



台北縣政府

95 年度自行研究發展報告

GPS 即時動態測量[RTK]運用於土地複丈之探討

研究單位：台北縣新莊地政事務所

研究人員：鄭書欽、游輝欽

研究日期：95.01.01 – 95.12.31



目錄

目錄.....	I
圖表目錄.....	II
摘要.....	III
一、前言.....	1
二、研究目標.....	2
三、GPS 定位測量於地籍測量應用現況	3
3.1 GPS 衛星定位測量相關法規	3
3.2 GPS 於地籍測量之應用	4
3.3 GPS 於土地複丈之應用	5
四、RTK 即時動態測量方法.....	5
4.1 基線長度與 RTK 測量之精度.....	8
4.2 透空度分析.....	8
4.3 RTK 在應用上的限制.....	9
4.4 RTK 結合 TS 進行土地複丈測量	9
4.5 增進 RTK 定位效益之可行方法.....	10
五、RTK 應用於土地複丈作業程序.....	11
5.1 圖解區.....	11
5.2 數值區：.....	12
六、RTK 外業規劃.....	12
七、資料處理與成果分析.....	14
7.1 數值區域.....	14
7.2 圖解區域.....	16
八、效益分析.....	17
8.1 數值區部分.....	17
8.2 圖解區部份.....	18
8.3 成本效益.....	19
九、結論與建議.....	21
參考文獻.....	23

圖表目錄

表一 地籍測量實施規則修正條文對照表（87 年 2 月 11 日公佈）.....	3
表二 各種 GPS 衛星測量方法比較表（楊名，1997）.....	7
表三 麗林段 RTK 圖根檢測成果.....	15
表四 圖根坐標轉換成果.....	15
表五 利用 TS 查核 RTK 實測結果.....	16
表六 圖解區界址點間距離檢核成果.....	16
表六 RTK 效益評估一覽表.....	17
表七 RTK 成本效益評估一覽表（以新莊地所為例）.....	19
圖一 RTK 測量原理.....	7
圖二 數值區外業示範點位分佈位置圖.....	14
圖三 圖解區外業示範點位分佈位置圖.....	17
圖四 地籍測量圖根補建示意圖.....	18
圖五 RTK 與傳統導線工作效率圓餅圖.....	20
圖六 RTK 與傳統導線成本效益直方圖.....	20

摘要

本文主要探討利用 RTK 之測量技術實地應用於數值地區及圖解地區之可行性。經實地初步驗證結果，於數值區域短基線（小於 1 公里）部分，其可透過 RTK 技術快速補建及新建圖根點，便於進行土地複丈業務。另外於圖解區域部分，其實測距離及圖面距離差異約 20 公分，此誤差來源該為圖面尺度伸縮及數化以及平板讀數所累積之結果，然此誤差量仍可以透過大量量取現場地界及地物部分進行套圖整合，便於日後於圖解區域部設圖根點位之工作。

一、前言

隨著科技發展的突飛猛進，衛星定位測量技術日新月異，全球衛星定位系統（簡稱 GPS）應用於地面控制測量可達公分級之精度；應用實際作業方面，則具有選點不需考慮相鄰點位通視及網形強度、外業不受天候限制等優點，故控制測量方面已全面取代傳統三角三邊測量之控制點新建及補建工作。GPS 即時動態定位測量技術（Real Time Kinematic，RTK）是一種快速的測量方式，不僅外業效率高，更可以省下靜態測量所需的內業計算時間，更重要的是可以達到公分級的精度，已普遍應用於工程測量、地籍測量、地理資訊系統的建置等領域。

內政部於民國九十年五月間修正地籍測量實施規則第四條，規定採用 1997 臺灣地區大地基準（TWD97）為測量基準，各級主管機關、測量機關辦理地籍圖重測、農地重劃、市地重劃、區段徵收或相關地籍整理應採用 1997 臺灣地區大地基準（TWD97）為測量基準[1]；如因故無法採用者，應敘明具體理由、擬採用之測量基準及作業方法，連同地籍整理計畫書依土地法四十五條規定送內政部核定後辦理。在地籍測量方面，除採取平板測量儀器（圖解區地籍圖土地複丈作業）、全測站經緯儀（數值區地籍圖土地複丈作業），愈來愈多的縣市及單位，均已研討以 GPS 從事控制測量及進行圖根點之新、補建作業；由於軟體及硬體的進步，衛星定位測量之即時動態定位（GPS RTK）的定位精度已提升至公分等級[2]。GPS RTK 測量方式具有作業快速及毋須內業計算之特性，可即時獲得點位坐標，由文獻資料及內政部之 GPS 圖根測量作業精度規範顯示，GPS RTK 測量方法已可提供作數值區域的圖根點之新、補建作業。

臺中市政府地政局為配合目前 GPS 衛星定位測量技術廣泛應用之潮流趨勢，於民國九十一年底建置完竣「建立臺中市地籍統一坐標（TWD97）與圖根點變位監測模式委託研究案」設置六個 GPS RTK 參考站，及 50 點監控點測設，並業已完成地籍 TWD97 坐標框架，提供作為新建圖根點、土地複丈及地籍坐標系統整合至 TWD97 坐標系統使用[4]。

學術上之研究顯示，GPS 衛星定位測量之快速靜態測量與 RTK 即時動態測量技術在短距離方面已臻成熟，有效範圍最遠可達六公里以上，惟進行 RTK 時，其即時定位求解時仍受基線長短、無線電傳輸及接收衛星數目應大於五顆之限制[6]。本研究為了解 RTK 測量應用於圖根點增、補建作業可

行性及適用之地區，則依照 RTK 作業方法擇區進行 RTK 應用於圖根點增、補建作業之實地測量，從中探討 RTK 運用於土地複丈作業之精度與可行性。

二、研究目標

地籍測量為管理使用土地之根本工作，亦是實施土地政策之基礎，地籍測量業務與政府基礎經濟建設及民眾財產權益息息相關，為促進政府建設之推行及維護人民權益，應積極推動各項基礎測量作業，藉由提升測量作業水平，提高各類公共工程品質。

然而 RTK 於實際進行長距離作業時，仍會受到對流層、電離層及透空度等等之影響[2]，造成原始數據含有系統誤差，尤以本所轄區因大樓林立、透空度不佳，部分地區所能接收到的衛星顆數少（最多只有 5 至 6 顆），造成解算成果精度低，無法達到更廣泛便利的動態定位，若能克服此一方面的技術問題，加上完整而健全的相關法令，便可以加速辦理地籍測量，以利全面釐整地籍、杜絕經界糾紛、保障權利人合法產權、健全地籍管理。

為加強運用 GPS RTK 衛星定位測量，創新測量技術，擴大應用層面。台中市政府地政處前測量大隊已普遍應用 GPS 衛星定位測量技術於控制測量及圖根測量方面，並經評估及測試區域實測結果，RTK 應用於郊區（衛星遮蔽仰角 20 度以下）土地複丈作業最適用及可行[5]，測量精度已可達戶地測量之精度規範，因此本研究將針對此部分實地於本所測區範圍內進行相關測試，並且評估其精度、可行性及其執行效率等。

有鑑於此，本研究規劃研究內容分為兩部份：

（一）評估 RTK 適用區域

進行 RTK 測量作業時，基站與移動站需同時接收相同五顆以上衛星，方可求解未知點位坐標，基於此項先天之限制，故並非所有地區均一體適用 RTK 測量，本研究實驗區域選定數值與圖解相鄰之【林口鄉麗林段】及【菁埔段中湖小段】進行。依據即時動態測量受到區域遮蔽影響之程度，評估 RTK 應用於圖根點增、補建適用之區域。

（二）評估 RTK 定位精度

衛星定位測量實際應用於戶地測量方面，國立成功大學等學術單位於歷年測量學術及應用研討會與 GPS 衛星定位研討會，曾發表過 RTK 即時動態測量應用於戶地測量之研究報告，並已證實達到地籍測量實施規則之戶地測

量規範[3]。本研究為探討於本所區域內之圖根點增、補建作業可行性，實地進行測量分析評估 RTK 即時動態測量應用於圖根點增、補建測量時，定位精度是否也能符合地籍測量實施規則之圖根點測量規範。

三、GPS 定位測量於地籍測量應用現況

3.1 GPS 衛星定位測量相關法規

隨著衛星定位測量的應用發展及精度驗證，已可達到地籍測量的規範，並已逐漸廣泛應用。因此，地籍測量實施規則中，有關控制測量及圖根測量的作業規定，於民國 87 年 2 月 11 日內政部台(八七)內地字第 8776435 號令公佈修正條文中，針對衛星定位測量方面，做了大幅增修[5]。茲整理主要增修條文如下：

表一 地籍測量實施規則修正條文對照表（87 年 2 月 11 日公佈）

修正條文	原條文	說明
第六條 本規則所稱之基本控制測量係指三角測量、三邊測量、精密導線測量、衛星定位測量或其他同等精度之測量方法。		增列衛星定位測量，及其他可能發展之同等精度測量方法。
第十條 基本控制測量依適用場合、作業方法及精度區分為一等、二等、三等及四等。	第十條 三角測量、三邊測量或精密導線測量分一等、二等、三等及四等。	將三角測量、三邊測量或精密導線測量及其他新增之方法，統稱為基本控制測量。
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，做為國家坐標系統及一等衛星控制測量之依據。		增列衛星定位測量之框架及坐標系統之決定方式。
第十八條 衛星定位測量之星曆、圖形閉合差、基線重複性及成果精度規範如附表四。		增列衛星定位測量之精度規範。
第二十三條 （第二項）衛星定位測量應選擇於透空度及衛星訊號接收良好之位置。		增列第二項，衛星定位測量之選點原則。
第三十六條 衛星定位測量觀測項目如下： 一、電碼距離。 二、載波相位距離。 三、導航訊息。		增列衛星定位測量觀測項目。
第三十八條 基本控制測量以衛星接收儀器測者，應加下列之改正： 一、星曆改正。 二、電離層改正。 三、對流層改正。 四、衛星及接收儀時鐘改正。 五、接收天線相位中心及天線高改正。 前項之改正項目，得依精度要求等級酌減之。		增列衛星定位測量改正項目。
第四十六條 圖根測量應依基本控制測量之成果，以下列測量方法施行之： 一、導線測量。 二、交會測量。 三、衛星定位測量。 四、自由測站法。	第六十六條 圖根測量應依三角點或精密導線點之成果，以導線測量或交會測量施行之。	增列衛星定位法及自由測站法施行圖根測量。

由增修內容可知，隨著科技的進步與測量儀器、作業方法的發展，地籍

測量實施規則已不再針對控制測量及圖根測量的作業方式採取限制，而是只要能夠到達規範的精度，不論何種方法均可使用。

3.2 GPS 於地籍測量之應用

1. GPS 與 GIS 系統之整合

GPS 與 GIS 系統可整合成為一套攜帶式即時定位、即時分析之 GPS + GIS 系統，為具有現場即時定位、即時輸入、即時處理、即時分析之資訊系統，可應用於自然資源、環境監測、農業應用、設備管理、緊急救護、控制測量、細部測量及地籍測量。

2. 臺北市三等 GPS 衛星控制點測量

臺北市政府地政處於臺北市進行三等 GPS 衛星控制點之加密工作，聯測內政部公佈臺北地區 TWD97 坐標系統之一等衛星控制點四 30 點，二等衛星控制點十五點，及本處設置之控制點七百餘點。一方面檢測本處之控制點，一方面作為內政部 GPS 衛星控制點 TWD97 坐標與民國六十九年公布之 TWD67 坐標之間轉換計算及不同坐標系統整合之最主要依據[6]。

3. 圖根測量

圖根點測量因為點位密集、距離短，且顧及日後檢測方便及有效增加鄰近點位之相關性，須採取快速靜態測量方法。由於 GPS 衛星定位測量所得之 TWD97 新國家坐標系統與民國六十九年內政部公佈之 TWD67 坐標系統之坐標基準及參考橢球都不一致，因此須利用現行三角點、精密導線點及圖根點與一、二等衛星控制點聯合進行 GPS 衛星定位測量，求得 TWD97 坐標，並利用坐標轉換方式，將新補設圖根點之 TWD97 坐標轉換成現行地籍坐標。由此可以消除圖根點因導線測量誤差傳播所產生的誤差，提升圖根點的精度，解決圖根點保存及補建不易之問題，提升測量成果品質；亦可做為整合不同地籍坐標系統之基本控制。

4. 土地複丈

- 利用 GPS 衛星定位測量方式補設圖根點，再使用新補設之圖根點以傳統地籍測量方式辦理土地複丈。
- 於透空度良好之空曠地區，衛星接收儀能同時接收五顆以上之衛星訊號，例如重劃地區、區段徵收地區，使用 GPS 即時動態測量 RTK 方式，可即時解算求得點位坐標，進行界址測量及協助指界工作。

- 因 GPS、RTK 等相關測量理論與技術其準確度高、座標系統一致，因此圖根點回復快速，可減輕圖根點新建補建之負擔。

3.3 GPS 於土地複丈之應用

1. 為配合新的國家坐標系統，台灣大地基準（TWD97），以 GPS 輔助土地複丈作業，惟 GPS 衛星測量係採用 WGS84 基準之坐標系統，與目前台灣地籍測量所採用二度分帶橫梅氏投影坐標系統不一致，所以 GPS 衛星測量所得點位坐標，尚須經過投影轉換為地籍測量坐標，才能使坐標系統一致，以方便後續地籍測量作業。
2. 進行主要圖根點測量聯網聯測求得坐標轉換的參數，可解決圖根點維護補建問題，以即時 GPS 動態測量（RTK）做為土地複丈鑑界時，藉以求得該界址點之 TWD97 坐標，配合整個國家坐標體系之建立。
3. 不論是數值或圖解地籍圖地區都離開不了土地複丈的作業，就須長期維護保存並補建大量遺失的圖根點，此時如以 GPS 輔助土地複丈，建立若干圖根點，便可進行測量作業，方便圖根點的維護補建作業，又以 RTK 即時動態定位測定界址點，不致有逐漸累積人為誤差現象。
4. 圖解地籍圖雖經數值化，測量方式仍以傳統平板儀測量為主，如原圖有伸縮或破損之情形者，也可經由 GPS 所測得的界址點坐標值成果，在往後之土地複丈時，能得到相同的結果，避免前後次之土地複丈成果不一致，產生民怨；土地複丈界址點成果經所有權人認定無誤時，即確定之界址點，該點坐標便可永久保存，可稱為局部性數值地籍圖之一種[8]。

四、RTK 即時動態測量方法

GPS 野外測量的方式大體來說，可以分成單點定位及相對定位兩種[2]：

- 單點定位：

通常是僅用一部導航接收儀設備進行定位工作，定位方式是利用電碼所得到的虛擬距離值解算點位坐標，計算速度快但精度較差，適用於一般的車用汽車導航、海上船隻導航或空中飛行器導航等。

- 相對定位：

指兩部以上的接收儀同時進行定位測量，因可消除多項誤差，故精度較高，

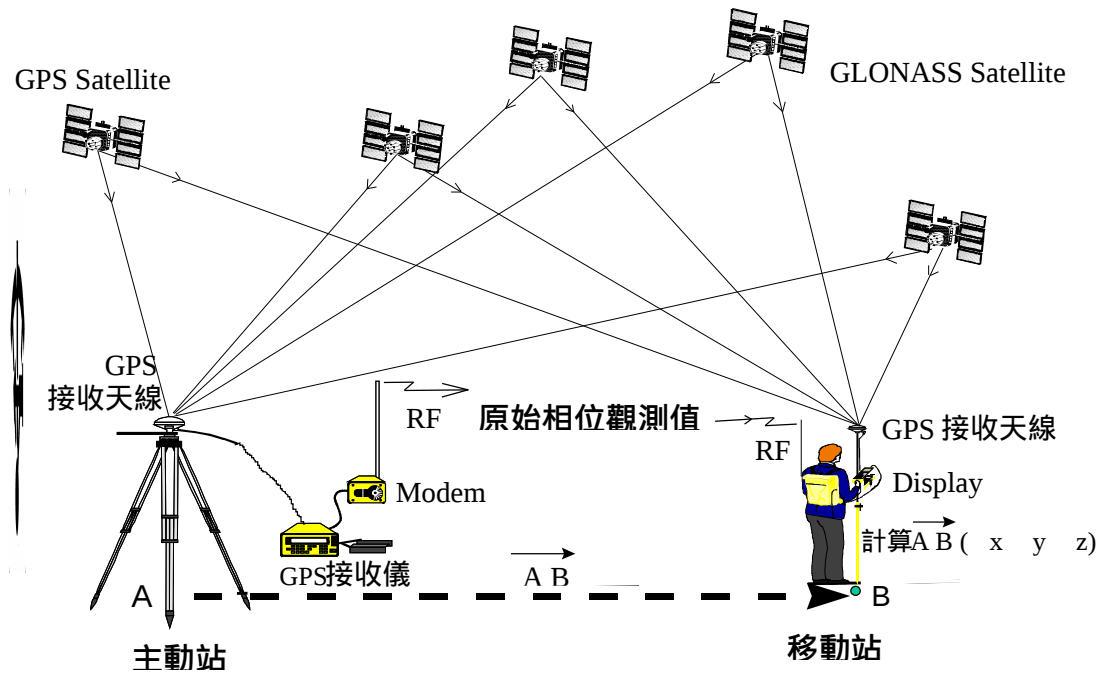
但不同的測量方式而能達到的精度也不同，若採電碼定位，應可達數公尺精度，若採載波相位定位，至少也有公分級的精度。

即時動態定位（Real Time Kinematic，RTK）係透過通訊設備將基站的觀測資料訊號即時傳至移動站的接收機上，並在動態的狀態下求解相位週波未定值，即時獲得點位坐標。即時動態定位為一種純動態的定位模式，並且具備快速動態啟動的能力，在啟動之後只需要維持對四顆以上的衛星追蹤不發生週波脫落就可以即時地計算移動站的位置，就算發生週波脫落，亦可以很快地重新啟動計算出正確的週波未定值。為了使定位精度提升至公分等級，因此除了電碼觀測量之外，更採用了載波相位觀測量。與其 GPS 測量方法相較，除了具有該 GPS 測量方法優點外，還具有施測迅速、移動快速，且不需後處理的內業計算工作，能即時知道定位結果與定位精度，大幅提高作業效率，但是傳統 RTK 施測尚且存在部分缺點，如單一參考站時，參考站與移動站間之有效施測範圍約在 10 公里以下；施測時需依賴單一參考站，因而品質較無保障且侷限於通訊設備等。RTK 作業至少需要二套格式相容的 GPS 定位儀，一套設定為基站（參考站），其 GPS 接收儀連接基站型無線電數據機，廣播 RTK 基站的資料，另一套則設定為移動站，透過移動站的無線電數據機，將基站廣播之訊號接收調解，變為 GPS 接收儀得以計算的數位資料，以進行 RTK 的資料解算並及時求得精密的坐標資料。

RTK 測量除了需二部以上接收儀外，另外需要一套無線電數據機，一台置於基站，另一台置於移動站，觀測過程如動態測量，但是基站的觀測資料會即時地透過無線電數據機傳送到移動站接收，移動站便可結合本身的觀測資料進行即時處理計算，於現場便能獲得移動站的位置資料，其精度可達 $\pm (10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm} \times \text{基線長度})$ 。

RTK 測量方法簡要說明如下[2]：

使用兩部以上的接收儀，進行同步觀測，並將其中至少一部接收儀設置於已知坐標點上，稱為主站（base station），其餘儀器設置於待測點或移動站（rover），計算待測點與主站之間的基線向量，則待測點坐標可根據主站坐標計算而得，其定位之精度可到達公分級。依據作業時間、方式及可到達精度之不同，又可分為靜態測量、快速靜態測量、虛擬動態測量、半動態測量、即時動態測量等作業方式。茲將各種相對定位方法、觀測時間、精度、用途等整理如表二：



圖一 RTK 測量原理

表二[3]顯示，在文獻及前人研究上，已經提出許多種可提供地籍測量使用之方法。雖然如此，仍只有靜態測量方式較常應用於地籍圖重測之四等控制測量。快速靜態測量方面，內政部土地測量局發表「應用 GPS 快速靜態測量方式辦理四等控制測量作業規範之研究」(吳萬順等，2004)，報告中整理該局九十三年度辦理之嘉義鹿草、澎湖白沙、宜蘭五結等三個重測區，以快速靜態測量實施四等控制測量之成果及分析。而 RTK 作業方式近年來逐漸為各單位所採用，其精度並經驗證已可達到戶地測量的精度規範。惟綜觀該幾種定位方式，均有其限制性或作業不便之處：靜態測量需時過長；快速靜態測量所需時間雖較短，但缺乏鄰近點位間之相關性；RTK 之無線電訊號傳播不穩定且有接收死角。

表二 各種 GPS 衛星測量方法比較表 (楊名，1997)

定位方式	測量方法		觀測時間	精度	儀器所需性能	適用場合
絕對定位		單點定位	即時	1~3 m	接收電碼	導航、勘查、登山
相對定位	靜態	靜態測量	至少 30 分鐘， 一般為 2~4 小時	5~0.1 ppm	單、雙頻均可	地殼變動監測、 大地控制網
		快速靜態測量	需 5~30 分鐘，視基 線長短與衛星幾何 分佈狀況而定	10~1 ppm	需雙頻 L1 與 L2 整波長	加密控制測量、圖 根導線測量、細部 測量、界址測量等
	動態	虛擬動態測量	需重複握站兩次，間 隔一小時以上，每次 3~5 分鐘	20~2 ppm	單、雙頻均可	圖根測量、界址測 量
		半動態測量	可短於 0.3 分鐘	10~2 ppm	單、雙頻均可	地形測量、界址測 量等
		即時動態測量	一般為 10 秒鐘以內	20~2 ppm	需雙頻資料與 通訊設備	軌跡定位、地形測 量、界址測量

4.1 基線長度與 RTK 測量之精度

根據台中市政府研究報告[4]顯示基線長度與 RTK 測量精度之關係如下：

1. 在 2 公里處其坐標分量之標準偏差分別為 ± 0.6 公分、 ± 0.5 公分，基線長度之標準偏差為 ± 0.8 公分。
2. 在 4 公里處其坐標分量之標準偏差分別為 ± 0.8 公分、 ± 1.2 公分，基線長度之標準偏差為 ± 1.0 公分。
3. 在 6 公里處其坐標分量之標準偏差分別為 ± 1.7 公分、 ± 1.7 公分，基線長度之標準偏差為 ± 1.3 公分。

由上述觀測結果顯示基線愈長，其坐標與基線長度之標準偏差愈大。依據地籍測量實施規則規定三、四等衛星控制點之基線重複性水平分量之差值必須（ $30\text{mm}+6\text{ppm}$ ），且邊長標準誤差必須（ $15\text{mm}+3\text{ppm}$ ），則此 RTK 測試結果，其基線分量皆能符合規範之要求。

4.2 透空度分析

進行 RTK 測量作業時，即時定位求解時受基線長短、無線電傳輸及接收衛星數目應大於五顆之限制。如果要求定位精度在 1 公分以內，主站與移動站間最少必須同時接收共同衛星五顆以上方可完成初始化並求解未知點坐標，由此可知，接收衛星數目多寡，在 RTK 測量作業中扮演了極為重要的角色，故在進行 RTK 現地作業之前，便可先行以衛星受遮蔽的情形進行 RTK 測量可行性之初步分析，作為外業之參考，茲依待測地點所受遮蔽仰角大小進行可行性分析如下 [4]：

1. 衛星遮蔽仰角 0 度：空曠地區，衛星接收數目均大於八顆，可進行快速靜態測量及即時動態測量 RTK。
2. 衛星遮蔽仰角 10 度：空曠地區，衛星接收數目均大於八顆，可進行快速靜態測量及即時動態測量 RTK。
3. 衛星遮蔽仰角 20 度：於郊區稍有遮蔽，除九點至十點時段衛星顆數為四至五顆外，其餘時段衛星接收數目均大於五顆，可進行快速靜態測量及即時動態測量。
4. 衛星遮蔽仰角 30 度：於都市區高樓遮蔽，於十點至十八點部分時段衛星顆數大於五顆時，可進行即時動態測量 RTK，其餘時段衛星顆數大於四顆時，

只可進行快速靜態測量。

5. 衛星遮蔽仰角 40 度：於都市區高樓遮蔽，例如十米巷且樓高三層以上、二十米道且樓高四層以上及三十米道且樓高七層以上，大部分時段衛星顆數均小於五顆，無法進行即時動態測量 RTK，其餘時段衛星顆數大於四顆時，只可進行快速靜態測量。
6. 衛星遮蔽仰角 50 度：於都市區高樓遮蔽，例如十米巷且樓高四層以上、二十米道且樓高五層以上及三十米道且樓高八層以上，大部分時段衛星顆數均小於五顆，除於十三點至十四點部分時段衛星顆數大於四顆時，可進行快速靜態測量，其餘時段衛星顆數均小於四顆，無法進行快速靜態測量及即時動態測量。
7. 衛星遮蔽仰角 60 度：於都市區高樓遮蔽，例如十米巷且樓高五層以上、二十米道且樓高六層以上及三十米道且樓高九層以上，全部時段衛星顆數均小於四顆，均無法進行快速靜態測量及即時動態測量 RTK。

由上述透空度分析，大致可初步推知以下結論，郊區適用 RTK 複丈作業，8M 以上道路視實地遮蔽狀況而定，部份適用，部份不適用，8M 以下巷道則應不適用 RTK 複丈作業。

4.3 RTK 在應用上的限制

1. 施測時需依賴單一參考站，且有效的施測距離約為 10km
2. 建立參考站時可能潛在大的錯誤
3. 缺乏完善地偵測系統及通訊設備
4. 品質較無保障
5. 雖然可以建立高密度參考站網，卻不符合經濟效益

4.4 RTK 結合 TS 進行土地複丈測量

RTK 定位測量方法有其先天上之缺陷，需要良好的透空度使足以接收足夠之衛星觀測量，另外在主站與移動站之間之距離也不宜太遠，RTK 結合 TS 全測站儀進行土地複丈測量茲說明如下[7]：

1. 即時動態測量 (RTK) 是採用 GPS 差分定位概念, 利用高精度的雙頻載波相位觀測量, 進行即時定位測量。
2. RTK 除了具有其他 GPS 測量方法的優點外, 還具有施測迅速、移動快速、且不需要後級處理的內業計算工作等特性。
3. RTK 的限制: 例如由於建築物的阻擋, 使得接收機無法收到足夠的 GPS 衛星訊號、主站與移動站間之無線電訊號無法傳輸等, 都會影響到 RTK 的作業是否成功。
4. 如果發現無法以 RTK 在某一點(如 P 點)實施測量時, 可以利用全站儀(TS)來輔助。(數值區)

RTK 輔以 TS 實施土地測量的方法為: 將 RTK 移動站的接收機安置在可以成功求解點位坐標的地方(如點 A), 於地面做記號, 並記錄坐標; 按此要領以 RTK 施測 TS 作業所需要的控制點點對, 然後在點 A 安置 TS, 以 TS 測量方法測算 P 點的坐標[8]。簡單來說即是利用 RTK 快速取得控制點坐標的特性, 選定 TS 所需要的控制點對(至少三點), 利用 RTK 技術快速測得該控制點對的坐標, 以供做 TS 所需之參考圖根點。如此在可利用 RTK 技術的測區便可以視為處處都有圖根點的情況, 大幅增進於該區進行土地複丈的便利性。

4.5 增進 RTK 定位效益之可行方法

1. 區域改正參數技術(ACP)

ACP 的基本觀念, 即利用參考站對即時觀測坐標的結果改正。移動站不需與控制計算中心做連結。除了對 PDGPS 之改正外, 還要在不同的區域給予不同之改正參數, 藉由簡單之內差法求得該移動站之改正參數。以改正移動站坐標。只需對三個參考站之中的任一參考站做連結, 即可得到移動站所需之改正參數, 便可對移動站坐標加以改正[6]。

2. 虛擬參考站技術(Virtual Reference Stations, VRS)

所謂 VRS 之觀念, 係基於多個 GPS 參考站間連續地經由電話線及其他通訊設備與控制計算中心連接, 而控制計算中心彙整所有參考站資料後, 產生區域改正資料庫, 藉以計算出任一移動站附近虛擬參考站之觀測資料。虛擬參考站技術(VRS), 為利用參考站網及軟體可計算得區域內之系統誤差如對流層誤差、電離層誤差、軌道誤差等, 提供給使用者可即時獲得公分級精度之定位, VRS 系統不僅是單一 GPS 測量技術, 而是集合 Internet、無線通訊技術、電腦網路管理和

GPS 定位技術整合的系統，其優點如下[6]：

- VRS 的技術可以不需自己設站
- 消除參考站之系統誤差
- 減少初始化時間
- 增加移動站與參考站之距離
- 定位精度在 1 公分，且網型內精度一致
- 提供即時電離層資料

五、RTK 應用於土地複丈作業程序

配合臺灣省新補建之 2 公里間距分佈之 GPS 三等控制點與 RTK 圖根測量的 GPS 土地複丈作業程序。圖根測量可以由三等控制點引測至測區，隨測隨用，根本解決數值重測區圖根點遺失與補測之問題。以下分為圖解區域與數值區域進行說明：

5.1 圖解區

1. 測量規劃：依據測站衛星數目(至少 6 顆)、點位精度因子(Dilution Of Precision)(5 以下)、衛星出沒圖(Sky plot)，規劃最佳觀測時段。
2. 求解坐標轉換參數：於測區周圍選擇 3 ~ 6 個已知 N、E 坐標之控制點，進行 GPS 衛星快速靜態定位測量，求出這些控制點之 WGS-84 經緯度及高程，再以基準轉換程式求出該測區之轉換參數，供 RTK 即時動態定位使用。
3. 圖解地籍圖數化：圖解地籍圖數化成果包含點(界址點、控制點、都市計畫樁)、線(地籍線、摺裂線、圖幅線)、面(宗地、視中心)及屬性(地號、地目、面積、圖幅號、實量邊長)。其中數化完成之各宗地面積，應與土地登記簿之面積做比較分析，列出兩者之正負差值，俾供套圖分析之參考。
4. 實地施測現況：由於 GPS 係接收太空中衛星的訊號，所以觀測之點位必須有適當的透空度，若現況界址點位上之對空通視不佳，則必須利用 RTK 佈設適當之圖根點，以結合電子經緯儀，輔助現況界址測量，其觀測資料均應全部存檔。
5. 套圖分析：即將實地施測之 RTK 現況圖與地籍圖數化檔套疊在 AUTO CAD

繪圖軟體中，首先展繪 TWD 97 坐標系統之 RTK 現況圖(現況界址點用紅色圓圈表示)，以其為固定之底圖，再開另一圖檔展繪數化地籍圖在 RTK 現況圖上，依宗地坵塊形狀、面積、方向線等相關條件，平移、旋轉及微量縮放數化地籍圖，決定最佳之套圖成果，並將其存檔，俾供檢查及後續測設界址點使用。

6. 測設界址點：依據完成套圖之界址點坐標成果，以 RTK 結合電子經緯儀實地測設界址點。
7. 成果檢查：現場檢查測設界址點間距。

5.2 數值區：

1. 測量規劃：依據測站衛星數目(至少 6 顆)、點位精度因子(Dilution Of Precision) (5 以下)、衛星出沒圖(Sky plot)規劃最佳觀測時段。
2. 求解坐標轉換參數：於測區附近選擇 3 ~ 6 個已知 N、E 坐標之控制點，進行 GPS 衛星快速靜態定位測量，求出這些控制點之 WGS-84 經緯度及高程，再以基準轉換程式求出該測區之轉換參數，供 RTK 即時定位使用。
3. 查詢土地複丈資料：包括申請土地複丈之界址坐標，面積，鄰近圖根點坐標，繪製複丈參考圖，並調閱地籍調查表加以註記。
4. 測設界址點：以 RTK 結合電子經緯儀實地測設界址點。
5. 成果檢查：現場檢查測設界址點間距。

六、RTK 外業規劃

1. 研究區域

本研究規劃利用本縣林口鄉麗林段及菁埔段中湖小段，利用數值區已存在之圖根點驗證 RTK 之測量精度，做為數值區域圖根補建之可行性。另外亦同時測量圖解區域之已測界址點，做為 RTK 應用於圖解區域之可行性探討。

2. 作業人力預估

- 外業 GPS 衛星接收儀操作人員：測量員一人、測量助理二人。

- 內業 GPS 衛星接收資料處理人員：測量員一人。
- 成果檢查人員：測量員一人。

3. 測量方法

GPS 儀器準備及測量規劃：

- 準備 GPS 衛星接收儀器及即時動態 RTK 使用之無線電設備。
- 依據測站衛星數目（最少五顆衛星）點位精度因子、衛星出沒圖（Sky plot）等資訊，規劃 RTK 即時動態測量最佳觀測時段。

RTK 即時動態測量辦理圖根點檢測作業：

- 於實地查對圖根點是否存在。
- 選定透空度較佳的圖根點（HE251）做為主站，依序針對選定之測試圖根點（BE1、HE268、HE196-1、HE256、HE188）進行 RTK 即時動態測量，每一個測試圖根點皆停留 8 分鐘。
- 以 GPS 衛星接收儀利用 RTK 即時動態測量方式測量，比較與原圖根點位置之差距。測試區域之坐標屬 TWD67 之坐標框架，RTK 則為 TWD97 之坐標系統，因此需將觀測成果經由坐標轉換至 TWD67 坐標框架下，並改正剩餘差部分，方可進行比較。
- GPS 衛星接收儀無法於少於五顆衛星區域辦理 RTK 測量，應將衛星接收顆數及無法辦理原因做成紀錄。（詳如圖一）

4. 圖根點檢測之成果整理分析：

將 GPS 外業測量成果下載至電腦，整理分析測量成果並調製成果圖表。

本研究的選定實驗區域在於台北縣林口鄉麗林段，主要原因在於該區域為 TWD67 坐標系統重劃區；其實驗成果可逕行提供日後以 RTK 或加配全測站經緯儀進行土地複丈作業，可直接驗證實驗成果。而圖解區部分則由已測之界址點直接套疊查核。

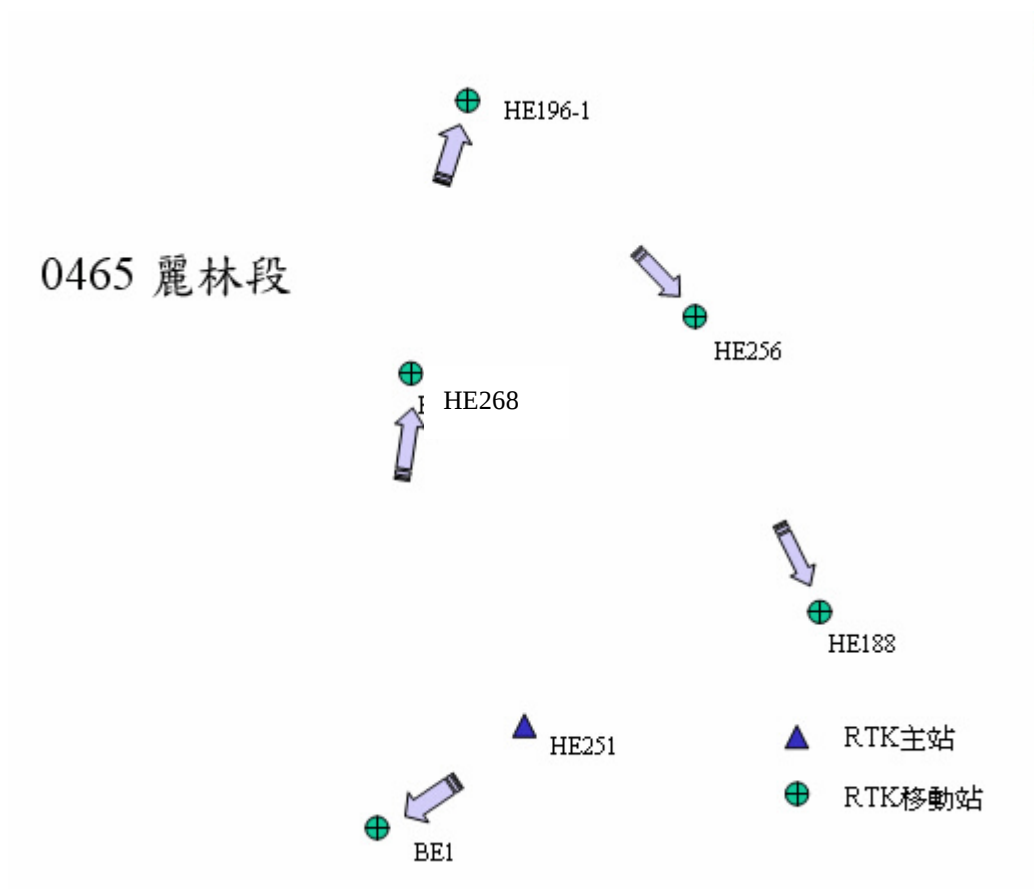
本研究案採用 Topcon 公司之 GPS 定位儀之參考站型及移動站型（具 RTK 作業所需無線電天線），由於時間關係，每個點位僅進行一次測量，假設重劃後之圖根成果為真值，比較其觀測量之差異（接收同一參考站資料）。

七、資料處理與成果分析

7.1 數值區域

選定麗林段圖根點 HE251 架設 RTK 參考主站，依序對圖根 BE1、HE268、HE196-1、HE256、HE188 等進行 RTK 測量，其 TWD97 之坐標成果如表三所示。其中 BE1 兩次的成果差值為： $dE=0.013$ 公尺， $dN=0.010$ 公尺。顯示成果的坐標重現性相當高。點位分佈位置平面圖如圖二所示。

由於麗林段宗地資料為架構於 TWD67 之坐標框架下，因此此結果必須經由坐標轉換至 TWD97 之坐標系統下，並皆須經過剩餘差值改正，由於選定測區範圍較小，因此剩餘改正值以主站的差值逕行改正即可。其成果如表四所示。其中差異最大值為圖根 HE196-1，其在 N 方向上之差異量為 6.89 公分，超出數值區域 6 公分的限制，其餘皆在 4 公分以內。HE196-1 應該為由 HE196 所延伸出來之點位，是否為圖根點位成果本身的問題還需要再確認。亦有可能是環境透空問題及差分訊號強度問題造成較大的差異量，其餘大都可以符合於作業規範，顯示運用 RTK 於數值區域進行圖根補建或新建是為可行。



圖二 數值區外業示範點位分佈位置圖

表三 麗林段 RTK 圖根檢測成果

Point List in TWD97(Grid, Zone: TWD97)						
Point			Coordinates			Type
#	Name	Comment	Northing (m)	Easting (m)	Height (m)	
1	BE1		2775794.7264	287942.0217	261.1604	proc
2	HE268		2776074.7810	288126.2514	252.8350	proc
3	HE196-1		2776205.2496	288233.2365	254.8942	proc
4	HE256		2775994.4425	288291.2720	254.3085	proc
5	HE188		2775801.1242	288261.0137	257.4117	proc
6	BE1		2775794.7134	287942.0310	261.1554	proc
7	HE251	主站	2775799.3187	288023.0255	259.4137	proc

表四 圖根坐標轉換成果

點 號	宗地 N (公尺)	宗地 E (公尺)	實測 N (公尺)	實測 E (公尺)	改正 N (公尺)	改正 E (公尺)
HE251	2776002.012	287193.637	2776002.54	287192.203	-0.53	1.434
BE1	2775997.433	287112.62	2775997.943	287111.202	--	--
HE268	2776277.475	287296.843	2776277.963	287295.383	--	--
HE196-1	2776407.957	287403.812	2776408.416	287402.344	--	--
HE256	2776197.152	287461.867	2776197.648	287460.408	--	--
HE188	2776003.83	287431.613	2776004.36	287430.179	--	--
改正後 N (公尺)	改正後 E (公尺)	剩餘差 N (公分)	剩餘差 E (公分)	與主站之距離 (公尺)		
2776002.01	287193.64	0	0	--		
2775997.42	287112.64	1.80	1.6	81.13134		
2776277.44	287296.82	4	2.6	294.1155		
2776407.89	287403.78	6.89	3.4	457.0499		
2776197.12	287461.84	3.19	2.5	331.6641		
2776003.83	287431.61	0.19	0	237.983		

經實地利用全測站儀查核 RTK 測量結果資料如表五所示，顯示利用 RTK 所測得的資料於角度部分僅相差 18 秒，而距離部分則僅相差 5 釐米。其他點位則由於無法通視，因此僅取可通視之控制點進行抽樣檢驗，顯示於空曠場所可利用 RTK 進行圖根補建工作。

表五 利用 TS 查核 RTK 實測結果

	測站	標定	測點	角度	距離
圖面反算	HE188	HE256	HE251	260-40-05	237.983
TS 實測	HE188	HE256	HE251	260-40-23	237.977
差值	----	----	----	0-0-18	0.005

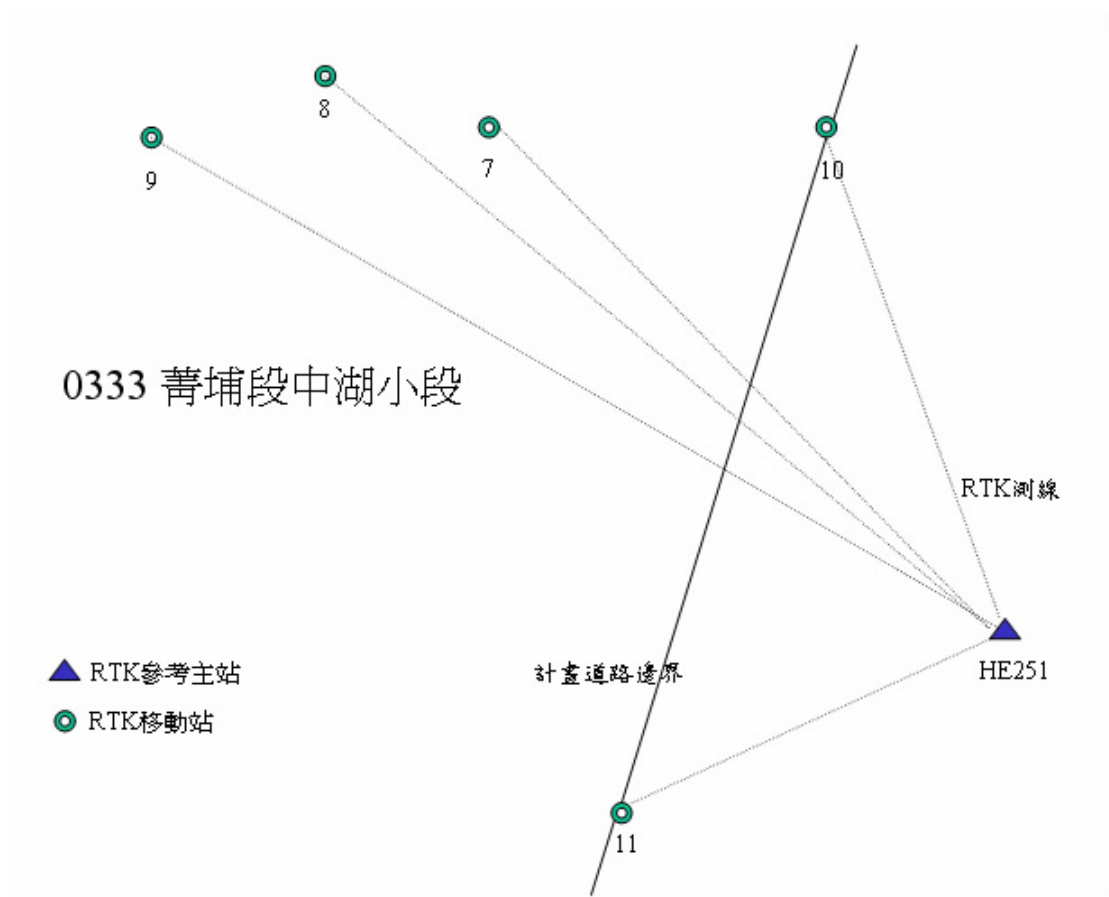
7.2 圖解區域

選定麗林段圖根點 HE251 架設 RTK 參考主站，依序對菁埔段中湖小段 169 地號之界址點（假設界址點號為 7、8、9）進行 RTK 坐標測量。點位分佈位置平面圖如圖三所示。其中並測取計畫道路邊線，以做為日後接圖套圖之依據。

本實驗中，於圖解區內測取之前釘界過之界址點，由 RTK 方法訂出之點位間距離分別為 7.72 及 9.48 公尺，與圖面距離相差約 10-20 公分，此誤差來源研判為圖面數化及平板讀數之差異。初步認為，利用 RTK 進行圖解區之地物測量（已存在之界址點位及現況）可輔助進行圖解區佈設圖根點，便於日後於圖解區域進行土地複丈業務。

表六 圖解區界址點間距離檢核成果

點號	圖面距離 (公尺)	實測距離 (公尺)	差值 (公尺)
7	7.52	7.72	0.20
8			
9	9.57	9.48	0.092



圖三 圖解區外業示範點位分佈位置圖

八、效益分析

8.1 數值區部分

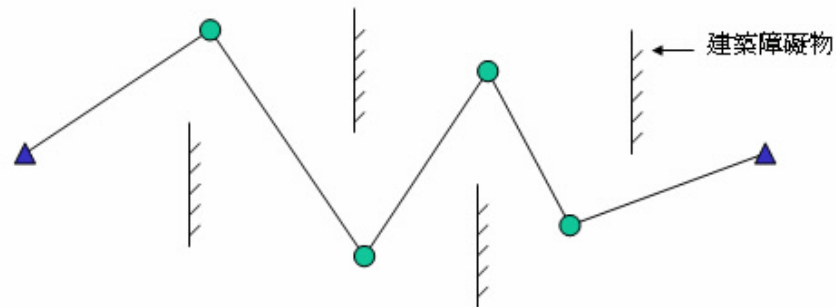
RTK 應用於地籍測量之圖根補建效益，若以附和導線來探討(如圖四所示)，則茲說明如下：

表六 RTK 效益評估一覽表

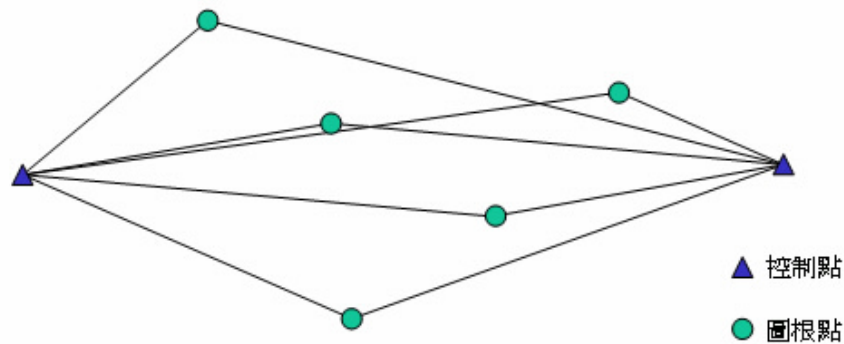
項目	RTK 方法	傳統全測站方法
測量人員	約 2-3 人（主站、移動站各一）	約 2-4 人（含記錄一員）
點位通視狀況	1. 受無線電訊號傳輸距離影響 2. 較不受通視影響（遮蔽物亦會影響無線電訊號品質）	1. 點位間必須相互通視

觀測資料優點	1. 各觀測量皆為獨立觀測 2. 每一圖根施測結果皆為一次開放性導線之概念	1. 各觀測量相互關連，其中一站有問題，將影響全導線之觀測品質。
測量時間	每測站約 2-5 分鐘不等	每測站約 5-10 分鐘不等
內業計算	一次開放導線，無須平差	需進行導線平差
導線圖根距離	(50 – 500) 公尺	(50 – 100) 公尺
天候狀況	24 小時全天候觀測	夜間及天雨施測困難

傳統導線測量應用於圖根補建



RTK測量應用於圖根補建



圖四 地籍測量圖根補建示意圖

8.2 圖解區部份

因圖解區測量部分皆為套圖作業，僅需相對坐標，用一般平板測量應用於山區部分，亦容易因通視不良而無法施測。應用 RTK 方式測量則可不受此限制，且可以測得現況相對坐標。RTK 可反應快速測點的特性，於相關區域快速測得

大量的現況特徵點，經由展圖及套圖之後，可以快速的將圖根點佈設平板圖面上。

此外，於圖解區域進行分割作業時，可以克服地形變化大的區域（如山坡地形）及大範圍且有植被覆蓋的區域，克服通視問題，且可以減少平板架站的次數。利用 RTK 可直接由鄰近區域利用現況測量及圖根補設方式，快速達到圖解區域圖根補建的功效。

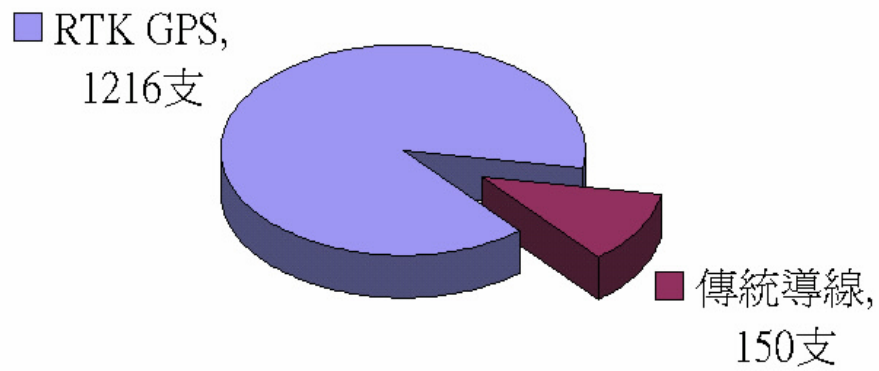
8.3 成本效益

由於歷年來地籍圖根點遺失的比率皆高居不下，每年用於各所之地籍圖根補建之經費，以新莊地所為例，每次發包經費約為 25-30 萬元不整。而目前市售之 RTK GPS 接收儀一套（一部固定站、一部移動站）約為 90 萬元，以新莊地所補建 150 支圖根點為例，其相關成本效益比較如表七：

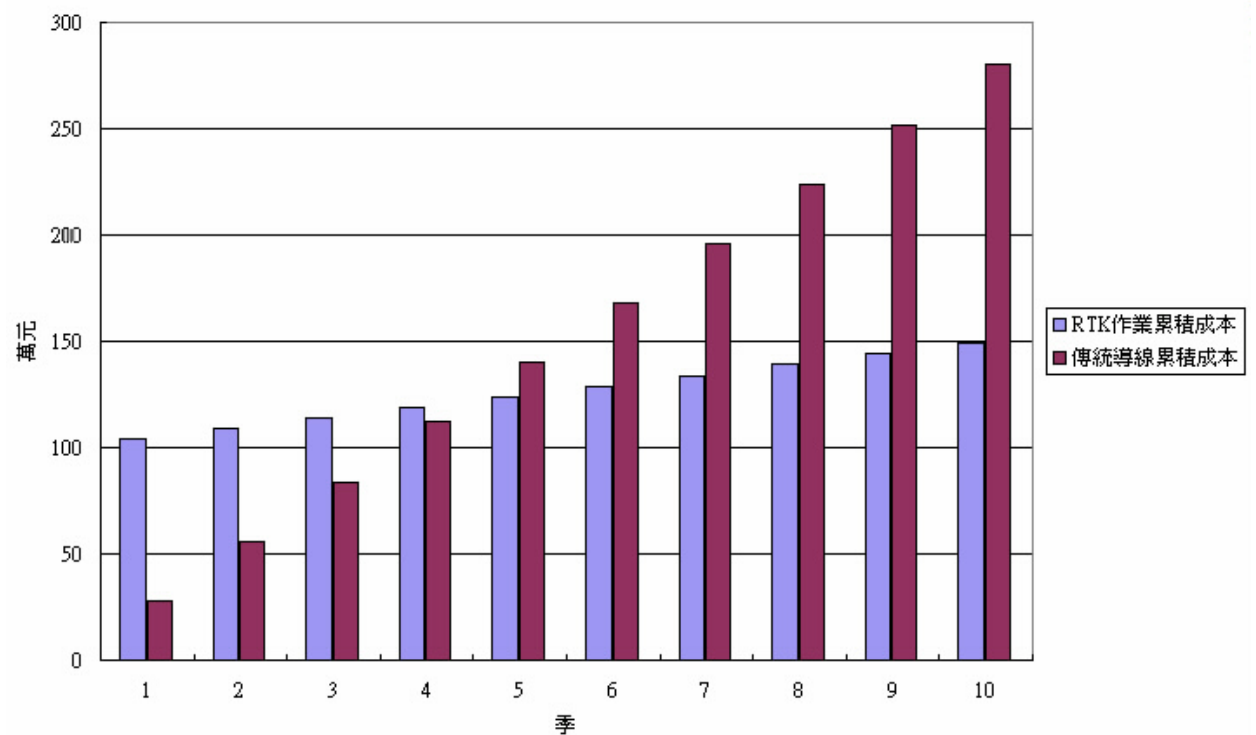
表七 RTK 成本效益評估一覽表（以新莊地所為例）

項目	RTK 方法	傳統導線
作業單位	需由地所自行測設完成	由業界完成，地所僅需配合驗收
人員數量	至少 2 員（主站、移動站各一）	至少 3 員（測站及前後視各一）
測量時間	每 15 分鐘可以完成 1 支圖根補建（含移動部分），以每天補建 16 支圖根計算，全區 150 支圖根約費時 10 個工作天可完成。平均每支圖根補建成本約 855 元（以 76 個工作天計算）。	約費時 76 個工作天完成，平均支圖根補建成本為 1867 元。平均每天可完成 1.97 支圖根。
時間效益	每增加一個移動站，僅需增加一位測量人員，但可節省一倍的時間。	每增加一組觀測人員，需增加 3 員測量人員，時間可節省一半。
項目	RTK 方法	傳統導線
內業效益	對於成果不好的圖根，可以不同控制點重新施測，費時約 15 分鐘	對於成果不好之區域，需進行錯誤剔除補測，並重新平差曠日廢時。
金錢效益	第一次購置一組 RTK GPS 約 100 萬，人員 2 員，工作天 10 天，薪資約 4 萬元，總計約 104 萬元。爾後每次約員工薪資 4 萬元，工作天 10 天即可完成。	每次皆需花費 28 萬左右之作業費用。
附加效益	對於遺失的點位可以隨時補建，也可用於困難區域（山區及其他無法通視	僅能針對部分遺失點位進行補建，對於大範圍區域移師之圖根點

	區域)之鑑界指界工作。	補建困難。除用於鑑界業務,無其他附加效益。
--	-------------	-----------------------



圖五 RTK 與傳統導線工作效率圓餅圖



圖六 RTK 與傳統導線成本效益直方圖

九、結論與建議

由於 GPS 定位測量的推廣，除有效提升測量成果精度及作業效率外，並將逐漸引導地籍測量型態的改變。以 GPS 即時動態測量（RTK）進行圖根點、戶地測量，使得土地複丈作業之客觀條件已經成熟，以下提出本節之結論：

1. 使用 GPS 技術來取得土地使用變化空間資訊的確較傳統的 TS 來得快及有效率；但因 GPS 是靠著接收衛星的訊號來進行定位，因此在對空通視不良地區，使用 RTK 有其困難存在，此時必須以 TS 輔助施測。
2. 為使作業流程迅速，在事前需先了解目標區的土地利用變化類型、待測點位及無法利用 RTK 進行量測之點位，根據此三者做好流程規劃，即可縮短外業作業時間；而內業處理方面，只要將土地使用類型發生變化處之坐標輸入，即可利用電腦對原圖形進行更新，不需重新繪圖，以節省內業處理時間。至於無法直接利用 RTK 觀測的界址點，也可以於界址點附近測量 TS 所需要的控制點對，因而也使得使用 TS 測量所需時間縮短許多。
3. RTK 之精度及準確度尚可到達圖根測量的規範，惟仍有點位受無線電訊號過弱影響致無法收斂，顯示其收斂性不穩定。因此，進行圖根點補建時，建議應先檢測已知點位，以測試當時該區域之無線電通訊及求解收斂狀況，如在精度範圍內，再測量新建點位，並至少測量兩次以上，如較差合理，取其平均值做為最後結果。
4. RTK 作業方式易受無線電訊號強弱之影響，使其收斂性不穩定，不適用於控制測量；以平均測試成果精度而言，尚可應用於圖根點補建。進行圖根點補建時，應先檢測已知點位，以測試當時該區域之無線電通訊及求解收斂狀況，如在精度範圍內，再測量新建點位，並至少測量兩次以上，如較差合理，取其平均值做為最後結果。
5. RTK 於市區使用時，容易受到大樓及建物遮蔽影響無線電訊號的強弱，如果能夠將 RTK 主站佈設於市區大樓樓頂，可適度增強無線電的傳播範圍與訊號的強度，將可適度提高測量精度。倘若所用 RTK 測量儀器亦配備 e-GPS 傳輸設備，則由於 GSM 傳輸不受市區大樓影響，亦可以解決市區使用不易的問題。
6. 政府近年來積極發展 e-GPS 技術，未來將可透過平均分佈全台各地的 GPS 固定站結合 GSM 數據傳輸技術，達到處處有參考坐標與單一坐標系統，更

可以做到單機單人作業，只需要硬體充足，無論在現況測量、戶地測量或地籍測量各方面皆可大幅提昇其效率。

7. 圖解區之數值化後地籍圖經套合檢查及修正後，其精度可直接應用於戶地測量使用及提供地籍圖謄本核發用。
8. 研究區域進行之 GPS 圖根點補建、新建作業，經整體網形約制平差計算並剔除錯誤點位後，精度可達公分級，已符合精度規範，可提供圖解地區複丈作業使用。
9. 以補建之圖根點配合 RTK 進行戶地測量，於測試區域實測結果，大部分點位精度已可達到圖解地區戶地測量之精度規範。
10. 惟現行法規中尚無對圖解數化區採數值法或 RTK 戶地測量有明確之作業規範手冊，因此其適法性及法源依據仍有待專家學界等先進規劃研擬。隨著 RTK 技術的發展，未來更漸發展為控制點不落地，隨到隨測、精準快速、統一坐標系統等重要課題。
11. GPS 與 GIS 整合，則可以利用充分的圖面資料進行適當的規劃，例如以線狀管線或道路為例，可搭配 GPS RTK 於圖面進行分割作業時，快速測得特徵點位坐標，於單一坐標系統下可以減低錯誤率，更可以提供決策時的重要依據。

參考文獻

1. 內政部，1988。地籍測量實施規則，台北。
2. 曾清涼，儲慶美，1999。GPS 衛星測量原理與應用，第二版，國立成功大學衛星資訊研究中心，台南。
3. 楊名，1997。GPS 靜態及動態測量。“GPS 衛星定位測量實務”（曾清涼、余致義、何慶雄、劉啟清、楊名編著），國立成功大學衛星資訊研究中心，台南。
4. 翁享裕，2003。應用 RTK 即時衛星定位系統測設圖根點可行性探討，台中市政府自行研究發展報告，台中。
5. 邱元宏、葉昭宏，2005。各種 GPS 定位方法應用於地籍測量實務及成果之研究，台中市政府自行研究發展報告，台中。
6. 蔡元培，2004。RTK 於地籍測量之應用，台北市政府自行研究發展報告，台北。
7. 林老生，2003。“GPS RTK 與全站儀在都市地區土地測量的應用”簡報，台灣大學。
8. 林建登，2004。以自由測站法輔助圖解數化成果坐標整合之研究，台中市政府自行發展研究報告，台中。