

檢測作業準備

-1 裝備需要

一、所需資料【內政部，2000】：

- (一)測區及其附近之地形圖或基本圖。
- (二)測區及其附近之基本控制點及其他已知點分佈圖、成果表及點之記。
- (三)其他測量機關在測區及其附近測設之控制點成果表及點之記。

二、所需表格【內政部，2000】：

- (一)三角三邊測量：水平角觀測手簿、天頂距、距離觀測手簿。
- (二)精密導線測量：水平角、距離觀測手簿。
- (三)GPS 衛星定位測量：衛星定位測量外業點位調查表、裝備表及觀測時段表、衛星定位測量外業觀測紀錄表。

三、所需裝備【FGCC，1984】：

(一)三角三邊及精密導線測量裝備【內政部，2000】：

- 1.儀器設備：經緯儀、電子測距儀、腳架、捲尺、稜鏡組、電池、充電器、對講機、溫度計、氣壓計、計算器、測傘、資料夾及裝備表內所列之相關設備等。
- 2.平差計算與繪圖：電腦、控制網平差軟體及相關週邊設備等。

(二)GPS 衛星定位測量裝備【內政部，2000】：

- 1.儀器設備：GPS 接收儀、天線盤、腳架、纜線、基座、電池、量尺、充電器、指北針、對講機、溫度計、氣壓計、計算器、資料夾及裝備表內所列之相關設備等。

2. 平差計算與繪圖：電腦、GPS 基線處理及網形平差軟體、相關週邊設備等。

四、儀器規範：

(一) 三角三邊測量儀器：

1. 我國規範【內政部，1998】

等級 類別	一等	二等 甲級	二等 乙級		三等	四等
經緯儀之最小讀數	0.2"	0.2"	0.2"	1.0"	1.0"	1.0"

2. 美國規範【FGCC，1984】

等級 類別	一等	二等一級	二等二級	三等一級	三等二級
經緯儀之最小讀數	0.2"	0.2"	1.0"	1.0"	1.0"

3. 澳洲規範【ICSM，1996】

等級 類別	2A	A	B	C	D		E
儀器最小讀數	0.2"	0.2"	1"	1"	1"	6"	6"

4. 我國現行規定和美國之規範大致相同，僅在二等乙級中增採 0.2" 讀數之經緯儀。澳洲規範計分 6 個等級，與我國相對應之等級應為 2A、A、B 及 C 等四級。

規範研擬時，可考量我國內政部於民國六十九年公佈現行三角點檢測成果當時之「地籍測量實施規則」中【內政部，1975】，並無二等精度甲、乙級分類之相關條文，故將現行規範中有關

二等精度甲、乙級之分類予以合併，並考量檢測較測設標準為寬之作業特性，故採用原二等精度中之乙級標準，以做為檢測使用之參考。其規範如下：

類別 \ 等級	一等	二等	三等	四等
經緯儀之最小讀數	0.2"	1.0"	1.0"	1.0"

(二)精密導線測量儀器：

1.我國規範【內政部，1998】

類別 \ 等級	一等	二等甲級		二等乙級		三等	四等
經緯儀之最小讀數	0.2"	0.2"	1.0"	0.2"	1.0"	1.0"	1.0"

2.美國規範【FGCC，1984】

類別 \ 等級	一等	二等 一級	二等 二級	三等 一級	三等 二級
經緯儀之最小讀數	0.2"	1"	1"	1"	1"

3.規範研擬時，可將現行規範中有關二等精度甲、乙級之分類予以合併，並考量檢測較測設標準為寬之作業特性，故採用原二等精度中之乙級標準，以做為檢測使用之參考。其規範如下：

類別 \ 等級	一等	二等	三等	四等
經緯儀之最小讀數	0.2"	1.0"	1.0"	1.0"

(三) GPS 衛星定位測量儀器：

- 1.我國採用雙頻衛星接收儀，當 AS(Anti-spoofing)關閉時，至少具電碼接收能力，當 AS 開啓時，仍能記錄 L1 全波長及 L2 全波長或半波長載波相位【衛星測量中心，1994】。
- 2.美國可採用單頻或雙頻衛星接收儀，但多數之精密測量採用雙頻接收儀以改正電離層折射誤差【FGCC，1989】。
- 3.加拿大在同一項測量作業中建議使用同型天線和接收儀，以使天線相位中心之偏差降至最低。如欲達二等或以上精度之測量作業，建議採用雙頻接收儀，以確保資料之可靠性【GSD，1992】。
- 4.紐西蘭採用雙頻衛星接收儀，且至少具 8 個頻道電碼接收及相位追蹤能力，並能記錄 L1 及 L2 全波長載波相位【LINZ，1998】。
- 5.規範研擬採用雙頻 GPS 衛星接收儀，且至少具 8 個頻道電碼接收及相位追蹤能力，並能記錄 L1 及 L2 全波長載波相位觀測量。

五、裝備使用注意事項：

- (一) 使用之儀器裝備必須妥善加以保養維護。
- (二) 使用之儀器須以三腳架或固定樁架設，使之穩固。
- (三) 使用之儀器須具定心照準裝置，以確保儀器能對準點位中心，使用之基座並應定期進行光學照準器之對心檢校。
- (四) 使用之經緯儀正倒鏡讀數如超過 30" 以上，則必須進行儀器校正【FGCC，1984】。
- (五) 使用之電子測距儀應利用國家基線場進行定期檢校【FGCC，1984】
【ICSM，1996】。
- (六) 使用之 GPS 接收儀應配合天線盤，於相位中心率定場及短距離基線檢定場進行定期檢校【土地測量局，2000】。

-2 選點原則及規範

- 一、在圖上將測區範圍用色筆繪出，再將測區及其附近範圍內現存可用之全部已知控制點予以標示，並根據地形圖或基本圖將已知點連成網形【內政部，2000】。
- 二、檢測所選定之已知點，且須選擇至少三個互相通視且分佈良好之控制點進行觀測，以組成檢測所須之量測系統。
- 三、選用之測站必須擺站進行觀測，且測站間須有多餘連結，以使觀測量形成足夠之連接量。
- 四、不可採用前方或後方交會法進行檢測作業【FGCC，1984】。
- 五、網形幾何規範：
 - (一)三角三邊測量：

1.我國規範【內政部，1998】

類別 \ 等級	一等	二等		三等	四等
		甲級	乙級		
主要測站間之邊長 (公里)	在20以上 為原則	10至20 為原則	5至10 為原則	3至8 為原則	1至3 為原則
幾何圖形之最小 角度不得小於	25°	25°	20°	20°	15°

2.美國規範【FGCC，1984】

類別 \ 等級	一等	二等 一級	二等 二級	三等 一級	三等 二級
測站間距不得小於 (公里)	15	10	5	0.5	0.5
圖形內所有角度不得 小於	30°	25°	25°	20°	20°

- 3.規範研擬時，可將現行規範中有關二等精度甲、乙級之分類予以合併，以不違反現行規定之相關原則為前提，參考美國規範

能適度區隔各等級間差距之特性，以做為檢測使用之參考。其規範如下：

類別 \ 等級	一等	二等	三等	四等
測站間距不得小於 (公里)	15	5	3	1
圖形內所有角度 不得小於	30°	25°	20°	15°

(二)精密導線測量：

1. 我國規範【內政部，1998】

類別 \ 等級	一等	二等		三等	四等
		甲級	乙級		
導線長度 (公里)	10至20 為原則	5至10 為原則	2至5 為原則	1至3 為原則	0.3至1.5為 原則

2. 美國規範【FGCC，1984】

類別 \ 等級	一等	二等 一級	二等 二級	三等 一級	三等 二級
測站間距不得小於 (公里)	10	4	2	0.5	0.5

3. 規範研擬時，可將現行規範中有關二等精度甲、乙級之分類予以合併，以不違反現行規定之相關原則為前提，並考量檢測較測設標準為寬之作業特性，以做為檢測使用之參考。其規範如下：

類別 \ 等級	一等	二等	三等	四等
測站間距不得小於 (公里)	10	2	1	0.5

(三) GPS 衛星定位測量：規範之研擬，係依我國各級衛星控制點實際佈設密度為考量，其基線長度之幾何規範如下：

類別 \ 等級	一等衛星 控制點	二等衛星 控制點	三等及四等 衛星控制點
點位間基線距離 (公里)	10—25	3—15	2—5

野外觀測作業

-1 作業規定

一、三角三邊及精密導線測量：

- (一) 測站點位須對照點之記加以確認【ICSM，1996】。
- (二) 照準點位須明確清晰，經緯儀定心誤差應在規定範圍內。其中，美國之規範明確規定定心誤差必須在 1mm 以內【FGCC，1984】，澳洲之規範則表示野外作業程序之光學定心器誤差不得大於 1.5 mm，垂球定心誤差應小於 3 mm以內【ICSM，1996】。
- (三) 實施電子測距時須量取測線兩端之溫度及壓力。其中，美國之規範制定溫度部份應記錄至 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，水銀氣壓計則記錄至 $\pm 5 \text{ mm Hg}$ 【FGCC，1984】。

二、GPS 衛星定位測量：

- (一) 各級衛星控制點的檢測以靜態測量作業方式為主。
- (二) 確認測量標之點號與計劃觀測點號是否符合。
- (三) 架設天線應仔細進行定心定平，定心誤差須在規定範圍內。天線特定標記應共同指向北方，並確實接妥天線電纜。進行天線高之量測，並確實複查。
- (四) 填寫衛星定位測量觀測記錄表，定時量測溫度、濕度及氣壓值並加以記錄。
- (五) 施測時應按正常程序開機，並設定各項觀測參數。

-2 觀測精度及規範

-2-1 角度觀測規範

(一) 三角三邊測量：

1. 美國規範【FGCC，1984】

類別		等級				
		一等	二等 一級	二等 二級	三等 一級	三等 二級
水平 角 觀 測	測回數	16	16	12	4	2
	各次觀測值與平均 值之差不得超過	4"	4"	5"	5"	5"
天 頂 距 觀 測	正倒鏡測回數	3	3	2	2	2
	觀測值之誤差不得 超過	10"	10"	10"	10"	20"

2. 澳洲規範【ICSM，1996】

類別		等級					
		2A	A	B	C	D	E
測回數		6	6	2	1	1	1
每測回讀次		6	6	6	6	4	2
各次觀測值與平均值 之差不得超過		4"	4"	5"	6"	10"	20"
每測回讀次差值不得 超過		6"	8"	10"	12"	20"	30"
各測回之間的差值不 得超過		3"	4"	4"	—	—	—

註：—表示不可應用。

3.我國現行相關規定與美國之規範相似，規範研擬時，可將現行規範中有關二等精度甲、乙級之分類予以合併，並考量檢測較測設標準為寬之作業特性，故採用原二等精度中之乙級標準，以做為檢測使用之參考。其規範如下：

類別		等級			
		一等	二等	三等	四等
水平角觀測	測回數	16	12	4	2
	各次觀測值與平均值之差不得超過	4"	5"	5"	5"
天頂距觀測	正倒鏡測回數	3	2	2	2
	觀測值之誤差不得超過	10"	10"	10"	20"

(二) 精密導線測量：

1. 美國規範【FGCC，1984】

類別		等級				
		一等	二等一級	二等二級	三等一級	三等二級
水平角觀測	測回數	16	8 或 12*	6 或 8※	4	2
	各次觀測值與平均值之差不得超過	4"	4"	5"	5"	5"

註：* 經緯儀讀數如為 0.2"，則採 8 測回；如為 1.0"，則採 12 測回。

※ 經緯儀讀數如為 0.2"，則採 6 測回；如為 1.0"，則採 8 測回。

2. 澳洲規範【ICSM，1996】

類別 \ 等級	2A	A	B	C	D	E
測回數	6	6	2	1	1	1
每測回讀次	6	6	6	6	4	2
各次觀測值與平均值之差不得超過	4"	4"	5"	6"	10"	20"
每測回讀次差值不得超過	6"	8"	10"	12"	20"	30"
各測回之間的差值不得超過	3"	4"	4"	—	—	—

註：—表示不可應用。

3. 我國現行規定與美國之規範相似，規範研擬時，可將現行規範中有關二等精度甲、乙級之分類予以合併，並考量檢測較測設標準為寬之作業特性，故採用原二等精度中之乙級標準，以做為檢測使用之參考。其規範如下：

類別 \ 等級	一等	二等	三等	四等	
水平 角 觀 測	測回數	16	8	4	2
	各次觀測值與平均值之差不得超過	4"	5"	5"	5"

-2-2 距離觀測規範

(一) 三角三邊測量：

1. 我國規範【內政部，1998】

類別 \ 等級	一等			二等甲級			二等乙級			三等			四等		
測回數	4			4			4			3			2		
每測回讀次	10			10			10			10			10		
使用儀器	光 電	紅 外 線	微 波 △	光 電	紅 外 線	微 波 △	光 電	紅 外 線	微 波	光 電	紅 外 線	微 波	光 電	紅 外 線	微 波
各次觀測間容許之最大差值 (mm)	40	5	*	50	5	*	60	5	*	60	5	※	—	—	※

註：1. △：僅在光電儀器無法使用時採用之。

2. *：測線兩端之觀測值經氣象改正後，其差不得超過 0.1 公尺。

3. ※：測線兩端之觀測值經氣象改正後，其差不得超過 0.15 公尺。

2. 美國規範【FGCC，1984】

類別 \ 等級	一等			二等一級			二等二級			三等一級			三等二級		
使用儀器	光 電	紅 外 線	微 波												
每測回讀次	10	—	—	10	10	—	10	10	—	10	10	20	10	10	20
最小測回數	2	—	—	2	2	—	2	2	—	1	1	2	1	1	1
各次觀測與平均值之差不得超過 (mm)	40	—	—	40	5	—	50	5	—	60	10	100	60	10	150

註：—表示不可應用。

3. 澳洲規範【ICSM，1996】

類別 \ 等級	2A	A	B	C	D	E
觀測天數	2	1	1	1	1	1
每測回讀次	6	6	6	6	6	6
完全觀測之測回數	4	4	2	1	2	1
各次觀測與平均值之差(mm)	< 3(5+d)	—	—	—	—	—

註：d 為量測之距離(km)。

— 表示不可應用。

4. 研擬之規範中，係將現行有關二等精度甲、乙級之分類予以合併，距離測量之測回數則引用我國之現行規定，另參考引用美國之相關標準，進行光電、紅外線及微波測距儀適用等級之補充，其精度規範如下：

類別 \ 等級	一等			二等			三等			四等		
測回數	4			4			3			2		
每測回讀次	10			10			10			10		
使用儀器	光 電	紅 外 線	微 波 △	光 電	紅 外 線	微 波	光 電	紅 外 線	微 波	光 電	紅 外 線	微 波
各次觀測間容許之最大差值(mm)	40	5	*	60	5	*	60	10	100	60	10	150

註：△表示僅在光電儀器無法使用時用之。

* 表示測線兩端之觀測值經氣象改正後，其差不得超過 0.1 公尺。

(二) 精密導線測量：

1. 我國規範【內政部，1998】

類別 \ 等級	一等			二等甲級			二等乙級			三等及四等		
	光電	紅外線	微波△	光電	紅外線	微波	光電	紅外線	微波	光電	紅外線	微波
每測回讀次	10			10			10			10		
每一完全觀測組之觀測次數	3	2	—	2	2	—	1	1	—	1	1	—
各次觀測間容許之最大差值	50	10	—	60	—	*	—	—	*	—	—	※

註：△：僅在光電儀器無法使用時採用之。

—：依儀器說明書之規定。

*：測線兩端之觀測值經氣象改正後，其差不得超過 0.15 公尺。

※：測線兩端之觀測值經氣象改正後，其差不得超過 0.2 公尺。

2. 美國規範【FGCC，1984】

類別 \ 等級	一等			二等一級			二等二級			三等一級			三等二級		
	光電	紅外線	微波	光電	紅外線	微波	光電	紅外線	微波	光電	紅外線	微波	光電	紅外線	微波
每測回讀次	10	10	—	10	10	20	10	10	20	10	10	10	10	10	10
最小測回数	1	1	—	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
各次觀測與平均值之差不得超過 (mm)	60	10	—	60	10	150	—	10	150	—	—	200	—	—	200

註：—表示不可應用。

3. 澳洲規範【ICSM，1996】

類別 \ 等級	2A	A	B	C	D	E
觀測天數	2	1	1	1	1	1
每測回讀次	6	6	6	6	6	6
完全觀測之測回數	4	4	2	1	2	1
各次觀測與平均值之差(mm)	<3(5+d)	-	-	-	-	-

註：d 為量測之距離(km)。

—表示不可應用。

4. 研擬之規範係將我國現行有關二等精度甲、乙級之分類予以合併，並考量光電及紅外線測距儀目前已普遍使用之現況，進行其適用於三、四等測量等級內之擴充。其精度規範如下：

類別 \ 等級	一等			二等			三等及四等		
	光電	紅外線	微波	光電	紅外線	微波	光電	紅外線	微波
每測回讀次	10			10			10		
每一完全觀測組之觀測次數	3	2	—	1	1	—	1	1	—
各次觀測間容許之最大差值	50	10	—	60	10	—	70	20	—

註：—表示不可應用。

-2-3 GPS 衛星定位觀測規範

(一) 我國規範【衛星測量中心，1994】【台灣省政府地政處，1995】

等級 項目	一等 衛星控制點	二等 衛星控制點	三等及四等 衛星控制點
最少觀測時間（分鐘）	240	120	60
所有接收器最少的連續 且同步觀測時間（分鐘）	120	60	45
資料取樣間隔（秒鐘）	15	15	15
點位遮蔽仰角應小於 （度）	20	30	40
點位精度因子（PDOP）應 小於	10	10	10
須連測之上級控制點數	3	3	3
重覆觀測站數應大於 1. 新點 2. 已知點：高程控制點 平面控制點	100%	40%	20% 25% 10%
不同時段重覆觀測銜接 邊數應大於	20%	10%	5%
必須連測之上級控制點 距離之最大值（公里）	10	3	1

(二) 美國規範【FGCC，1989】

項目	等級			
	AA	A	B	C 1,2,3
觀測時間不得少於(分鐘)	240	240	120	30~60
所有接收器最的連續且同步觀測時間不得少於(分鐘)	180	120	60	20~30
最大資料取樣間隔(秒鐘)	15	30	30	15~30
衛星分佈象限不得小於	4	4	3	3 或 2
遮蔽物水平高度不得大於(度)	10	15	20	20~40
最少持續觀測追蹤站數	4	4	3	選擇性
最小測站重覆觀測率： 重覆擺站 3 次或以上	80%	40%	20%	10%
重覆擺站 2 次				
1. 新點	100%	80%	50%	30%
2. 已知點：高程控制點	100%	100%	100%	100%
平面控制點	100%	75%	50%	25%
最小基線重覆觀測率	25%	15%	5%	5%
當鄰近的 NGS 或 GPS 站距離測區小於(公里)時則必須進行連測	30	10	5	3

(三) 澳洲規範【ICSM，1996】

項目 \ 等級	3A	2A	A	B	C	D
觀測時間不得少於 (分鐘)	180	120	60	30	30	30
每個測站之最小獨立基線 數	3	3	2	2	2	2
測站間距 (公里)	100-500	10-100	0.5-10	0.1-5	>0.05	—
資料取樣間隔 (秒鐘)	*	*	*	*	*	*
點位精度因子 (PDOP) 不得大於	10	10	10	10	10	10
衛星高度應大於 (度)	15	15	15	15	15	15 或 10
最少共同觀測衛星數	4	4	4	4	4	4
最小測站重覆觀測率：						
至少重覆擺站 3 次	50%	40%	20%	10%	—	—
至少重覆擺站 2 次	100%	100%	100%	100%	—	—

註：1. — 表示不可應用。

2. * 表示可選擇，一般資料取樣間隔可為 5、10、20 或 30 秒鐘，但所有同步觀測的接收儀取樣間隔要設定相同。
3. 最小的衛星高度角為 15 度，對 D 或較低的等級可為 10 度。
4. 大部份方法需要最少 4 顆衛星，但一般最好有 5 顆或以上，多餘的衛星可預防其中有衛星失鎖，並加速未定值之求解。

(四) 研擬之觀測規範以我國現行相關規定為架構，有關點位遮蔽仰角（衛星高度角）係參考美國一等衛星點之測量標準，共同觀測衛星數則引用澳洲標準，以取得適用性較寬之觀測規範。其適用於檢測作業之相關規範如下：

類別 \ 等級	一等衛星控制點	二等衛星控制點	三等及四等衛星控制點
最少觀測時間（分鐘）	240	120	60
同步觀測時段不得少於（分鐘）	120	60	45
觀測量取樣間隔（秒鐘）	15	15	15
衛星高度角不得少於（度）	10	10	10
衛星分佈象限不得少於	3	3	3
點位精度因子（PDOP）不得大於	10	10	10
共同觀測衛星數不得少於	4	4	4

成果計算檢核

-1 計算程序

一、三角三邊及精密導線測量計算【土地測量局，1998】：

(一)採用土地測量局為執行各項控制測量觀測資料計算標準化，所開發之控制網平差程式，以進行檢測所得觀測量與未知數之平差計算。觀測資料經初步檢查無誤後，依程式輸入格式進行資料之整理建檔，執行計算程式以進行各項平差作業。

(二)採用之平差計算模式：

1. 最小約制平差：由已知控制點中任選二個較可靠之點位加以固定，平差程式可自動對測量成果品質進行偵錯分析。再由操作人員判斷後剔除錯誤觀測值，並檢查控制網圖形強度是否足夠及觀測值是否無誤。
2. 已知點加權平差：為驗證已知點間是否含有較大之誤差，可將已知點坐標當做虛擬觀測值，採加權平差方式處理，以分析已知點坐標是否變動。
3. 強制附合平差：將可用之已知點加權固定，進行強制附合平差，以求得檢測點之坐標。

(三)平差計算及偵錯注意事項：

1. 距離觀測量必須進行氣象改正、傾斜改正、投影改正及化歸至平均海水面上長度之改正，對向觀測的距離不可重複輸入計算。
2. 已知點坐標輸入是否正確，平差後其坐標值是否改變，若坐標有所改變，則表示已知點之中誤差設定過大。
3. 最大坐標改正量是否為零，若否則表示平差尚未完成，如經檢核仍有大錯誤存在或已知點之近似坐標精度不夠時，應再重新平差。

4. 標準化改正數較大者（程式內定之判斷值為 3.0），代表該觀測量越可能是錯誤觀測量，剔除錯誤觀測量時以一次剔除一個，由標準化改正數之絕對值較大者開始為原則。
5. 個別多餘數較小者（程式內定之判斷值為 0.25），代表該觀測量可靠度越低，當有錯誤時越不易偵錯，若個別多餘數較低或幾何強度較差時，應增加多餘觀測量。
6. 後驗單位權中誤差應接近 1，若否則可能是觀測量中存有錯誤或觀測量先驗精度估計不佳所造成，此時應先行檢查觀測量是否仍有錯誤，否則應再調整先驗精度估值至後驗單位權中誤差接近於 1 為止。

二、GPS 衛星定位測量計算【土地測量局，1998】：

- (一) 單基線計算：將同一觀測時段內二個或二個以上測站觀測所接收到之觀測量（含載波相位及電碼觀測量），先經過週波脫落之偵測及補償後，求解測站間之基線分量（ ΔX ， ΔY ， ΔZ ）。
- (二) 最小約制網形平差計算：
 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，以進行網形平差計算及偵錯。
 2. 將整個控制網形內，各單一觀測時段網形平差計算及偵錯後之成果，共同納入並固定於一個已知點坐標上，以進行控制網之整體平差計算及偵錯。
- (三) 基準轉換：經過最小約制整體網形平差計算之成果係架構在台灣大地基準 TWD97 之坐標系統上，其須再進行基準轉換，以獲得點位之 TM 二度分帶坐標成果。實施基準轉換之方式包括：

1. 強制附合網形平差：將經過整體網形最小約制平差計算後之成果，強制附合於最少三個已知坐標之三維控制點，以求得檢測點位之 TM 二度分帶坐標成果。
2. 坐標轉換：透過已知控制點之 TM 二度分帶坐標及 TWD97 坐標，經由坐標轉換數學模式以求解獲得坐標轉換參數後，再將檢測點平差後之 TWD97 坐標，利用轉換參數求得點位之 TM 二度分帶坐標成果。

5-2 檢核方法及規範

一、檢測成果檢核程序：

- (一) 將所有辦理檢測之點位，利用其已知之原坐標進行各點間相應距離及方位角之反算，相鄰兩測線之方位角相減，亦可得到測線間之角度。
- (二) 將檢測觀測量實施平差計算後所得之成果，與各點位原坐標及其反算所得之點位間相應距離及角度進行比較。
- (三) 相應成果進行比較時，應注意坐標是否轉換至同一基準面，角度與距離是否經過相關改正程序化算至同一參考面上。
- (四) 辦理檢測之點位皆應進行成果之檢核，凡角度、距離（基線）及坐標之檢核合乎規範標準者，可考量其所滿足之精度等級，並視測量作業等級之需求，提供後續相關作業使用。

二、現行相關成果檢核規定：

- (一) 我國現行檢測規定【內政部，2000】【土地測量局，1998】：
 1. 三角三邊及精密導線測量：
 - (1) 角度檢測：每一角度值與其坐標反算所得之角度相較，其較差應在 ± 20 秒以內者，視為無誤。

- (2)距離檢測：所得邊長值與相應兩點坐標反算之邊長相較，其較差小於等於 1/10000 者，視為無誤。
- (3)坐標檢測：檢測所得之坐標與原坐標相較，以瞭解各點位坐標之偏差程度，並行判定其是否滿足控制點原測設等級坐標精度之要求。

2.GPS 衛星定位測量：

- (1)相對定位測量觀測量平差計算後，可得已知點間之基線長及方位角。
- (2)所得之基線長經傾斜改正、化歸至平均海水面改正及投影改正計算後，與相應兩點坐標反算之邊長相較，其較差小於 1/10000 者，視為無誤。
- (3)相鄰兩測線方位角相減，即可得一角度值，此角度值與相應坐標反算所得之角度相較，其較差在±20 秒以內者，視為無誤。

(二)三角三邊測量相關成果之檢核：

- 1.為求研擬較為詳實之檢測成果檢核標準，可將國內外控制點測設規範中，有關三角三邊測量之相關檢核資料加以整理。其中我國與美國所制定之三角形閉合差檢核標準相同【內政部，1998】【FGCC，1984】，其示之如下：

等級 類別	一等	二等甲級	二等乙級	三等	四等
三角形閉合差平均值 不得超過	1.0"	1.2"	2.0"	3.0"	5.0"
三角形閉合差最大值 不得超過	3"	3"	5"	5"	10"

2. 邊長誤差檢核標準如下【內政部，1998】：

類別 \ 等級	一等	二等甲級	二等乙級	三等	四等
邊長測距相對中誤差	1/1,000,000	1/900,000	1/800,000	1/500,000	1/250,000

註：表中所列之評估指標稱為「邊長測距相對中誤差」，其值為全測回測距觀測之中誤差相對於測站間距離的比數，並非指測距平均誤差相對於測站間距離的比數。

(三) 精密導線測量相關成果之檢核：

1. 為求研擬較為詳實之檢測成果檢核標準，可將國內外控制點測設規範中，有關精密導線測量之檢核資料加以整理。其中之方位角閉合差如下：

(1) 我國規範【內政部，1998】

類別 \ 等級	一等	二等甲級	二等乙級	三等	四等
檢核點方位角閉合差 (N 為測站數)	每測站 1" .0 或 $2" .0\sqrt{N}$	每測站 1" .5 或 $3" .0\sqrt{N}$	每測站 2" .0 或 $6" .0\sqrt{N}$	每測站 3" .0 或 $10" .0\sqrt{N}$	每測站 8" .0 或 $30" .0\sqrt{N}$
點位閉合差或閉合比數不得超過	$0.04m\sqrt{k}$ 或 1/100,000	$0.08m\sqrt{k}$ 或 1/50,000	$0.2m\sqrt{k}$ 或 1/20,000	$0.4m\sqrt{k}$ 或 1/10,000	$0.8m\sqrt{k}$ 或 1/5,000

(2) 美國規範【FGCC，1984】

類別 \ 等級	一等	二等一級	二等二級	三等一級	三等二級
檢核點方位角閉合差	$1" .7\sqrt{N}$	$3" .0\sqrt{N}$	$4" .5\sqrt{N}$	$10" .0\sqrt{N}$	$12" .0\sqrt{N}$

2.邊長誤差檢核標準如下【內政部，1998】：

類別 \ 等級	一等	二等甲級	二等乙級	三等	四等
邊長測距相對中誤差	1/600,000	1/300,000	1/120,000	1/60,000	1/30,000

註：表中所列之評估指標稱為「邊長測距相對中誤差」，其值為全測回測距觀測之中誤差相對於測站間距離的比數，並非指測距平均誤差相對於測站間距離的比數。

(四)GPS 衛星定位測量相關成果之檢核：

1. 為求研擬較為詳實之檢測成果檢核標準，可將國內外控制點測設規範中，有關 GPS 衛星定位測量之檢核資料加以整理。其中我國使用之基線觀測資料處理標準如下【衛星測量中心，1994】

【地政處，1995】：

類別 \ 等級	一等衛星控制點	二等衛星控制點	三等及四等衛星控制點
使用之星曆	精密星曆	精密星曆 或廣播星曆	精密星曆 或廣播星曆
閉合差			
各分量之閉合差 ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) 對 閉合圈總邊長之比 數應小於 (ppm)	2.5	5	7.5
全系各分量之閉合 差 ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) 對閉合圈總邊長之 平均比數應小於 (ppm)	1.8	3.5	5.5

2. 國外 GPS 衛星測量觀測精度之評估標準，一般採用相對精度之方式表示。其中，美國及澳洲即以基站誤差(base error, a) 與基線長度誤差(line-length error, b)，來推求其基線之相對誤差(e)，亦即：

$$e = a + b \cdot L \quad (\text{澳洲})$$

$$e = \sqrt{a^2 + (b \cdot L)^2} \quad (\text{美國})$$

其中， L 為距離 (km)， e 及 a 單位為公釐 (mm)， b 以 ppm 表示。依此進行 GPS 衛星定位測量觀測精度等級之分類時，美國及澳洲所採行之精度標準如下：

(1) 美國【FGCC，1989】

等級	最低精度 (95%信心區間)	應用範疇
AA	$3\text{mm} + 0.01\text{ppm} \cdot L$ (300-500km)	全球性或區域性 地球動力及變形監測
A	$5\text{mm} + 0.10\text{ppm} \cdot L$ (50-100km)	NGRS 一級網及局部 地殼變動監測
B	$8\text{mm} + 1.0\text{ppm} \cdot L$	NGRS 二級網及高精度 工程測量
C-1	$10\text{mm} + 10\text{ppm} \cdot L$	製圖用控制測量
C-I	$20\text{mm} + 20\text{ppm} \cdot L$	土地資訊系統應用
C-II	$30\text{mm} + 30\text{ppm} \cdot L$	地籍測量
C-3	$50\text{mm} + 50\text{ppm} \cdot L$	工程測量

(2) 澳洲【ICSM，1996】

等級	最低精度 (95%信心區間)	
	固定誤差 (mm)	基線長度誤差 (ppm)
3A	0.2	2
2A	0.6	8
A	1.5	18
B	3	35
C	6	75
D	10	125
E	20	250

(五) 坐標精度相關成果之檢核：

1. 為提供檢測所得坐標精度評估之參考，可就國外若干測量機構現行採用的定位精度表示法、精度標準以及各項標準之間的關係進行說明。其中，加拿大大地測量局於 1996 年制訂定其「定位精度標準」(Accuracy Standards for Position, 1996)，其平面定位精度標準採 95%信心橢圓 (2σ) 方式表示。有關點位 i 在網形中，其平面坐標精度標準誤差橢圓 (1σ) 之長 (a)、短 (b) 半徑計算方式如下：

$$a = [(\sigma_{\phi_i}^2 + \sigma_{\lambda_i}^2) / 2 + q]^{1/2} \quad (1)$$

$$b = [(\sigma_{\phi_i}^2 + \sigma_{\lambda_i}^2) / 2 - q]^{1/2} \quad (2)$$

式中，

$$q = [(\sigma_{\phi_i}^2 - \sigma_{\lambda_i}^2)^2 / 4 + \sigma_{\phi_i \lambda_i}^2]^{1/2} \quad (3)$$

$\sigma_{\phi_i}^2$ ：緯度分量之變方值

$\sigma_{\lambda_i}^2$ ：經度分量之變方值

$\sigma_{\phi_i \lambda_i}^2$ ：經緯度分量之協變方值

該誤差橢圓長半軸方位角 θ 之計算方式如下：

$$\tan 2\theta = 2\sigma_{\phi_i\lambda_i} / (\sigma_{\phi_i}^2 - \sigma_{\lambda_i}^2) \quad (4)$$

式中， 2θ 角之正負符號規定為 $\sin 2\theta$ 應與 $\sigma_{\phi_i\lambda_i}$ 同號， $\cos 2\theta$ 應與 $(\sigma_{\phi_i}^2 - \sigma_{\lambda_i}^2)$ 同號。

為將上述標準誤差橢圓轉成精度評估使用之 95% 信心橢圓，可將 (1)(2) 式所算得的 a 、 b 值乘上一個 2.45 倍之數值。

2. 美國聯邦大地控制委員會曾於 1984 年制訂一組大地控制網精度標準，後為因應衛星大地測量技術之發展，而由美國聯邦地理資料委員會於 1998 年起草訂定一項新的「大地空間定位精度標準」(FGDC First Draft Geospatial Positioning Accuracy Standards, 1998)，其平面定位坐標精度標準以 95% 信心圓表示，該信心圓半徑 r 之計算方式如下：

$$C = b/a \quad (5)$$

$$K_p = 1.960790 + 0.004071C + 0.114276C^2 + 0.371625C^3 \quad (6)$$

$$r = K_p a \quad (7)$$

(5) 式中使用之 a 、 b 值可分別利用 (3)、(4) 式予以求得。

3. 澳洲政府測量與製圖顧問委員會於 1996 年依不同的測量種類，而訂定有關「控制測量的標準與實務」(Standard and Practices for Control Survey, 1996)。該項標準之定位精度指標，係採用相對標準誤差橢圓 1σ 的長半徑，必須小於或等於最大允許值 r ，其值之計算方式如下：

$$r = c(d + 0.2) \quad (8)$$

式中，

r ：長半徑之最大允許值，單位為公厘

d ：定位點到任一測站間之距離，單位為公里

c ：依各種測量類別而定之乘常數，該值為歷年測量之經驗數值，其值如下：

等級	1 σ 之 c 值	2 σ 之 c 值	測量種類
2A	3	8	高精度國家級大地測量
A	7.5	18	國家級與洲級測量
B	15	35	加密測量
C	30	75	次等級測量

三、研擬之檢核項目及規範：

(一) 角度檢核：

1. 三角三邊測量：參考現行規範中有關觀測量檢核誤差允許量之規定【內政部，1998】，取其「三角形閉合差最大值」之二倍值做為檢測評估之標準。規範研擬時，可將現行規範中有關二等精度甲、乙級之分類予以合併，並考量檢測較測設標準為寬之作業特性，採用原二等精度中之乙級標準，以做為檢測使用之參考。

取用二倍誤差量之原因，係基於統計平差中 2σ 之誤差出現機率約為 95%，以及已知點原觀測誤差與位移量存在現況之考量。其反應在四等精度之觀測時，角度較差值 $20''$ 之檢測評估值將與現行採用之規定相吻合。

規範研擬即取其檢測所得之角度值與其原坐標反算所得之相應角度進行比較，其較差應符合下列之標準：

類別 \ 等級	一等	二等	三等	四等
角度較差量	6"	10"	10"	20"

2. 精密導線測量：參考現行規範中有關觀測量檢核誤差允許量之規定【內政部，1998】，取其「方位角閉合差」之二倍值做為檢測評估之標準。規範研擬時，可將現行規範中有關二等精度甲、乙級之分類予以合併，並考量檢測較測設標準為寬之作業特性，採用原二等精度中之乙級標準，以做為檢測使用之參考。

規範研擬即取其檢測所得之方位角值與其原坐標反算所得之相應方位角值進行比較，其較差應符合下列之標準：

類別 \ 等級	一等	二等	三等	四等
角度較差量 (N 為測段數)	$4'' \cdot 0\sqrt{N}$	$12'' \cdot 0\sqrt{N}$	$20'' \cdot 0\sqrt{N}$	$60'' \cdot 0\sqrt{N}$

註：表中所採之 N 值，其代表意義為「測段數」(number of segments)，我國現行規範之相關內容指其為「測站數」，應有涵義上之不同。

(二) 距離檢核(適用三角三邊及精密導線測量)：參考現行規範中有關觀測量檢核誤差允許量之規定【內政部，1998】，其中「邊長測距相對中誤差」所引用測距值中誤差之概念較易引起計算時之誤解，故擬改採「閉合比數」為參考之依據，取其二倍值做為檢測評估之標準。其反應在四等精度之觀測時，檢測評估之距離較差比值亦為 1/10,000，將與現行採用之規定相吻合。

規範研擬時，可將現行規範中有關二等精度甲、乙級之分類予以合併，並考量檢測較測設標準為寬之作業特性，採用原二等精度中之乙級標準，以做為檢測使用之參考。

規範研擬即取其檢測所得之邊長值與其原坐標反算所得之相應邊長進行比較，其較差量與邊長長度之比值應符合下列之標準：

類別 \ 等級	一等	二等	三等	四等
距離較差比	1/200,000	1/40,000	1/20,000	1/10,000

(三) 基線長度檢核 (適用 GPS 衛星定位測量)：參考我國現行作業規範中有關 GPS 施測成果之精度【衛星測量中心，1994】【地政處，1995】，取其「基線長標準誤差」之二倍值做為檢測評估之標準。

規範研擬即取其檢測所得之基線長度值與其原坐標反算所得之相應基線長度進行比較 (兩者須化算為同一空間距離或投影長度)，其較差應符合下列之標準：

類別 \ 等級	一等衛星控制點	二等衛星控制點	三等及四等衛星控制點
基線長度較差量	1 cm + 2ppm	2 cm + 4ppm	3 cm + 6ppm

(四) 坐標檢核：我國現行相關規定中，並無控制點坐標精度標準之相關內容，若參考國外測量機構所採用之定位精度標準時，必須要有已知點坐標分量之變方值，或是歷年測量作業所得知有關點位精度之經驗數值，方可求得坐標精度之評估指標。

考量我國之現況，以傳統三角三邊方法施測所得之控制點，其坐

標成果精度資料不易獲知。現階段可藉 GPS 衛星定位測量之成果為例，其由我國內政部所發布之成果說明中可知，台澎金馬地區一等及二等衛星控制點平差成果之坐標中誤差值，分別如下：

分量 \ 等級	一等衛星控制點	二等衛星控制點
緯度 (cm)	0.3	1.1
經度 (cm)	0.6	1.1

有關三、四等衛星控制點之坐標成果中誤差值部份，可參考其測設精度規範約為二等衛星控制點相關標準之 2 倍，故其坐標成果精度即取為 2.2 cm 做為計算使用。此時，即可參照美國及加拿大之點位精度評估公式（5 式至 7 式），計算求得代表點位坐標精度之 95% 信心圓半徑，該數值即代表觀測所得之坐標成果，會有 95% 之機率（約 2σ ）落在此一標準範圍內。

規範研擬即取其檢測所得之坐標值與其原坐標進行比較，兩者須化算為同一坐標基準（如 TWD97 上之 TM 二度分帶坐標），其較差值應符合上述 95% 信心圓半徑之概念，各坐標分量應滿足下列之標準：

等級	坐標分量較差值 (cm)
一等衛星控制點不得大於	2.4
二等衛星控制點不得大於	5.0
三四等衛星控制點不得大於	9.8

由於傳統三角點或精密導線點之坐標成果中誤差值並非十分明確，測量人員在辦理檢測作業之成果檢核時，如欲採用坐標量為檢核之評估標準，可依測點之現況進行其原坐標精度之推估，再依相關計算公式，求得該檢測點坐標較差允許值，以做為該點位可否提供後續測量作業使用之判定標準。