



大地測量課程

大地控制 (Geodetic Control)

張嘉強

健行科技大學
應用空間資訊系





大地控制點

- 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
- 將其歸算到所選定的大地基準上，進而透過各種計算公式，來算出各地面點位的坐標值（含水平及垂直二組分量）
- 這些特定地面點被稱之為控制點，可作為次級點位坐標引測之參考
- 連接控制點之間空間關係所構成的網系稱之為大地控制網，如三角網、導線網、水準網以及衛星控制網等





控制點類型

- 依測量技術分類：
 - 導線點(圖根點, 都市計畫樁, 航測標)
 - 三角點
 - 衛星控制點
 - 重力點
 - 水準點





控制點類型

- 依坐標分量分類：
 - 水平控制點
 - 垂直控制點
- 依精度等級分類：
 - 一等控制點
 - 二等控制點
 - 三等控制點
 - 四等控制點





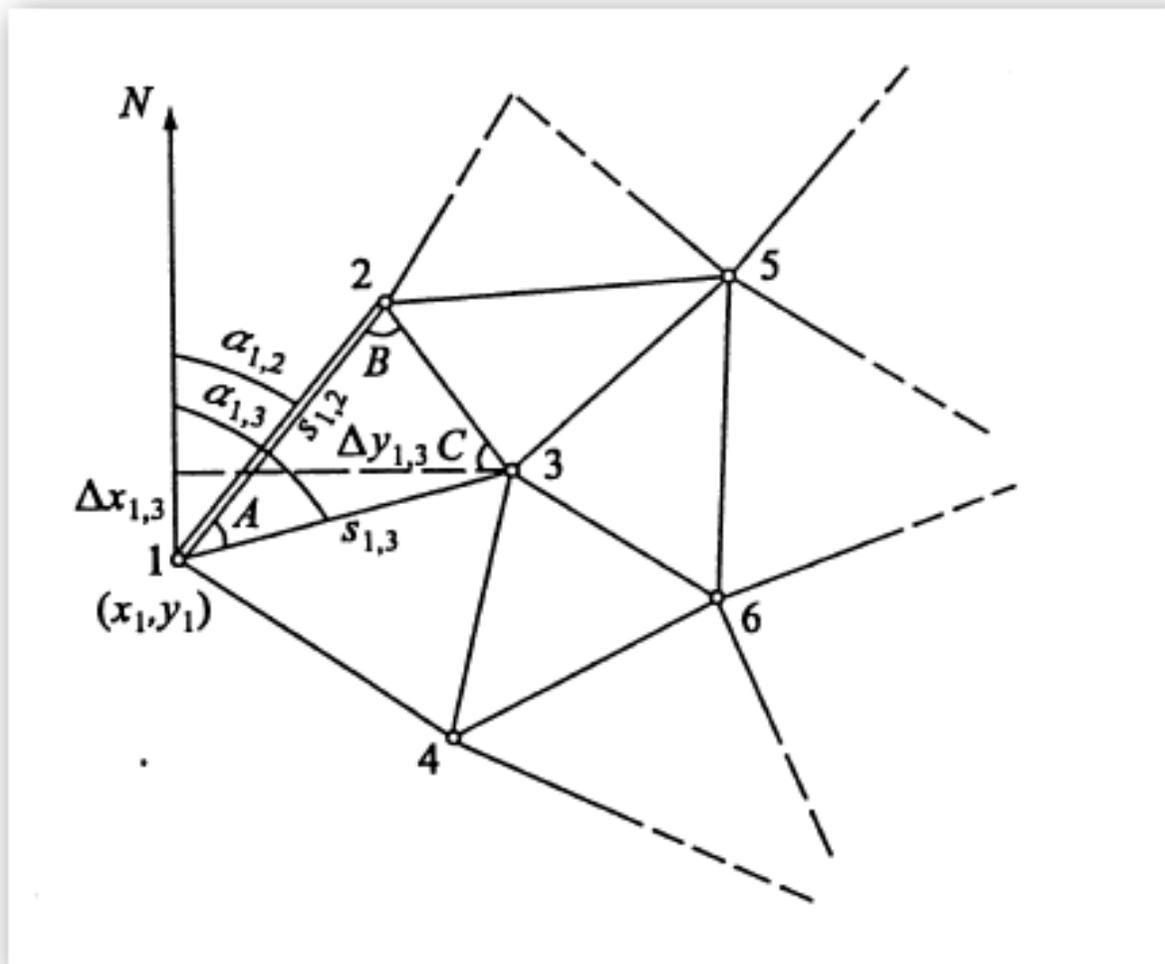
控制測量作業技術

- 導線測量
- 三角測量
- 天文測量
- GPS定位測量





三角(三邊)測量基本原理





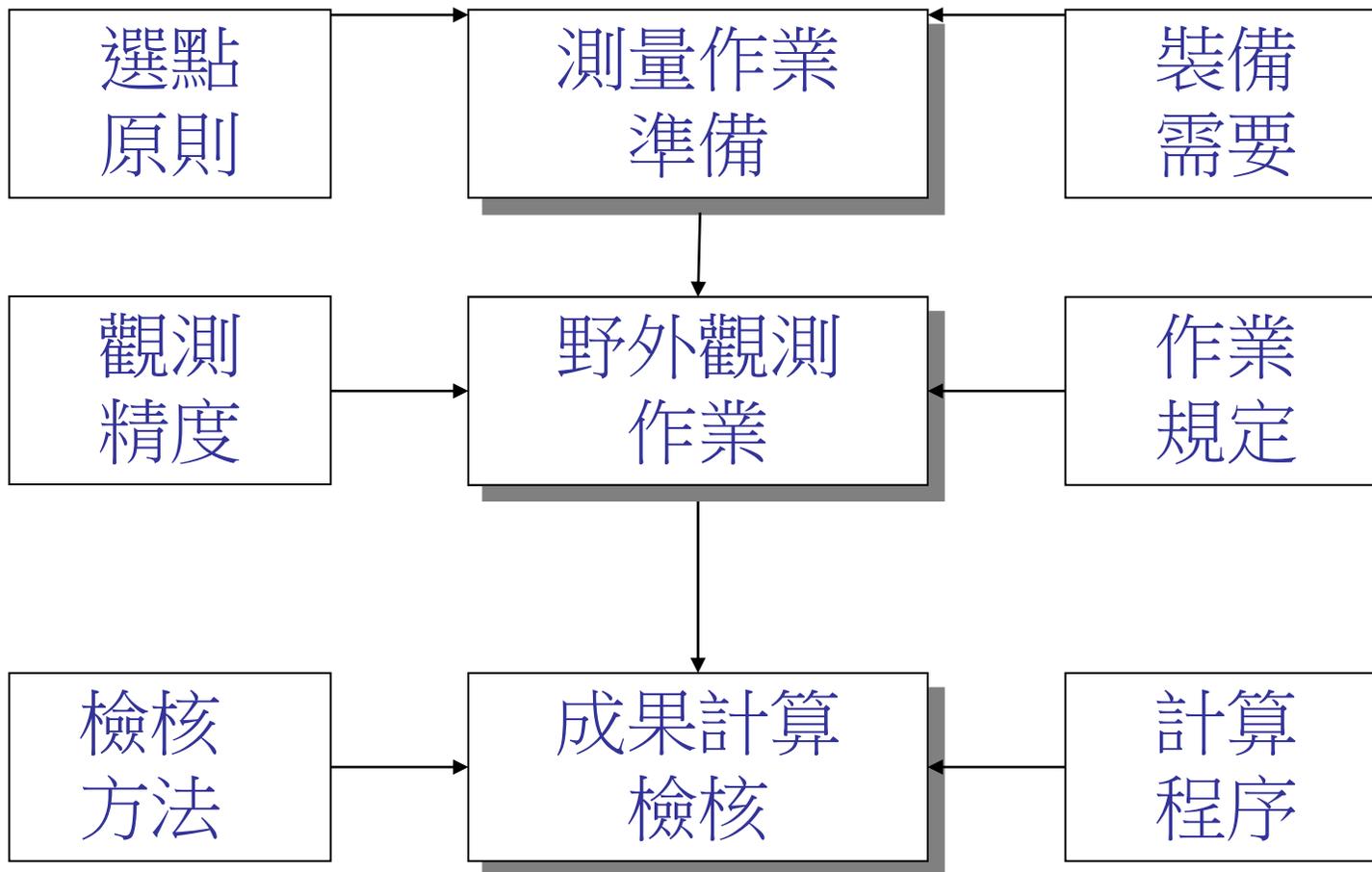
三角測量組成元素

- 起算元素(已知值)：已知點坐標、基線長、方位角
- 觀測元素(觀測量)：方向角(內角)、邊長
- 計算元素(待定值)：平差之邊長、方位角、待測點坐標





控制測量作業程序





網形設計

- 在大地測量規劃階段，進行網形的優化設計，以減少外業布點的花費
- 零級設計(Zero Order Design, ZOD)
- 一級設計(First Order Design, FOD)
- 二級設計(Second Order Design, SOD)
- 三級設計(Third Order Design, TOD)





網形設計內容

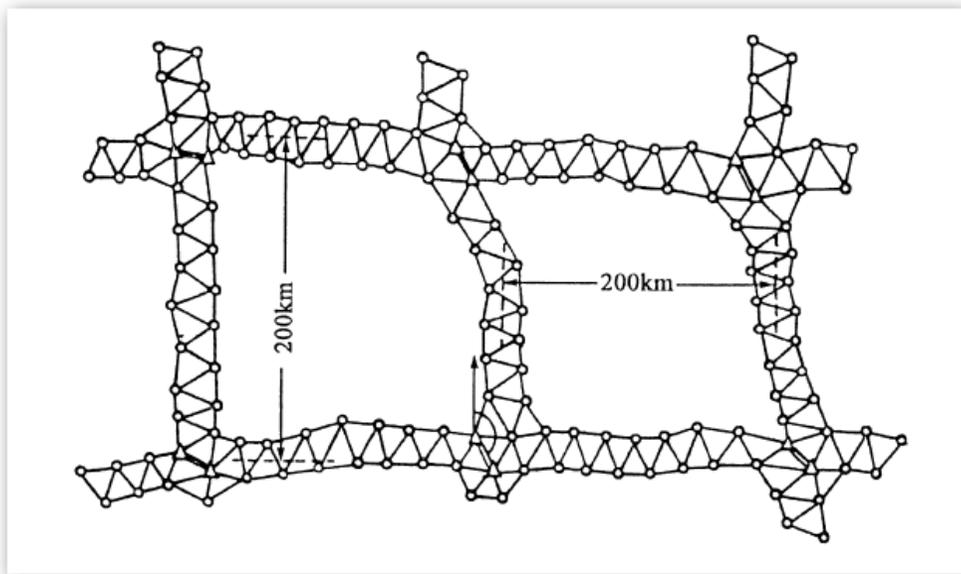
- 函數 $Q_{xx} = N^{-1} = (A^T P A)^{-1}$

等級	固定參數	待定參數	內涵
ZOD	A, P	X, Q_{xx}	基準
FOD	P, Q_{xx}	A	圖形
SOD	A, Q_{xx}	P	權
TOD	Q_{xx} , 部分A, P	部分A, P	加密

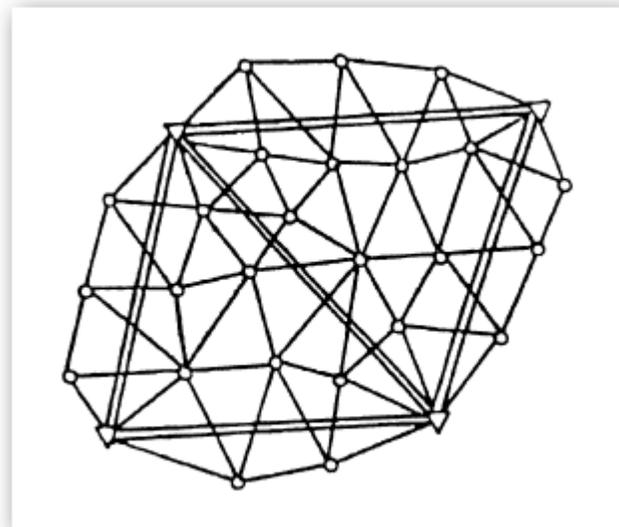




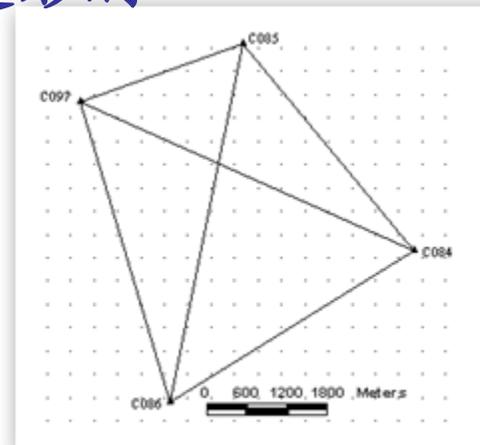
三角網的形狀



三角鎖



中心多邊形網



四邊形網





三角測量儀器規範

等級 類別	一等	二等	三等	四等
經緯儀之最小 讀數	0.2''	1.0''	1.0''	1.0''





常用的大地經緯儀





衛星定位測量儀器規範

- 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。





三角網形幾何規範

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





衛星定位幾何規範

等級 類別	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 離（公里）	10—25	3—15	2—5





三角測量角度觀測規範

類別		等級	一等	二等	三等	四等
		水平角觀測	測回數	16	12	4
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''	





精密導線測量角度觀測規範

類別		等級	一等	二等	三等	四等
		水平角觀測	測回數	16	8	4
	各次觀測值與平均值之差不得超過	4''	5''	5''	5''	





三角測量距離觀測規範

等級 \ 類別	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

△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。





精密導線測量距離觀測規範

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
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
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	—

—表示不可應用。





衛星定位測量觀測規範-1

項目 \ 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
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





衛星定位測量觀測規範-2

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
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





三角三邊網形平差計算程序

- 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。
- 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。
- 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。





三角三邊網形平差計算注意事項-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。
- 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。
- 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。





三角三邊網形平差計算注意事項-2

- 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。
- 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。
- 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。





GPS衛星定位測量計算程序-1

- 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 ）。
- 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。





GPS衛星定位測量計算程序-2

- 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TM二度分帶坐標成果。





控制點檢測

- 基本控制點之檢測作業係針對所選定之已知坐標控制點，實施三角三邊、導線或GPS定位等測量方法，利用其觀測所得之成果進行該控制點坐標是否可靠之檢核，以供後續測量作業中加以引測使用，故其為控制測量作業項目中最為基本及重要之一項程序。





檢測成果之檢核程序-1

- 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。
- 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。





檢測成果之檢核程序-2

- 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。
- 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。





成果檢核標準

- 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。
- 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 $1/10,000$ 者，視為無誤。
- 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。





衛星控制點檢核標準(建議)

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

