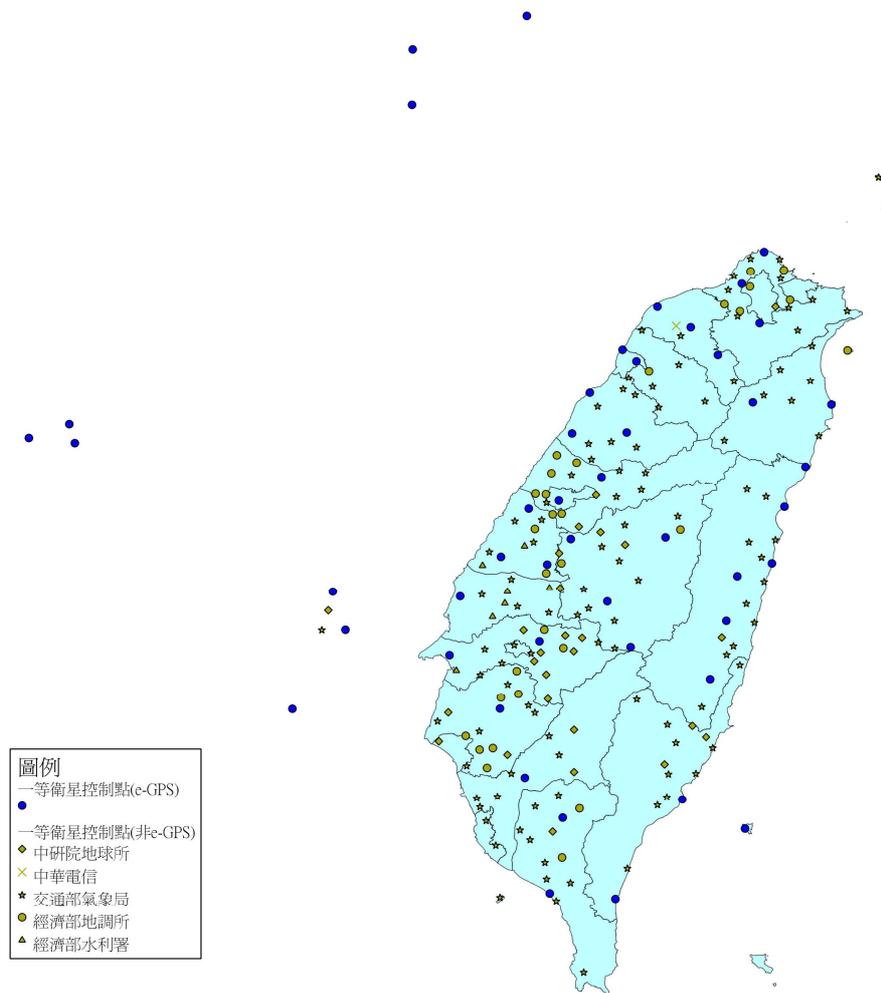


圖 2: 一等衛星控制點(GPS 連續觀測站)分布圖

五. 一、二及三等衛星控制點檢測

分別於 99 年度及 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 2044 點，共計 2718 點 (清單如表 3)，各年度作業內容茲分述如下:

表 3: 各級衛星控制點檢測清單數量一覽表

項次	衛星控制點等級	數量
1	一等	105
2	二等	569
3	三等	2044
	合計	2718

(一)99 年度莫拉克風災災損地區檢測:

針對莫拉克颱風災區縣市南投縣、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 衛星靜態定位測量方式，連續接收 3 小時觀測量，並加入內政部衛星追蹤站及國土測繪中心 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計 1,816 點。

(二)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 衛星靜態定位測量方式，連續接收 3 小時觀測量，並加入內政部衛星追蹤站及國土測繪中心 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計 1,098 點。

六. 一、二及三等衛星控制點平差計算工作

本次一、二、三等衛星控制點檢測，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 連續觀測站)之公布坐標為約制基礎，進行檢測成果計算作業。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(清單如表 4，分布圖如圖 3)坐標為固定框架，採用 TurboNET 軟體進行平差計算，其資料處理過程分述如下：

1. 資料轉換部份：將接收衛星原始觀測資料 (raw data) 轉換成標準交換格式資料 RINEX (Receiver Independent Exchange format) 檔案，並依據所使用之接收儀天線盤型號，換算天線盤垂直高紀錄於 RINEX 資料中。

2. 基線計算部份:於 99 年度至 100 年度施測之 363 個不同時段中，採用 IGS 提供之精密星曆，以 GPSurvey 2.35 版軟體計算，計選取 29,385 條基線。
3. 網形平差計算部分：以 TurboNET 軟體進行平差計算，彙整各時段基線觀測量組成觀測網形後，先分各年度觀測資料單獨進行最小約制平差偵錯計算，考量 99 年度及 100 年度作業有部份相同檢測點位，為獲得唯一坐標成果，將 99 年度及 100 年度最小約制平差成果再次彙整計算，引用 54 站（點）衛星追蹤站及一等衛星控制點（GPS 連續觀測站）坐標成果為約制條件，進行一、二、三等衛星控制點的強制附合網平差計算。
4. 本次檢測之一、二、三等衛星控制點平差成果於緯度、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。
5. 平差計算流程，如附件 2。

表 4: 衛星控制點成果檢測選用已知點清單

點號	站名	點號	站名	點號	站名
CAOT	草屯	JIBE	吉貝	TASI	台西
CHGO	成功	JULI	玉里	TASO	通霄
CHYI	東石	JUNA	竹南	TCYU	中壢
CISH	旗山	KASH	高雄港	TIAN	泰安
CKSV	成功大學	KDNM	墾丁	TMAM	太麻里
CLAN	棲蘭	KYIN	觀音	VR01	和美
DAWU	大武	LSB0	測繪中心	VR02	二林
DOSH	東勢	LUDA	綠島	VR03	田中
FALI	枋寮	MAJA	瑪家	WARO	萬榮
FLNM	鳳林	PKG M	北港	WULI	武陵
FUGN	富岡	PLIM	埔里	WULU	霧鹿
FUSI	復興	SHJU	南寮	WUST	烏山頭
GS10	淡水	SHMN	石門	YILN	宜蘭
GUFU	光復	SICH	新城	YMSM	陽明山
HCHM	十八尖山	SIND	新店	YUSN	玉山北峰
HL01	後龍	SINY	信義	KAFN	高峰
HUAP	和平	SOFN	壽豐	JHCI	竹崎
HUSI	湖西	SUAO	蘇澳	TACH	台中港

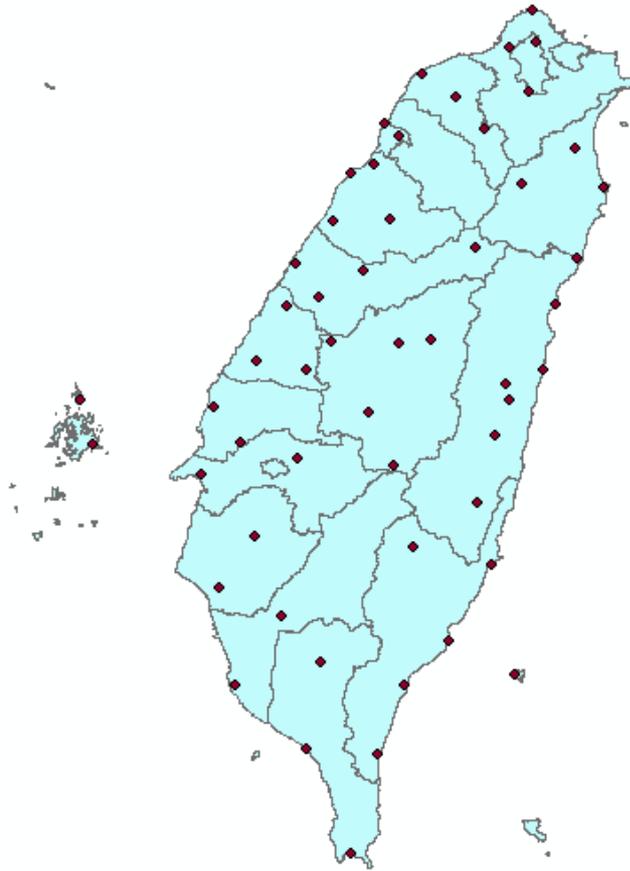


圖 3: 衛星控制點成果檢測選用已知點分布圖

6. 為避免中央山脈與花東海岸山脈之山區，點位過於稀疏，並考量作業經費及困難度，本次檢測作業中未辦理中央山脈與花東海岸山脈之山區之外業觀測，而就內政部 94 年一、二等衛星控制點檢測作業施測點位中，截取山區新增點位與本次辦理檢測點位之最小約制平差完成之基線組成個別之局部網，考量空間分布之均勻性，選取點位與本次檢測點位距離大於 5 公里者，計選取 58 點(分布圖如圖 4，點位清單如表 5)，進行強制套合於本次辦理檢測點位之成果坐標上，並公告為三等衛星控制點。

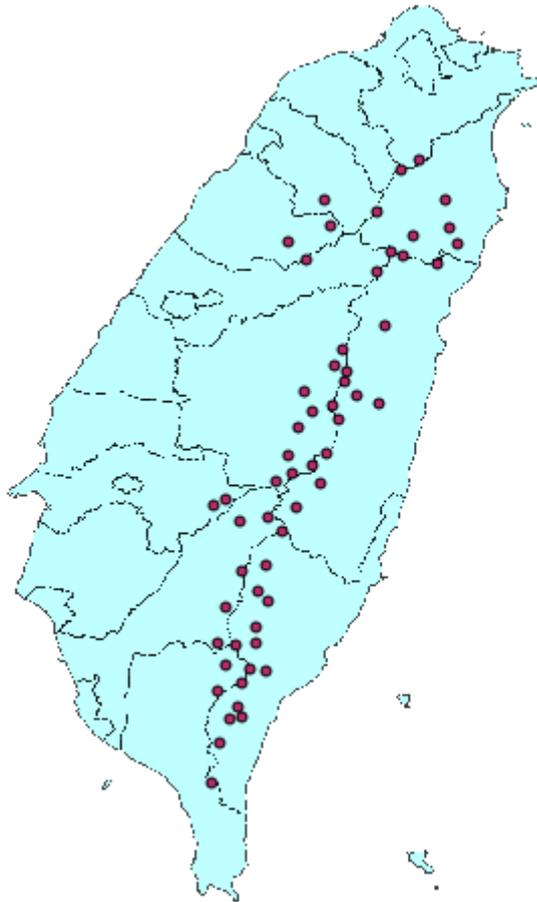


圖 4: 94 年新設控制點分布圖

表 5: 94 年新設控制點清單

序 號	點 號	點 名	點位來源	標石號碼	點位種類	施測等 級	所在地
1	UP14	安東軍山	一等三角點	無	三等衛星控制點	三等	花蓮縣
2	UP19	柏南山	二等三角點	1680	三等衛星控制點	三等	花蓮縣
3	MZ83	三叉山	一等三角點	無	三等衛星控制點	三等	高雄市
4	VP56	唐太蘭山	三等三角點	7100	三等衛星控制點	三等	臺東縣
5	VP54	劍弗山	三等三角點	7102	三等衛星控制點	三等	臺東縣
6	VP48	保奈具南	三等三角點	7213	三等衛星控制點	三等	臺東縣
7	VP49	馬番柏山	三等三角點	7228	三等衛星控制點	三等	臺東縣
8	VP50	白松山	三等三角點	7231	三等衛星控制點	三等	臺東縣
9	UP10	北南山	三等三角點	6337	三等衛星控制點	三等	花蓮縣
10	UP20	拉古拉山	三等三角點	內補 353	三等衛星控制點	三等	花蓮縣
11	UP15	大安山	二等三角點	1454	三等衛星控制點	三等	花蓮縣

序 號	點號	點 名	點位來源	標石號碼	點位種類	施測等 級	所在地
12	VP52	太兒麻山	三等三角點	7158	三等衛星控制點	三等	臺東縣
13	VP58	太里力山	二等三角點	1561	三等衛星控制點	三等	臺東縣
14	LP60	甘藷峰	三等三角點	6362	三等衛星控制點	三等	臺中市
15	UP11	太魯閣大山	二等三角點	1463	三等衛星控制點	三等	花蓮縣
16	VP51	麻天久留	三等三角點	7175	三等衛星控制點	三等	臺東縣
17	VP57	密老老山	三等三角點	7084	三等衛星控制點	三等	臺東縣
18	UP18	盧利拉駱山	航測所控制點	6	三等衛星控制點	三等	花蓮縣
19	UP16	林田山	三等三角點	內補 011	三等衛星控制點	三等	花蓮縣
20	VP53	大浦山	二等三角點	1657	三等衛星控制點	三等	臺東縣
21	VP55	尖山	三等三角點	7095	三等衛星控制點	三等	臺東縣
22	UP17	六順山	森林三角點	無	三等衛星控制點	三等	花蓮縣
23	UP13	白石山	三等三角點	5955	三等衛星控制點	三等	花蓮縣
24	UP12	能高山	三等三角點	5957	三等衛星控制點	三等	花蓮縣
25	MP80	卡社大山	三等三角點	5971	三等衛星控制點	三等	南投縣
26	MP81	丹大	中研院衛星點	S038	三等衛星控制點	三等	南投縣
27	MP79	卓社大山	二等三角點	1455	三等衛星控制點	三等	南投縣
28	MP85	八通關大山	三等三角點	新中橫補六	三等衛星控制點	三等	南投縣
29	LP58	大雪山	二等三角點	1545	三等衛星控制點	三等	臺中市
30	KP49	加利山	三等三角點	6619	三等衛星控制點	三等	苗栗縣
31	KP50	老松山	三等三角點	6625	三等衛星控制點	三等	苗栗縣
32	MP81	巒潭山	二等三角點	1692	三等衛星控制點	三等	南投縣
33	MP84	馬博拉斯山	森林三角點	無	三等衛星控制點	三等	南投縣
34	MP83	僕落西擴	森林三角點	無	三等衛星控制點	三等	南投縣
35	MP82	無雙山	森林三角點	無	三等衛星控制點	三等	南投縣
36	MP78	馬軍山	三等三角點	5954	三等衛星控制點	三等	南投縣
37	LP59	南湖大山	一等三角點	無	三等衛星控制點	三等	臺中市
38	GP14	馬望來山	一等三角點	無	三等衛星控制點	三等	宜蘭縣
39	GP19	飯包山	一等三角點	無	三等衛星控制點	三等	宜蘭縣
40	GP17	富太山	三等三角點	4327	三等衛星控制點	三等	宜蘭縣
41	GP20	麻眉山	三等三角點	6336	三等衛星控制點	三等	宜蘭縣
42	GP16	眉有岩	二等三角點	1553	三等衛星控制點	三等	宜蘭縣
43	GP15	大元山	二等三角點	1086	三等衛星控制點	三等	宜蘭縣
44	FP51	拳頭母山	二等三角點	1025	三等衛星控制點	三等	新北市
45	GP18	比野巴宇	三等三角點	6334	三等衛星控制點	三等	宜蘭縣
46	SP46	霞喀羅大山	三等三角點	6240	三等衛星控制點	三等	新竹縣

序 號	點 號	點 名	點位來源	標石號碼	點位種類	施測等 級	所在地
47	TP71	霧頭山	二等三角點	1559	三等衛星控制點	三等	屏東縣
48	MZ85	孟浪山	三等三角點	7197	三等衛星控制點	三等	高雄市
49	MZ86	烏山	三等三角點	7131	三等衛星控制點	三等	高雄市
50	QP83	脈脈山	三等三角點	7537	三等衛星控制點	三等	嘉義縣
51	TP70	知本主山	二等三角點	1560	三等衛星控制點	三等	屏東縣
52	MZ84	小關山	二等三角點	1668	三等衛星控制點	三等	高雄市
53	TP72	佳菩安山	二等三角點	1171	三等衛星控制點	三等	屏東縣
54	MZ81	南面山	二等三角點	1682	三等衛星控制點	三等	高雄市
55	MZ82	雲峰	二等三角點	1684	三等衛星控制點	三等	高雄市
56	TP69	一場山	三等三角點	7105	三等衛星控制點	三等	屏東縣
57	MZ87	遙拜山	二等三角點	1662	三等衛星控制點	三等	高雄市
58	QP82	霞山	二等三角點	1688	三等衛星控制點	三等	嘉義縣

七. 總計本次辦理公告衛星追蹤站 18 站、一等衛星控制點(GPS 連續站)219 點、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 2102 點，共計 3013 點（清單如表 6）。

表 6: 公告各級控制點清單數量一覽表

項次	點位等級	數量
1	衛星追蹤站	18
2	一等衛星控制點(GPS 連續站)	219
3	一等衛星控制點	105
4	二等衛星控制點	569
5	三等衛星控制點	2102
合計		3013

附件 1:

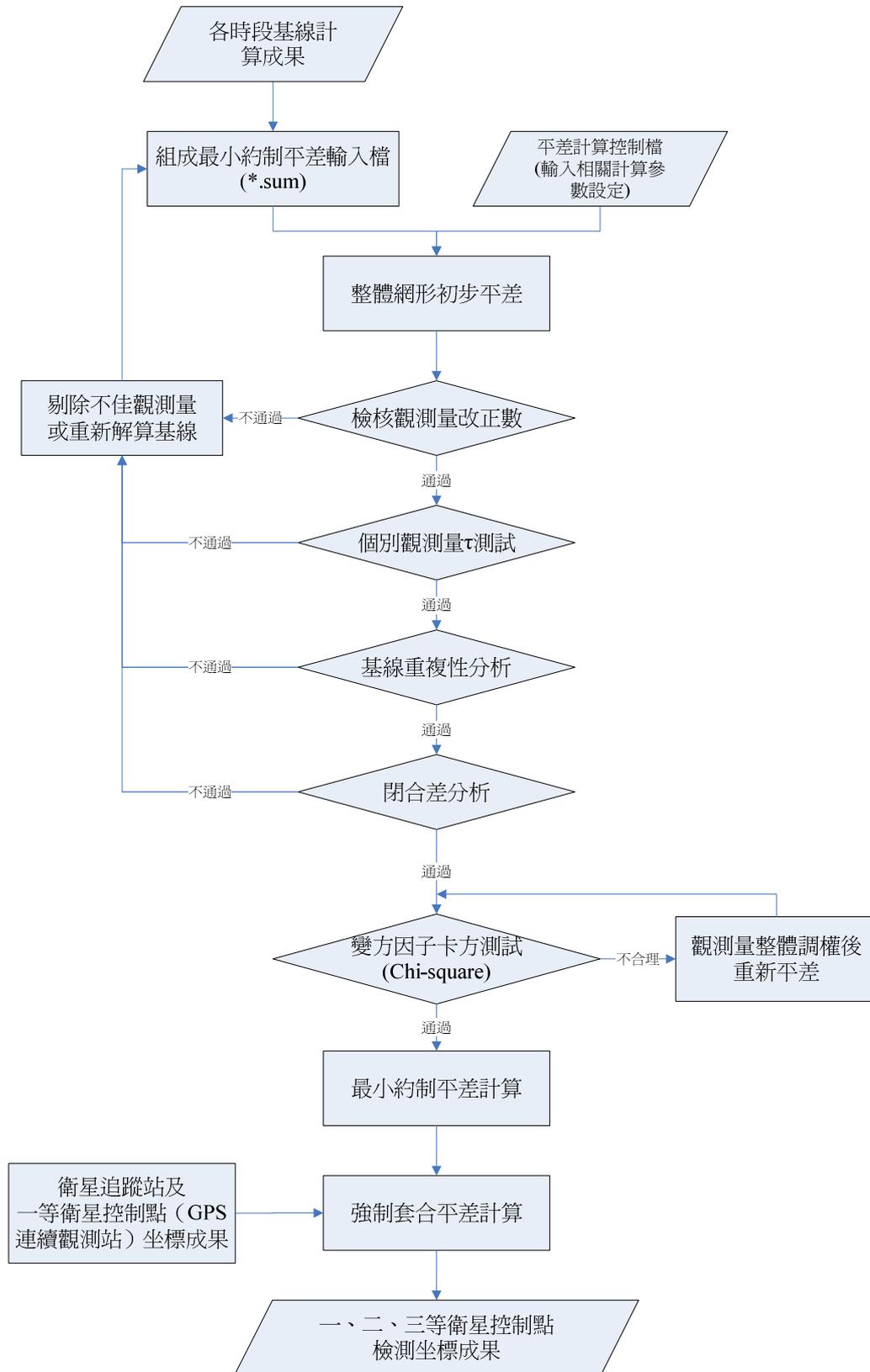
BERNESE 解算流程說明

- 一. 全部測站分成 14 個子測網，每個子測網約含有 30-35 個 GPS 測點，每個子測網皆有 6 個共同點，分別為澎湖 S01R、台北 S101、嘉義 S103、屏東 S23R、金門 KMNM、馬祖 MZUM，每次解算一子測網，以最小約制方式約制 S103(天數較齊全)，俟該天 14 個子網全部完成，再將全部子測網整合平差成一完整的測網。
- 二. 以 ITRF05 國際地面參考框架為基準，計算國內 GPS 連續觀測站之基線解算成果，並選用鄰近 5 個 IGS 國際站進行強制附合求解。軌道資料使用 IGS 公佈的最終精密軌道資料 (IGS Final Orbit)，確保軌道資料準確。
- 三. TWD97 參考坐標系統計算，主要為系統框架轉換，由 ITRF2005 坐標係轉換至 ITRF2000，再轉換到 TWD97 參考坐標系統所使用之 ITRF1994 坐標框架。

GAMIT 解算流程說明

- 一. 挑選國內 24 個連續站與 5 個國際站組成主網進行計算。
- 二. 另將全部測站組成 11 個子網，每子網均包含主網中 6 個國內主站 (MZUM、PANG、YMSM、FLNM、KMNM、BANC) 共同計算，子網組成以測站區域分布為原則，每子網組成站數從 9 到 50 站不等。
- 三. 合併 11 個分網加上 IGS 站與國內核心站的主網，並以先前求得已套合至 ITRF2005 之國際 IGS 站與國內核心站坐標作為約制，利用 GLRED 得到每站每日時間序列，再利用 GLOBK 計算最後所有之連續站坐標。

附件 2:



網形平差計算流程說明