

新北市政府 100 年度自行研究報告

我國測量技術發展之展望

研究單位：新北市樹林地政事務所

研究人員：董有恒

研究期程：自 100 年 1 月 31 日至 100 年 10 月 31 日

新北市政府 100 年度自行研究成果摘要表	
計畫名稱	我國測量技術發展之展望
期程	自 100 年 1 月 31 日至 100 年 10 月 31 日
經費	不需
緣起與目的	<p>隨著全球定位系統之快速發展，人們對於土地四至之精度要求亦趨亦高，尤其對都市土地之充分利用，如何應用新的測量技術及軟體來達到要求，似乎已成為地政測量人員應思考及應對之課題，而對於在工程、地籍、軌道方面與測量技術發展更是習習相關，為期能使我國在測量技術發展上對地籍測量有所精進，故希望能藉由本計畫之研究與探討，參考國外案例實務經驗，提出相關資訊來共同研商討論。</p>
方法與過程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 文獻分析 2. 國內外之案例研究 3. 比較分析
研究發現及建議	<p>應儘速成立測量大隊，利用升格為直轄市後之充足人力及所採購之 GPS、e-GPS 等設備，依照測量控制的概念，遵循「從整體到局部」、「先控制後細部」的程序，建立本市一套與一、二等及相鄰縣市之控制點聯測所獲得之 TWD97 坐標系統框架，並就本市地籍與城鄉都計單位作一事權統一之整合，對於地籍與都計不符情事自可降低，而原委由地政事務所負責佈設控制點、圖根點業務將回歸由本局所成立之測量專責機構作業，對地所而言將可專心辦理一般人民申請案件，而每年持續辦理之地籍圖重測業務，其先期之控制點清理及檢核時間就大幅縮短許多，一方面提高重測成果精度，另一方面對於相鄰段界自無重疊或分開之現象，又對於圖解區自可搭配本局刻正推動之外業自動化作業，必能減少許多不必要之麻煩。</p>
備註	

我國測量技術發展之展望

目錄

壹、 前言	2
貳、 測量之發展概況	3
參、 測量儀器與方法	4
一、 測量儀器	4
二、 測量方法	5
1. 傳統測量（三角、三邊測量、角邊混合測量）	5
2. 航空攝影測量	5
3. 衛星定位測量（GPS）	5
肆、 各種測量方式之分析	7
伍、 未來展望	8
一、 e-GPS	8
二、 圖根點補建	9
三、 智慧型手機結合 GPS 運用於指界上	9
陸、 結論與建議	9
柒、 參考資料	9

壹、 前言

如果說測量是一門科學，不如說它除科學外，也涵括了技術層面，嚴謹的說法，則應從其定義來看，所謂測量，係運用各種適當方法及儀器決定點與點間相互之距離、方向及高度等關係之一門學術，可見從定義最後之學術二字，不難發現，與本文開端所言不謀而和，再加上儀器與技術的演進與推陳出新，近代之測量設備與方法實有長足之精進，雖是如此，但若非於此方面學有專精之人，仍無法窺得其全貌，僅為略知一、二，且過去為了從事天文測量及大地測量之老前輩們，在從事高山上觀測工作常得忍受寒冷天氣與背負沉重之設備，但自近十年來一種新且獨立的方法被廣用於測量上，它改變了人們的一切，那就是全球衛星定位系統，此系統之發明原本是美國人純為軍事上目的所發展出來一套定位系統，除了可提供全球性、全天候、連續、即時、高精度的三維位置、三維速度與時間的資訊，它更改變傳統測量的方法，亦即觀測角度與距離的測量方式，讓測量的工作變得更有效率且精確，這也讓現代人的生活幾乎到了沒有導航定位系統，則變得沒有安全感，為何？因為看不懂地圖之緣故，致害怕失去了方向感，這也讓人們身切體認到科技所帶來之便利性，有一則廣告如是說“科技始終來自於人性”，現代 3C 產品智慧型 iphon4 或 HTC 手機，當想找尋美食所處位置，即會快速的運用智慧型手機上 GPS 的定位功能找到目的地，又以筆者而言，早年於從事高速公路路工測量時，如有其一部 1” 讀之瑞士威特 T2 光學經緯儀加上 DI3002 測距儀，已是不錯之設備，對於其傳統三角、三邊之導線測量，可也足敷使用，惟近年來都市土地可說是寸土寸金，民眾對土地四至之正確性，亦趨嚴格，是以，如何達此一目的，也就成為關注之焦點，當然除有精良之設備，測量人員更要有良好的測量習慣、專業知識及豐富經驗，才能將所有權人之土地完整的且正確測設於實地上，然隨各種測量的方法所能擷取地球的資訊亦趨豐富，在許多大專院校甚而研究所均紛紛開設與測量領域習習相關之空間資訊科系，這其中包括地圖之投影、地理資訊系統、平差學、航遙測等等專業，主要讓學習者能充分瞭解到測量原理外，更重要的是對新穎的測量設備、技術與運用更上一層樓，以提高工作效率，使測量成果達到如期如質之成效，惟目前地政事務所受理民眾之土地複丈業務包括：分割、土地鑑界、合併、指界、新登錄土地、使用面積測量及他項權利位置測量等，其又以土地鑑界案件尤應注意，因為可能您的疏忽，而至使土地所有權人之權益受損，如前陣子新聞報導之汐止之國賠案，只需測量人員再仔細檢核，相信損失程度當可降低，是以同仁當不可不慎啊！！，鑑於此，測量人員於從事土地複丈

相關作業前，應事先詳加核對檢查，以避免出錯，另測量設備也應熟稔及定期檢校，過去個人從事測量工作，其儀器每月必需作定期檢校，否則不得使用，其重點主要在控管測量成果之品質。本次主題為我國測量技術發展之展望，主要討論方向仍以目前之 GPS 與 e-GPS 為主，而有關測量之發展概況、測量儀器與方法及各種測量方式之分析、未來展望等作一簡單介紹，並提出個人之淺見。

貳、 測量之發展概況

首先，學過或者從事過測量的人都知道，依測量之範圍可區分為大地測量與平面測量二類，而談到大地測量則可追溯至古埃及時代。於公元前 240 年，亞力山大學者埃拉托色尼首次用子午圈弧長測量法來估算地球半徑，並進行亞歷山大城和賽尼城間之大地測量工作。當日光直射賽尼城井底時，在亞歷山大城日光南偏 7 度 12 分，假設日光彼此平行，則求得地球周長為 252.000 古埃及尺，透過獲取相關數據與現代數字比較，誤差大約在 100 公里左右，從上可見，顯見當時的技術與計算能力可說是相當成熟，當然我國最早一次對地球大小實測是在唐朝開元期間由俗名張遂指導下進行，按現代計量單位折算，其子午線上緯度差一度地面相距約 132 公里，比現代值 110.95 公里約長 21 公里，終極目的在證明地球是圓球的說法，事實上，最後證明地球是一個東西向較長而南北向略為扁平之橢球體，然這樣一個不規則之曲面，對其計算上也給了很大之不便，故為了便於計算，則尋找一最符合地球形狀之橢球體為參考，即曰地球參考橢球體，當然這對日後的測量工作與地圖投影帶來相當大之影響，高程方面則以 18.6 年之平均海水面（重力等位面）為一大地水準基面，但仍需考慮地球曲率對高差之影響，因此要將地球上幾何關係表示在平面地圖上之程序，就必需依循決定地球的規則幾何形狀、地球上的位置轉移參考橢球體上及將該橢球體改變為平面。緊接著再來談平面測量，實際上，即是所測地區之大小與地球半徑相較為甚小時，此時地面上之測量，可視為平面處理，而稱之。因而在二十公里之三角形邊長所圍面積內之測量，稱為平面測量，其不考慮地球曲率影響，點與點間距離，視為水平直線距離、角度以平面角計算，唯對於高程測量，仍須顧及地球之曲率。並以數學模型定出在平面上之任意坐標體系，而求得正確位置，再依測量用途及地區之限制條件，採用不同儀器及方式施測，隨時代之發展，過去的傳統三角，三邊測量方式、大面積地形之大比例尺地圖之測製所採行之航空攝影測量，取而代之的遙感探測及當今最夯之 GPS 與 e-GPS、無人載具災區現況攝影測量等新科技，已顛覆過去之測量方式，大可不必像過去以往必需長途跋涉，翻山越嶺從事測量工作，僅僅只需運用 GPS 作長

時間之靜態觀測後透過軟體平差計算，即可獲得高精度成果，而如果僅是要知道概略位置，亦可採手持式導航設備求得，其原理係運用所謂單點定位技術，即接收到 4 顆以上衛星之虛擬距離觀測量及衛星導航訊息，其精度約於 10M，再談現今地政事務所土地複丈可區分為數值區與圖解區兩類，其測量方式仍採傳統測量方式，雖近年來編列預算採購其 GPS、e-GPS 等新的設備但仍無普及各地所使用，探討其原因不外乎諉於人力、設備及教育訓練等方面之不足；而傳統測量方式更受限於天候及地形等影響，加上圖解區仍採平板儀施測，如本所管轄之三峽地區，有大部分為山區，且路程遙遠，往往一天工作下來能做之工作有限，而導致一個案件要跑許多次，即便簡單的測量也相對變得複雜許多，例如，各地政事務所辦理圖解區複丈時，因辦理複丈土地其附近圖根點遺失居多，又現場幾無可靠界址點可供檢核，此時，必定採從較近之控制點或圖根點用圖解平板引測，供為複丈之用，但此一做法，往往使得測量成果增加許多不確定因素，如再透過開放導線或閉合導線引測至複丈現場，不但耗時費力，一但在開放導線施測過程中測量或記錄錯誤，在幾乎無法察覺狀態下，將造成土地複丈之結果錯誤，雖可用檢查角度及邊長或方位角偵錯，但所花費之人力及物力，是不符成本效益的，為此，要如何針對當前測量方法中去找尋最適宜且能縮短作業及減少錯誤之方法，也就成為後續研討之重要課題。

參、 測量儀器與方法

一、 測量儀器

基本上，測量儀器大致可分為光學式精緯儀、電子測距儀、水準儀、全測站電子精緯儀、平板儀、GPS、e-GPS，惟當前與地政事務所負責的測量工作皆與測距及測角有關，水準儀則因與地政事務所所負責業務不相關，故暫不討論，因此，儀器的好壞，以及採用之設備與方法，要如何搭配，也將考驗著一位測量人員之專業性及經驗是否足夠，而不致影響測量之結果。

1. 測距儀器：由以往測繩、竹卷尺、布卷尺、鋼卷尺...等，至現在常用之電子測距儀，不但使用上方便，且從數公尺至數公里之距離，只需按個按鍵，即可獲知結果，精度方面亦比以往提高甚多。
2. 測角儀器：一般在路上最常見的就是經緯儀了，其運用之層面相當廣，而經緯儀也從早期之測角、測距兩個獨立系統，整合為目前之全測站經緯儀，使用上不但方便且快速，另也可以按現場狀況不同需求，配合儀器本身所附加之軟體，獲得所需資料，況且也可透過儀器本身的紀錄器系統儲存資料，進而減少記簿及觀測者錯誤，提昇工作效率。

3. 平板儀：一般用於圖解區（如山區即是），為早期光學儀器尚未問市之設備，惟精度不佳，但用於山區之測量則足夠。
4. 其他如衛星定位系統（GPS），發展至今可說已相當成熟。以公分級精度儀器而言，以往不但體積龐大，價錢更是不斐；如今，只需透過軟體預處理，以數十萬元不等就可擁有一台可攜式且方便又精度上絲毫不遜色的定位儀器，讓人不得不讚嘆科技真是一日千里。

二、 測量方法

1. 傳統測量（三角、三邊測量、角邊混合測量）

傳統測量方式需考量測站間通視問題，限制也非常多，天候因素也常是影響測量是否得以順利進行的關鍵，但卻是目前最常使用的測量方法，無論儀器或人員訓練，其花費成本最便宜，因此深受業界及地政機關所接受。在地所其作業方式可透過平板或經緯儀等測量設備，進行測角或測距工作，測繪地物及地貌、土地複丈或建物測量等工作。

2. 航空攝影測量

航空攝影測量是指以飛機為載台，於機腹裝設光學照相設備透過像片攝影等方式記錄、量測及判讀等處理程序而獲得可靠資訊的技術，依其目的可區分為：一是量度的攝影測量，主要是對影像中之地物、地貌進行中心透視投影攝影測量，以獲得地面點位與高程、距離、面積或體積，據以繪製出平面圖或地形圖；另一為相片判讀，主要是針對影像內容實施質的分析與評估。

其測量方法係經由地面控制測量所獲得之控制點，利用空間後方交會，求解內、外方位元素，並運用立體測圖儀等，對糾正後之正射像片進行量測，以獲取地物之空間資訊或進行相關量測工作。

3. 衛星定位測量（GPS）

全球衛星定位系統(Global Positioning System,GPS)係為美國純為軍事目地，由美國國防部自 1970 年代開始發展的系統，GPS 之組成係由下列三個部份：

- a. 太空衛星部份：由 24 顆衛星所組成，分成 6 個軌道，每個軌道上有 4 顆衛星，軌道平均呈 55 度傾斜，運行於約 20200 公里的高空，繞行地球一周約 12 小時。每個衛星持續發射衛星軌道資料及時間的載波訊號，提供地球上的各種接收機來應用。

b. 地面管制部份：為追蹤及控制衛星運轉，所設置的地面監控站，主要工作負責修正與維護每個衛星能保持正常運轉的各項參數資料，以確保每個衛星都能提供正確的訊息。

c. 使用者接收機：追蹤所有的 GPS 衛星，並即時地計算出接收機所在位置的座標、移動速度及時間。

GPS 發展的目的是針對軍事用途，自美國政府取消 SA 政策後已逐漸開放給民間作為定位使用。以往基於考慮到國防需要，美國國防部對於非軍事用途的 GPS 使用戶，長期利用干擾碼的設置撥亂衛星時鐘與星曆內容降低定位精度，因此一般 GPS 的誤差多在 100 公尺上下。在此精確度之下，勢必不符一般車輛導航或監控的需求，因此必須透過輔助系統，以提高定位精度，如差分 GPS (Differential GPS, DGPS) 即為一種，簡單來說，DGPS 是在地面上增設固定之基地台，以修正接收器的觀測值，其定位精度可達 2 至 5 公尺。近年來由於民間與商業的 GPS 用途越來越廣，為能將定位精度提高，因此已針對單點定位 (PPP) 作研究，這樣使得單點的定位誤差範圍控制於 3~5 公尺之間，大幅提昇 GPS 的精確度。

當前本所對於複丈現場 (導航) 及指界，係採用藍芽 GPS 搭配 PDA 之模式，導引測量人員至土地複丈現場 (導航) 及指界等工作，然對新進人員幫助相當大，雖說複丈需有相當之經驗，但對於指界案件，則無往不力，今圖解數化所得之地籍圖座標系統與 GPS 座標系統並不一致，但從過去實驗結果顯示：數值區誤差約 3~5 公尺，圖解區誤差則在 8~10 公尺，這些數據對於指界而言，不再是難事，即便一位不熟悉該區域的人員，只需具備有地籍概念及方向感的人，即使身處不易分辨方向的山區，也能輕而易舉的辨識出，如能再搭配航照圖、地形圖等圖資，相信更能精確的研判所處現況與指界之相對位置，大幅降低人為疏失所造成的錯誤，亦可逐漸釋出指界等較為簡易之案件，並紓緩地所業務，解決人員不足的困擾。

另前述提到坐標系統不一致之問題，其根本解決之道，應儘速成立測量大隊，利用升格為直轄市後之充足人力及所採購之 GPS、e-GPS 等設備，依照測量控制的概念，遵循「從整體到局部」、「先控制後細部」的程序，建立本市一套與一、二等及相鄰縣市之控制點聯測所獲得之 TWD97 坐標系統框架，並就本市地籍與城鄉都計單位作一事權統一之整合，對於地籍與都計不符情事自可降低，而原委由地政事務所負責怖設控制點、圖根點業務將回歸由本局所成立之測量專責機構作

業，對地所而言將可專心辦理一般人民申請案件，而每年持續辦理之地籍圖重測業務，其先期之控制點清理及檢核時間就大幅縮短許多，一方面提高重測成果精度，另一方面對於相鄰段界自無重疊或分開之現象，又對於圖解區自可搭配本局刻正推動之外業自動化作業，必能減少許多不必要之麻煩

肆、 各種測量方式之分析

項目 \ 方法	傳統測量方法	航空攝影測量	衛星定位測量
天氣	下雨即無法進行測量	受雲遮蔽使遮蔽部分無法施測	不論晴雨，全天 24 小時皆可進行測量
控制點間通視	需通視	不需通視	不需通視
控制點透空性	無影響	需要良好	需要良好
設備成本	一台儀器搭配一組菱鏡即可進行施測，因此成本較低	每次施測即需辦理一趟飛行任務，若不成功，則需再飛，因此成本高	幾乎每台儀器皆可作為主站，視觀測時段需幾組儀器施測，成本適中
人力使用	至少需測站及前後視，需使用較多人力	開始控制測量使用人力為整個過程中最多，後續較少	無須和傳統測量至少須測站及前後視，人力使用適中
施測時間	視附近圖根點存在與否	控制測量完成後，幾乎全由內業辦理，施測時間低	視測量種類如靜態、動態或半動態等
測量範圍	以小區域為主	大範圍測量	大小皆可
人員訓練	無須花費太多時間訓練	技術性較高，須受較多訓練	無須花費太多時間訓練

雖說航空攝影測量人力使用最少，後需測量亦透過儀器由 1 人即可完成整個測量工作，然技術性較高，設備亦較先進，加上目前之遙感探測技術之發達，未來似有取代航空攝影測量之地位，但就二者精度比較，其航空攝影測量較為勝出，又依土地法第 46 條規定：「地籍測量如用航空攝影測量，應由中央地政機關統籌辦理。」，且其國土測繪法亦規定應由中央地政機關統籌辦理。故目前地所除仍採用傳統測量方式進行相關土地複丈作業外，可行性較高之方式即為衛星定位測量 (GPS)。單就上表來說，以設備成本、人力使用及施測時間等，GPS、e-GPS 勢必是測量方法之最佳考量，若能搭配民間所發展或由局自行開發之測

量軟體，提升整個測量方法的進步，並縮短施測時間，提高為民服務的品質，相對就減少大錯誤的發生。

伍、 未來展望

傳統測量方式，也許對目前業務而言，當應足夠，但從長遠層面思考，在一地小人稠的都市之臺灣，各直轄（縣）市之土地價值不斷標漲，土地所有權人對四至之位置要求也愈來愈嚴謹，深怕土地被人佔用無法要回，倘若以過去之儀器標準及思維進行土地複丈，可想而知其糾紛必源源不絕，為免如前述情形發生，當應就整體測量之問題進行改革，對於一些圖解數化地籍圖之錯誤應釐正，更重要的是使用更先進的測量技術與儀器，對於人員之教育訓練與經驗傳承製成所謂之標準作業程序，相信對於後繼新進人員必有幫助。

前面提到過，航空攝影測量，是花費人力最少的方法，對獲得的成果，不論影像或數值成果，皆可與其他圖籍套合，作不同之應用，如指界、GIS，甚至作為發生森林大火控制和化學毒氣擴散判讀等，顯現出在攝影測量的強大功能，但從成本、人力與專業技術等因素考量，與衛星拍攝之照片之時效相比擬，則後者優於前者，因此，除了傳統測量儀器外，非 GPS 莫屬。

一、 e-GPS

GPS 單點定位精度雖已自 2000 年 5 月關閉 SA 效應，使定位精度不如先前動輒百公尺以上之誤差，但如應用於公分級測量仍嫌不足，相對必須藉由其他方法，如 DGPS、後處理、RTK 和 e-GPS 等方式，以降低目前 GPS 可能產生之各種誤差，對遮蔽效應而言，只要透空度不佳，GPS 幾乎無法工作，不過對於前面問題內政部也提出虛擬衛星或虛擬基站（Virtual Base Station, VBS）的概念，將遮蔽所造成之誤差影響作大幅修正。還有對 RTK 測量而言，其基站與移動站之通訊範圍通常不超過 10 公里，而受限於定位系統誤差及無線電通訊距離與干擾影響，對移動站與基準站間之距離，往往適合小範圍之定位測量，但僅限於數公里範圍，才能獲得公分級精度，惟主站可影響之修正範圍卻高達 30~50 公里，因此，欲規劃本市之控制網以為測量使用，勢必如電信業者建置基地台般的密集，且管理亦不易。然隨之科技的進步，業界已有透過各種無線傳播方式傳遞改正訊號，GPS 衛星定位測量方法及成果資料之計算處理，已由後處理變為近即時性之定位模式，其改良後的 RTK，即為電子化 GPS（e-GPS）。

又政府推動所謂「圖解法地籍圖數值化成果整合運用於土地複丈試辦計畫」，目的在簡化地籍圖重測程序，倘能修正部份法規條文，必使圖解區也有法源依據，數值區以絕對座標進行各種土地複丈與建物測量，搭配所規劃控制網，則將來地所複丈業務，必能事半功倍，相信糾紛必會減少，亦可提

昇整體測量品質與精度。

二、 圖根點補建

以圖根點補建而言，傳統方式係以導線測量為主，適用於帶狀或狹長之區域，且必須相互通視，因此限制多，但如利用 e-GPS 之方法，不但可以解決 GPS 於都會區的遮蔽影響，亦可不受相互通視限制，極易完成圖根點補建工作，再配合傳統方式之經緯儀，補足 GPS 對空通視不良之缺點意味著未來的測量方式，將朝經緯儀結合 GPS 的模式發展，果真如此，則補建作業將成為可有可無之工作，因而即可隨時建置圖根點，除節省補建時間與經費，也就無需擔憂圖根點遺失之問題。

三、 智慧型手機結合 GPS 運用於指界上

目前地政事務所所用的複丈系統，係搭配藍芽 GPS 之 PDA 做導引及指界業務之用，由於目前 GPS 單點定位精度仍不佳，於實際測試結果，數值區誤差約 3~5 公尺，圖解區誤差約 8~10 公尺，倘若未來能以智慧型手機結合 e-GPS 控制網做導引及指界業務之用，相信 GPS 定位精度必大幅提昇，同仁對於指界業務也更能正確辨識。

陸、 結論與建議

儘管科技持續的再進步，而測量方法也應朝向科技化、人性化，要如何結合利用雲端技術將外業資料傳輸於電腦、並搭配先進的測量儀器、縮短外業時間及簡化內外業程序，大幅提升工作效率，將是當務之急。

- 一、 GPS 搭配智慧型手機進行指界工作，不但可正確的指出位置，對於新進同仁更可透過簡易的訓練及解說，達成任務，甚至透過這套系統，便可將機關間之指界案件大大降低，以節省人力成本。
- 二、 如同前面提到應儘速成立測量大隊，並邀及本府相關測量機關作事權統一，相信必能減少許多不必要之問題。
- 三、 視本府預算編列狀況，於市內結合民間或設置數個固定之衛星追蹤站，作為規劃 e-GPS 控制測量網、辦理地籍圖重測及地所複丈業務之依據，並提供各界 RTK 測量或學術研究之用。

柒、 參考資料

- 一、 何維信：測量學，第六版。
- 二、 內政部北區 e-GPS 研究中心，
<http://220.132.145.120/eGPS/index.htm>。
- 三、 武漢大學出版社：大地測量學基礎。
- 四、 趙鍵哲：地籍測量學會出版之航空測量學講義。
- 五、 武漢大學出版社：遙感原理與應用。