



利用無人飛行載具拍攝影像圖配合e-GNSS系統 輔助農地重劃區地籍圖土地複丈作業之研究



研究單位：彰化縣員林地政事務所

研究人員：測量員 黃正龍

指導人員：課長 陳渭梯

指導人員：主任 蔡全烈

日期：105年7月27日

目錄 頁次

◆	第壹章、前言	1
◆	第貳章、目的	1
◆	第參章、作業流程	2
◆	第肆章、測量方式與方法、人員配置及器材設備	2
◆	第伍章、成果統計與問題分析及解決方法	17
◆	第陸章、研究效益	22
◆	第柒章、結論與建議	23

第壹章、前言

農地重劃測量需進行區邊界測量、基本控制測量、圖根測量、現況測量及土地分配等作業程序，早期圖解重劃區受限測量儀器精度及測量技術，解算軟體精度不完備等因素，故地籍圖精度亦相對較差。又因地籍圖保存方式不佳等影響，致圖紙伸縮比例不一且破損，經界線模糊，以致於地籍圖無法完整接合，其成果至今肇致圖、簿、地不符情況非常嚴重。

內政部為保存圖解區地籍圖免繼續破損為目標，積極推動圖解地籍數值化計畫之作業已完成，將地籍圖資料納入電腦管理強調了圖籍數位化的重要性，但仍存在圖幅接邊的問題；由於地籍圖精度不足，以致地籍圖還原於實地之能力較差，登記機關勉強據以套繪之結果，辦理土地複丈，鑑界結果常出現界址位置前後不一致情況，常顧此失彼，致使地籍圖、實地經界線及登記面積三者關係更為複雜，屢為民眾詬病引發民怨，造成所有權人無法挽回的損害甚而興訟，影響政府威信甚鉅。

近三十年來社會經濟急速發展，地價高漲，土地分割及利用頻繁，又自 89 年 1 月 4 日農業發展條例修正施行後益加彰顯。蓋因農地分割、移轉限制大幅放寬，致使權利人之結構，已非單純從事耕作的農民，對於複丈成果之精度要求，已與過去不可同日而語；復因農地利用之態樣日趨複雜化，複丈後普遍興建農舍、修築圍牆、混凝土田埂、水溝等，致使原有之經界線問題更加難以處理解決；為解決前述問題，本計畫嘗試運用無人飛行載具（UAV）拍攝影像圖配合 e-GNSS 系統，輔助農地重劃區土地複丈作業。

第貳章、目的

為因應時代之進步及提升測量精度，計畫以無人飛行載具（UAV）拍攝之相片，快速製作成高解析度、高精度的正射影像圖資，快速掌握現地空間等資訊，並透過戶地測量方式，以宗地為基礎逐筆勘測。將測量之現況圖及正射影像圖為基礎，使圖解地籍圖數值化之圖幅接合，達到三圖合一之成果，同時將圖解地籍圖數值化坐標系統轉換至 1997 臺灣

大地基準系統 (TWD97)，完成整段圖籍整合之目標，進而縮短測量時間提高土地複丈作業成果之精度，減少鑑界成果不一致情況，同時解決農地重劃區土地面積不符之情形，作為後續辦理面積更正與差額地價找補之依據。

第參章、作業流程

本計畫研究方法是利用 VBS-RTK 進行控制點、檢核點、戶地測量等測量作業，依地面控制點、檢核點成果提供後續影像處理計算使用，產製正射影像圖資。以戶地測量成果與圖解地籍數值化成果套疊分析，利用正射影像輔助分析比對其現況，產製符合現況之三圖合一套疊成果，其作業流程如圖 1。

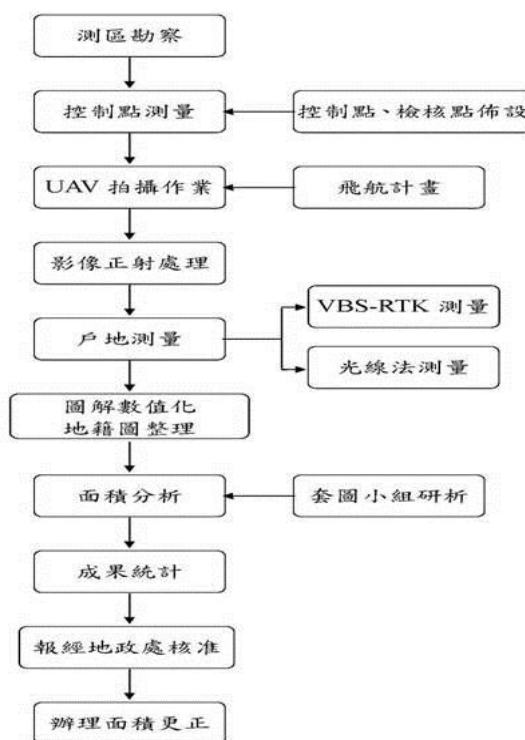


圖 1 計畫流程圖

第肆章、測量方式與方法、人員配置及器材設備

本計畫試辦區選擇於彰化縣永靖鄉永興村內之永興段 (ND0580)，地理位置約位於永興路一、二段以南，湍底巷以北，陳厝厝排水以東，永興路一段 39 巷以西，地形條件為東西向橫跨平均約 1.7 公里、南北縱向約 1.3 公里，測區形狀約成上寬下窄之梯形狀，範圍內經高速鐵路彰化站區聯外道路與台灣鐵路管理局鐵路幹線所貫穿，範圍如圖 2。



圖 2 永興段試辦範圍

一、測量方式

VBS-RTK 即時動態定位技術是 e-GNSS 即時動態定位系統之核心定位技術，本計畫採用內政部國土測繪中心建置全國性 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統，結合無線通訊技術及虛擬基準站（Virtual Base Station, VBS）即時動態（Real Time Kinematic, RTK）定位技術以下簡稱（VBS-RTK），可得高精度定位結果。

搭配 6 參數轉換及最小二乘配置法進行套合計算（以下簡稱最小二乘配置法 6 參數轉換），是利用各等級三角點及地籍圖重測區四等控制測量成果為坐標轉換控制點，以求出觀測值成果坐標轉換至地面坐標系統

(TWD97)，可獲得高精度測量成果。

現況點以 VBS-RTK 所測量得到坐標值，再配合上述已知參數值之坐標轉換方法，將現況點轉換至地面坐標系統 (TWD97) 坐標系統，則戶地測量作業大幅提高其作業速度與精度。遇有現況複雜地區或觀測條件不佳之地區現況點，交由全測站經緯儀進行觀測。

經由無人飛行載具 (UAV) 拍攝取得影像後，以多視立體視覺方式配合計算機之演法，生成該實驗區之三維點雲模型，而點雲模型經過內插進行數值地表模型 (DSM) 重建，最後利用多重影像與相鄰影像進行對遮蔽區位置填補紋理貼覆，產製正射影像成果。

二、測量方法

(一)、VBS-RTK 測量方法檢測控制點

1、VBS-RTK 作業方法與設定參數限值

使用 Trimble R6 雙頻衛星訊號接收儀及搭配三腳架、基座進行觀測，各點位觀測起始及結束時間、接收衛星資料顆數、PDOP 值、儀器高及備註等項目加以記錄，其操作設定參數限值，如表 1。

表 1 設定參數限值彙整表

欄位名稱	限值
資料紀錄速率	1 筆/秒 (1Hz)
RTK 測量初始化時間	小於 2 分鐘
觀測衛星資料顆數	5 顆以上
衛星資料接收仰角	15 度
固定解平面誤差	應小於 2 公分
固定解高程誤差	應小於 5 公分
觀測時衛星點位分佈	PDOP 值應小於 5

2、VBS-RTK 測量時程

利用內政部國土測繪中心 e-GNSS 系統並於每天早上、下午以 VBS-RTK 方式觀測已知控制點，觀測時於 2 分鐘內無法達到固定解 (Fixed) 時點位須重新觀測。並參考「採用虛擬基準站即時動態定位技術辦理加密控制及圖根測量作業手冊」檢測已知控制點接收衛星觀測資料，每一點位 1Hz 連續靜態觀測資料 1200 筆以上，換言之接收至少 20

分鐘以上靜態觀測資料。每次施測時重複數點，一來可檢核已知控制點間之相對關係，更可測試 VBS-RTK 測量之坐標間之差異並觀察在不同日期施測之變化相對位置測量上是否有差異。

3、VBS-RTK 觀測資料整理

目前 VBS-RTK 點位觀測值之處理，利用國土測繪中心所提供「RTK 圖根測量觀測彙整軟體」，係於 VBS-RTK 點位觀測完竣後，將原始觀測資料載入後，以觀測點名排序、計算各點不同主站兩次觀測之平均值及進行各觀測值之內部精度檢核後，再進行觀測量精度檢核，檢核無誤後即可匯出觀測資料提供相關作業使用。

4、參數轉換計算方法

VBS-RTK 可得高精度定位結果，惟 e-GNSS 坐標與 TWD97 或 TWD97[2010]公告坐標成果之坐標系統不一致性之問題來源於臺灣地區因位處於地殼變動劇烈地帶，且區域性地表位移量各地均有明顯差異，為維持 e-GNSS 即時動態定位系統提供之定位服務精度，內政部國土測繪中心自行定義一套以時間為函數之 e-GNSS 衛星定位坐標系統，作為進行即時動態定位之坐標基準平臺，但此模式亦引發使用者在測量的實務作業上及成果的法制化層面上，對於 e-GNSS 衛星定位坐標系統及 TWD97 (TWD97[2010]) 公告坐標系統間所產生之區域性與時間性整合議題。

針對上開區域坐標偏差情形，建議使用者採用 4 參數或 6 參數平面坐標套合轉換及最小二乘配置坐標套合方法，吸收因地殼變動引發之點位位移量，解決 VBS-RTK 測量成果與法定坐標系統不同之情況，讓使用者在測量時可獲得法定坐標系統成果。

(1)、六參數（仿射）轉換之理論

本計畫採六參數轉換方式，需三個以上已知點坐標形成一個較大的多邊型三角網計算求取兩系統間的轉換參數，以最小二乘法原理進行平差求解六個轉換參數的最或是值，再利用轉換參數將其餘觀測點坐標轉換為新坐標，所以進行坐標轉換時僅需考慮二度空間系統轉換。

(2)、最小二乘配置法之理論

古典最小二乘法平差將兩個坐標之間視為僅含有獨立的偶然誤差來處理，且每一個參考點在轉換後會產生剩餘誤差，即轉換後參考點的坐

標會因有改正數而改變。鑑於執行平面坐標轉換後，共同點參考坐標會因轉換數學模式利用多餘觀測量來估算最合理的轉換參數，產生不符值（或殘差），這對於某些特定測繪實務工作，特別是地籍測量作業，須依據相關法制作業規定，採用強制套合已知控制點坐標方式，計算獲得新設點位轉換坐標成果之做法不符。

基於上述理由，加上最小二乘配置的理論，將上述因坐標轉換所產生的共同點殘差，透過最小二乘配置方法，將共同點的殘差配賦到轉換點上，如此可維持轉換前後共同控制點坐標不變，亦符合強制套合已知控制點坐標的要求。

(3)、坐標轉換模組

「內政部土地測量局控制測量網形平差程式」其中坐標轉換模組，為一獨立之功能模組，係採用四參數及六參數轉換並配合最小二乘配置法以信號吸收部分誤差，使用者可依實際需要選用。

5、檢測已知控制點

本測區已知控制點共計 6 點，其點位分佈如圖 3，以 VBS-RTK 測設一次已知控制點約需 30 分鐘（包含架設儀器、控制器設定；不包含變換控制點位之移動時間）。

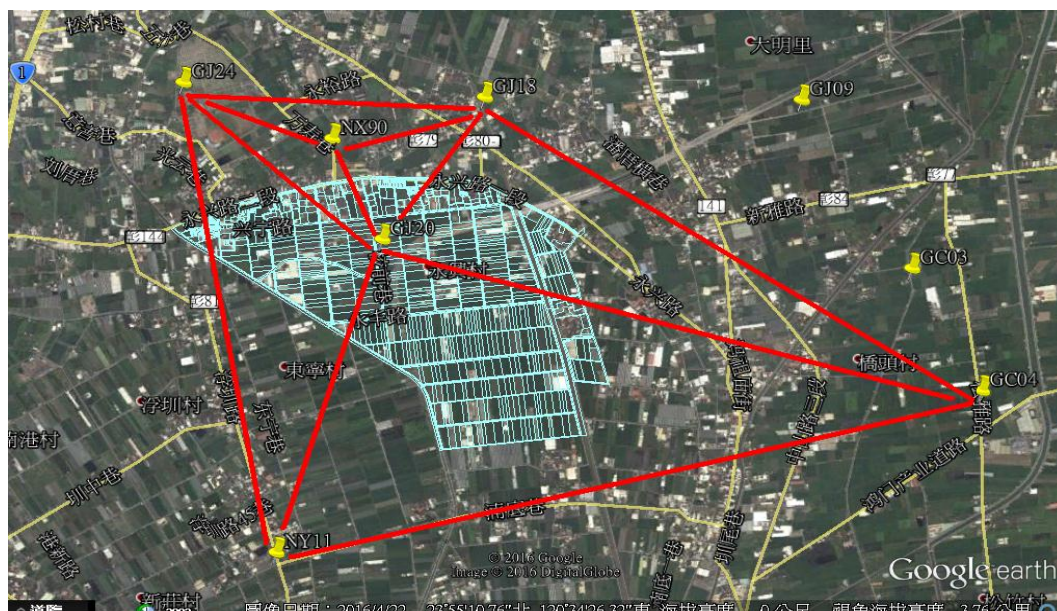


圖 3 已知控制點分佈圖

經觀測整理後之控制點資料以坐標轉換方式進行檢測，其操作程序如下述。

(1)、坐標輸入檔其格式說明

使用者依檔案編排格式自行輸入，產製所需坐標輸入檔案，如圖 4。

- 第 1-8 欄位：作業點號。
- 第 10 欄位：坐標類型。1：共同點；8：待轉換點；9：不轉換點。
- 第 12-25 欄位：轉換前 N 坐標分量。
- 第 27-40 欄位：轉換前 E 坐標分量。
- 第 27-40 欄位：共同點已知 N 坐標分量。
- 第 27-40 欄位：共同點已知 E 坐標分量。

Point ID	Type	N Coordinate	E Coordinate
GC04	1	2645779.281	208440.859
GJ18	1	2647101.644	206416.128
GJ20	1	2646478.115	205978.038
GJ24	1	2647195.376	205190.745
NY11	1	2645047.441	205544.795
GC04	8	2645779.281	208440.859
GJ18	8	2647101.644	206416.128
GJ20	8	2646478.115	205978.038
GJ24	8	2647195.376	205190.745
NY11	8	2645047.441	205544.795
NX90	8	2646932.109	205789.696

圖 4 坐標輸入檔

(2)、成果輸出檔其格式說明

檔案內容包含每個轉換共同點在 N、E 方向之改正數、改正平方和、自由度、標準誤差、坐標轉換參數、轉換參數精度（如圖 5）及距離與方位角之相關檢核資料（如圖 6）等。

NAME	VX	VY
GC04	0.003138	-0.003138
GJ18	-0.007715	0.003183
GJ20	-0.000196	0.008393
GJ24	0.006440	-0.007565
NY11	-0.001667	-0.000873

SUM OF [VV] = 0.0003
 DEGREE OF FREEDOM = 4
 STANDARD ERROR = 0.0081 [M]

Parameter	Value	Standard Error
A(1)=	0.99999875090	+0.259567E-08
A(2)=	0.00000059347	+0.132336E-08
A(3)=	0.25513803965	+0.732801E-02
A(4)=	0.00000807423	+0.259567E-08
A(5)=	1.00000857224	+0.132336E-08
A(6)=	-0.37613790683	+0.732801E-02

圖 5 轉換成果輸出檔

DISTANCE CHECK :						
FROM	TO	GPS	GROUND	DIFFERENCE	1/ PPM	TEST
GC04	----> GJ18	2418.3010	2418.3162	-0.0153	-158486.5	
GC04	----> GJ20	2560.0500	2560.0763	-0.0262	-97535.8	
GC04	----> GJ24	3545.2174	3545.2256	-0.0082	-432077.3	
GC04	----> NY11	2987.1017	2987.1327	-0.0310	-96314.7	
GJ18	----> GJ20	762.0441	762.0579	-0.0138	-55317.4	
GJ18	----> GJ24	1228.9626	1228.9605	0.0021	574002.9	
GJ18	----> NY11	2231.3608	2231.3723	-0.0115	-194161.3	
GJ20	----> GJ24	1065.0322	1065.0157	0.0165	64640.4	
GJ20	----> NY11	1494.8336	1494.8325	0.0011	1320218.2	
GJ24	----> NY11	2176.9190	2176.9047	0.0143	152563.3	

AZIMUTH CHECK :					
FROM	TO	GPS	GROUND	DIFFERENCE(SEC)	TEST
GC04	----> GJ18	303.085559	303.085556	0.04	
GC04	----> GJ20	285.502931	285.502879	0.52	
GC04	----> GJ24	293.323501	293.323436	0.65	
GC04	----> NY11	255.490539	255.490622	-0.83	
GJ18	----> GJ20	215.053043	215.053244	-2.01	
GJ18	----> GJ24	274.222694	274.222445	2.50	
GJ18	----> NY11	202.590687	202.590842	-1.56	
GJ20	----> GJ24	312.200598	312.200679	-0.81	
GJ20	----> NY11	196.505134	196.505225	-0.91	
GJ24	----> NY11	170.382380	170.382559	-1.79	

圖 6 距離與方位角之相關檢核資料

(3)、最小二乘配置之六參數轉換坐標成果檔

檔案內容顯示為轉換後坐標經過已知控制點坐標強制套合後之套合後坐標成果，如圖 7。

點名	轉換後N坐標(m)	轉換後E坐標(m)	套合後N坐標(m)	套合後E坐標(m)
GC04	2645779.536	208440.483	2645779.533	208440.486
GJ18	2647101.896	206415.745	2647101.904	206415.742
GJ20	2646478.368	205977.646	2646478.368	205977.638
GJ24	2647195.627	205190.352	2647195.621	205190.360
NY11	2645047.695	205544.388	2645047.697	205544.389
GC04	2645779.536	208440.483	2645779.533	208440.486
GJ18	2647101.896	206415.745	2647101.904	206415.742
GJ20	2646478.368	205977.646	2646478.368	205977.638
GJ24	2647195.627	205190.352	2647195.621	205190.360
NY11	2645047.695	205544.388	2645047.697	205544.389
NX90	2646932.361	205789.306	2646932.361	205789.305

圖 7 最小二乘配置之六參數轉換坐標成果檔

(4)、控制點測量成果檢核

本計畫測量成果採用 6 參數轉換及最小二乘配置法進行套合計算方式，需分析轉換後各項指標是否符合「採用虛擬基準站即時動態定位技術辦理加密控制及圖根測量作業手冊」、「數值法地籍圖重測作業手冊」作業規範，檢測後符合規範者，該點位視為無變動，得作為後續最小二乘配置法 6 參數轉換之共同點。

所採用已知控制點其轉換後成果精度評估均符合下列項目之要求。

A、轉換後共同點坐標分量改正數應小於 9.8 厘米

參與轉換之控制點共計 5 點，N、E 方向之坐標分量改正數最大值小於 1 厘米，符合小於 9.8 厘米之限制。

B、轉換後個共同點間方位角較差值應小於 20 秒

參與轉換之控制點方位角，共同點間方位角較差值均小於 3 秒，此角度值與相應坐標反算所得角度相較，符合小於 20 秒之限制。

C、轉換後水平距與原坐標反算水平距相對較差比值應小於 1/20000

經測量所得基線長經過傾斜改正、化歸至平均海水面改正及尺度比改正之計算後與相應兩點坐標反算之邊長相較，其較差比值均符合小於 1/20000 之限制。

(二)、戶地測量方法

本計畫區內約 70% 土地為農牧用地，餘約 30% 土地為建築用地，於現況測量方面，主要觀測可靠之界址點，其種類為已埋設界樁，其中包含交耕時所埋設之圓形石樁及後續歷年土地複丈所埋設塑膠樁。次要觀測種類為圍牆、道路、水溝位置、水泥田埂及地方習慣（如防風林屬下風者，田埂高低崁屬高地所有）。最後觀測種類為共線條件現況點（一般係指位於地籍線上之延伸點），以作為後續套圖之參考。

測區係屬農地重劃地區，範圍內現況多為田地，因透空良好，故採 VBS-RTK 觀測方式施測，觀測條件不佳之地區或遇有現場經界線不明確或難以判斷者，則由全測站經緯儀進行補測，以此兩法相互彌補其缺點。

1、VBS-RTK 測量現況點

現況點與前述 VBS-RTK 觀測方式相同，每一點位 1Hz 連續靜態觀測資料 30 筆，唯有在已埋設界樁位置進行重覆觀測後取其平均值。

每日觀測前先建立一新專案，供施測完畢後方便存取及管理。針對可靠界址點以簡易腳架並定心、定平，將衛星資料接收儀、控制器開機，待控制器確實與衛星資料接收儀之藍芽連線之後，並設定容許誤差後即可準備開始施測。VBS-RTK 觀測之現況點坐標成果依據最小二乘配置法 6 參數坐標轉換方式實施坐標轉換，得到現況點經參數轉換後坐標值。

2、光線法測量現況點

現況點因觀測條件不佳之地區，由全測站經緯儀進行觀測，係利用全測站經緯儀內建自動記錄器記錄觀測資料，於內業時經由電腦傳輸方式將觀測資料下載，可節省外業時抄寫觀測手簿時間。

3、展繪現況點

將 VBS-RTK 觀測資料經轉換後之坐標檔 (*.CNT) 及全測站經緯儀光線法觀測資料檔 (*.MAC) 轉入重測系統，於重測系統將各坐標點進行連線作業，連線時將確定之經界或現況點，以不同參考線層與顏色線段予以區別；展繪現況點時並將主控制點、圖根點、高鐵聯絡道路路權樁等坐標檔一併展繪，俾供套圖作業之參考。

(三)、UAV 航攝產製正射影像方法

近年來在科技快速進步的時代中，無人飛行載具 (UAV) 的發展及計算機視覺技術提高下，讓兩個科技結合產製高精度、高解析度、快速製作成已空間地理對位的正射影像圖，改善目前影像圖資更新速度緩慢，無法獲取即時影像之困境。

本計畫無人飛行載具 (UAV) 航攝產製正射影像作業包含前置作業、空標點佈設與測量、航攝作業、影像處理、精度評估、最終產出正射影像圖，作業流程，如圖 8。

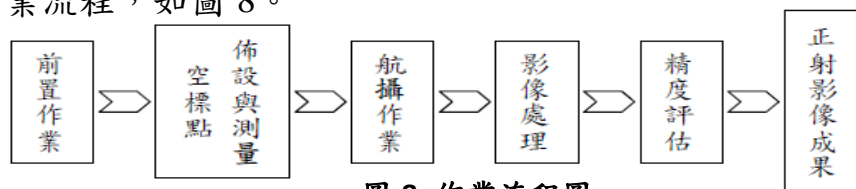


圖 8 作業流程圖

1、前置作業

航拍前置作業項目包含飛航路線規劃、起降場地選擇、天候狀況、載具各項細部接合處檢查、電力系統與相機記憶卡容量是否足夠等，充分準備方能有良好的觀測成果。其中飛航路線規劃，利用 Ground Station 結合 Google Earth 地圖編輯製作 3D 導航點，如圖 9。

規劃飛行航線以及即時的飛行姿態回饋、設定自動起飛與降落免人工手動遙控操作、隨點隨即飛行功能、定點轉彎等參數設定。本次飛行計畫共分成六條航線，預計時間為 2 小時 30 分鐘，航線規劃數據如下。

- 航高 160 公尺
- 航拍前後重疊率 (H) 為：85%；航線間重疊率 (W) 為：70%
- 水平速度 (米/秒)：6 米/秒；直線速度 (米/秒)：2 米/秒



圖 9 飛航路線規劃操作介面

2、空標點佈設與測量

控制點與檢核點（以下合稱空標點）佈設是以地形條件及透空度良好為依據，避免遮蔽物影響拍攝。空標點位置選擇以測區四週道路並聯貫內部道路，主要佈設控制點數量 18 點，檢核點數量 13 點，採用 VBS-RTK 測量方法經坐標轉換後獲取點位坐標值，以作為影像處理之計算使用，如圖 10。



圖 10 空標點分佈圖

3、航攝作業

現行無人飛行載具（UAV）發展進程，以由人工手動操作衍變為全自動化過程，人員於航拍作業中僅需隨時監控飛航數據、每趟飛行後即時檢查載具、相片下載與電力更換等，便可安全完成飛行任務。

本測區拍攝時間為 104 年 09 月 22 日，一共拍攝 127 公頃，共拍攝 1252 張照片，拍攝相片位置，如圖 11。

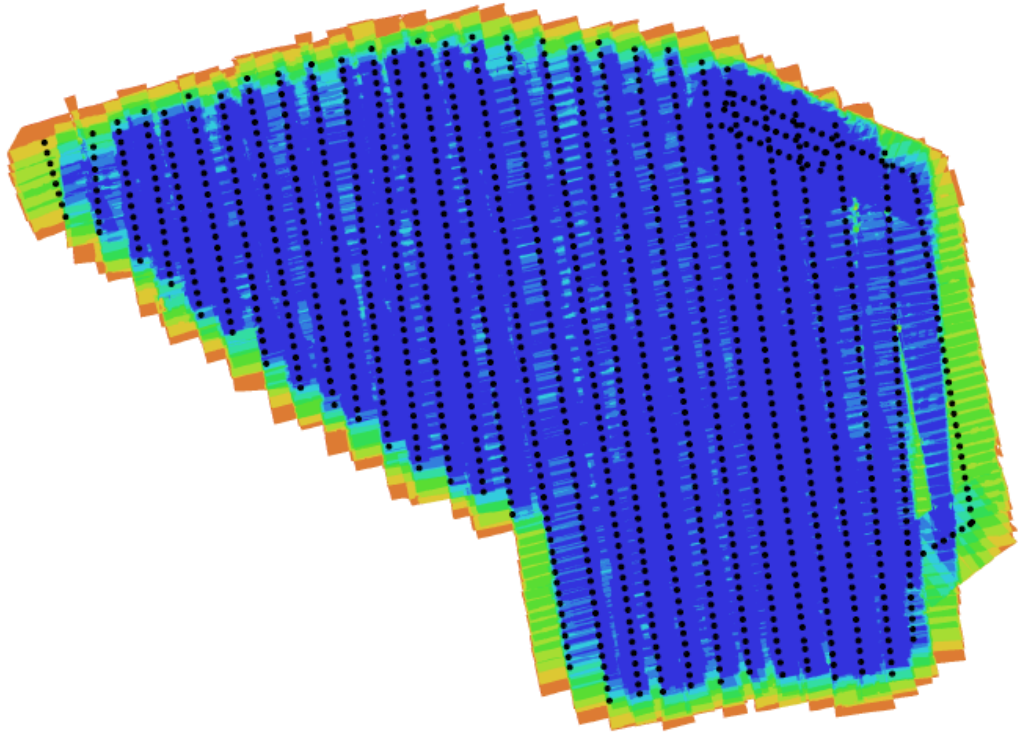


圖 11 相片拍攝位置圖

4、影像處理

Agisoft PhotoScan 是一款基於影像自動生成高質量三維模型的商業軟體，無需相機檢校，根據最新的多視圖三維重建技術，可以對任意照片進行處理；無需控制點，也可以通過給予的控制點生成真實坐標的三維模型。特點為照片的拍攝位置是任意的，無論是航攝相片還是高分辨率數位相機拍攝的影像都可以使用。整個工作流程無論是影像定向還是三維模型重建過程都是完全自動化，可生成高分辨率真實坐標的正射影像及帶有詳細彩色紋理的模型。完全自動化的作業流程，即使是非專業人員也可以在一台電腦上處理成百上千張航空影像，產製專業級別的攝影測量成果，如圖 12。

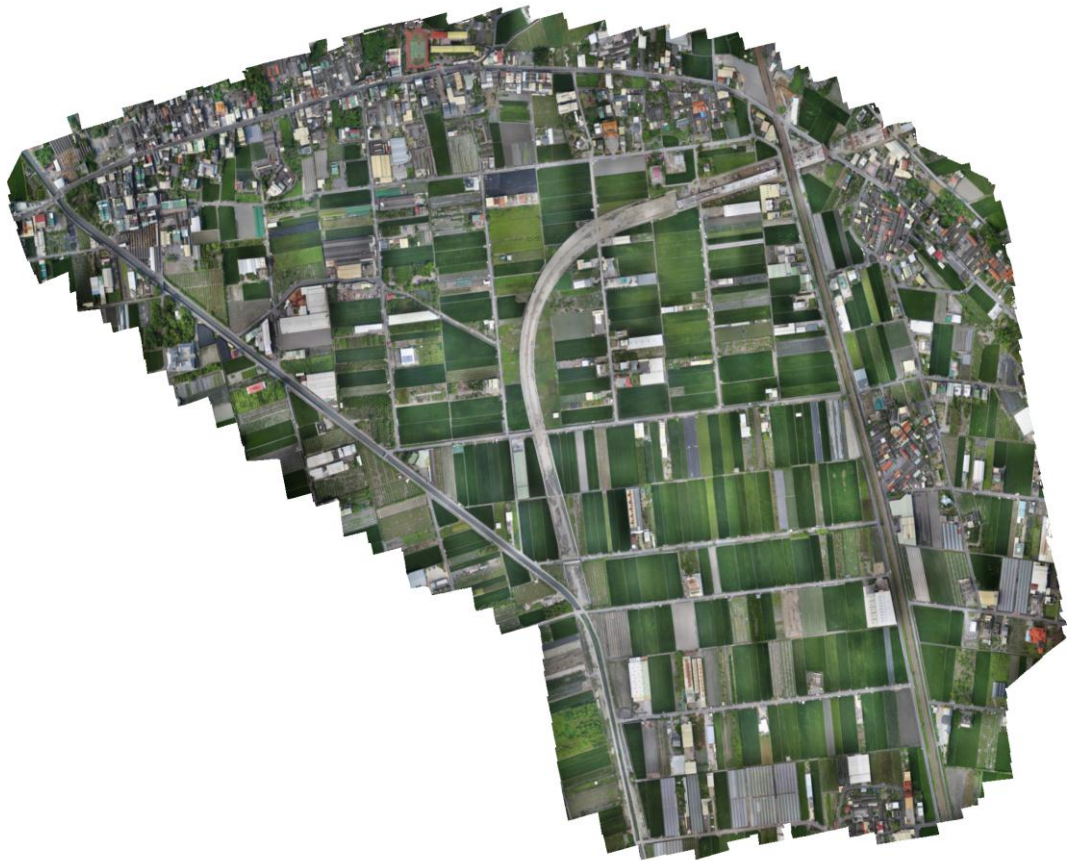


圖 12 正射影像圖

5、精度評估

(1)、影像精度評估

經 Agisoft PhotoScan 對照片進行處理後，地面解析度約 3 cm/pix，具有高精度、高解析度之影像成果，經影像處理後精度分析彙整，如表 2。影像控制點平面精度 1.46 cm，如表 3；檢核點平面精度 3.99 cm，如表 4。

表 2 影像處理精度分析彙整表

項目	VBS-RTK	備註
Camera stations	1252	
Tie-points	1271556	
Projections	3091944	
Ground resolution	0.0305 m/pix	
Flying altitude	160.923 m	
Coverage area	1.9 sq km	sq (平方根)

表 3 控制點精度分析表

Label	XY error(m)	Z error(m)	Error(m)	Projections	Error(pix)
BK878	0.0066482	7.18353e-06	0.0066482	13	0.227
BK886	0.00574804	0.000184785	0.00575101	12	0.231
BK895	0.0164118	0.00070988	0.0164271	17	0.227

BL451	0.0174022	-0.00279418	0.0176251	10	0.227
BU903	0.0259093	0.00162848	0.0259604	12	0.361
BU909	0.0125519	-0.0010536	0.012596	14	0.134
BU912	0.0154031	8.44454e-05	0.0154034	15	0.260
BU926	0.0142638	0.00141145	0.0143335	9	0.276
BU937	0.013554	-0.00139462	0.0136256	14	0.171
CT03	0.0105594	-0.000313535	0.010564	11	0.230
CT04	0.0138711	0.000315333	0.0138747	15	0.193
CT05	0.00788673	-0.000608881	0.0079102	13	0.267
CT06	0.0121217	0.000100732	0.0121221	10	0.234
CT08	0.00435021	0.00381669	0.00578718	4	0.356
CT09	0.0122317	0.00128076	0.0122986	10	0.135
CT11	0.00951423	-0.000262979	0.00951786	9	0.311
CT14	0.0257734	-0.000918043	0.0257897	11	0.150
GP04	0.0131905	0.000827499	0.0132164	16	0.174
Total	0.0143625	0.00138312	0.0144289		0.232

表 4 檢核點精度分析表

Label	XY error(m)	Z error(m)	Error(m)	Projections	Error(pix)
BK881	0.00699953	0.0781792	0.078492	9	0.278
BK890	0.026518	0.0347272	0.0436942	12	0.284
BU902	0.0327632	0.145899	0.149532	12	0.157
BU905	0.0586995	0.0277537	0.0649299	13	0.098
BU906	0.0420525	0.170135	0.175255	8	0.214
BU910	0.0266636	-0.027175	0.0380714	9	0.147
BU916	0.0430185	-0.077518	0.0886545	15	0.139
BU920	0.0114118	0.180387	0.180748	14	0.169
BU921	0.0596077	0.0143306	0.0613062	15	0.115
CT02	0.0121432	-0.0450125	0.0466217	9	0.200
CT12	0.0333367	-0.00415859	0.033595	5	0.176
CT15	0.0202252	-0.13148	0.133026	9	0.228
GP03	0.0627615	0.0740833	0.0970945	11	0.163
Total	0.0381206	0.0971247	0.104338		0.185

(2)、空標點精度評估

控制點經過分析後，共有 2 點距離較差超過 2 厘米限制，總均方根誤差為 1.4 cm，如表 5；檢核點共有 4 點距離較差符合 2 厘米限制，其餘點產生較大差值，總均方根誤差為 3.8 cm。

表 5 控制點精度分析表 (TWD97) 坐標系統

控制點 點號	量測坐標(m)		控制點坐標(m)		坐標值差(m)	
	N 坐標	E 坐標	N 坐標	E 坐標	ΔN	ΔE
BK878	2646136.796	205772.429	2646136.793	205772.435	0.003	-0.006
BK886	2646765.025	205725.087	2646765.028	205725.092	-0.003	-0.005
BK895	2646630.922	206688.398	2646630.907	206688.392	0.015	0.006
BL451	2646687.890	205394.865	2646687.907	205394.859	-0.017	0.006
BU903	2646572.135	205534.099	2646572.110	205534.092	0.025	0.007
BU909	2646393.020	206194.254	2646393.016	206194.242	0.004	0.012
BU912	2646338.547	205487.140	2646338.561	205487.146	-0.014	-0.006
BU926	2646276.835	206810.510	2646276.821	206810.509	0.014	0.001
BU937	2646757.061	206473.560	2646757.074	206473.557	-0.013	0.003
CT03	2645741.368	206785.343	2645741.371	206785.333	-0.003	0.010
CT04	2645702.242	206483.395	2645702.233	206483.384	0.009	0.011
CT05	2645684.329	206252.101	2645684.328	206252.109	0.001	-0.008
CT06	2646798.414	206133.294	2646798.420	206133.305	-0.006	-0.011
CT08	2646571.711	205134.273	2646571.709	205134.277	0.002	-0.004
CT09	2646626.140	205953.650	2646626.130	205953.643	0.010	0.007
CT11	2645864.618	206920.633	2645864.623	206920.641	-0.005	-0.008
CT14	2646420.296	206603.683	2646420.322	206603.685	-0.026	-0.002
GP04	2645979.683	206319.207	2645979.679	206319.220	0.004	-0.013
控制點總均方根誤差(RMSE)					0.012	0.008
總均方根誤差(Total RMSE)					0.014	

表 6 檢核點精度分析表 (TWD97) 坐標系統

檢核點 點號	量測坐標(m)		檢核點坐標(m)		坐標值差(m)	
	N 坐標	E 坐標	N 坐標	E 坐標	ΔN	ΔE
BK881	2645863.502	206157.938	2645863.501	206157.945	0.001	-0.007
BK890	2646673.165	206364.093	2646673.170	206364.067	-0.005	0.026
BU902	2646476.601	205400.099	2646476.634	205400.098	-0.033	0.001
BU905	2646598.794	205750.250	2646598.852	205750.240	-0.058	0.010
BU906	2646644.708	206176.744	2646644.686	206176.708	0.022	0.036

BU910	2646417.907	206401.460	2646417.933	206401.466	-0.026	-0.006
BU916	2646425.255	205769.488	2646425.212	205769.493	0.043	-0.005
BU920	2646198.077	206222.729	2646198.069	206222.737	0.008	-0.008
BU921	2646217.548	206416.920	2646217.596	206416.955	-0.048	-0.035
CT02	2646344.908	206784.206	2646344.901	206784.216	0.007	-0.010
CT12	2645885.680	206785.134	2645885.647	206785.136	0.033	-0.002
CT15	2646192.761	206003.663	2646192.779	206003.671	-0.018	-0.008
GP03	2645945.127	206062.476	2645945.164	206062.527	-0.037	-0.051
檢核點總均方根誤差(RMSE)					0.031	0.022
總均方根誤差(TotalRMSE)					0.038	

(三)、人員配置

本計畫人員配置以 1 組人員（測量員 1 名、測量助理 2 名），所需人力係按資料蒐集與清查、點位佈設、控制測量、圖根測量、戶地測量、地籍圖整理與套合、宗地面積分析等作業情形，所需人力配置如下。

- 資料蒐集與清查：測量員 1 名。
- 點位佈設：測量助理 2 名。
- 控制測量、圖根測量：測量員 1 名與測量助理 2 名。
- 戶地測量：測量員 1 名與測量助理 2 名。
- 地籍圖整理與套合、宗地面積分析：測量員 1 名。

(四)、器材設備

本計畫所需設備由現有儀器設備調配使用，主要項目彙整，如表 6。

1、GPS 衛星接收儀設備

- 使用儀器為 Trimble R6 雙頻 GPS 接收儀及搭配儀器腳架、基座，其作業系統係利用內政部國土測繪中心建置 e-GNSS 系統，Trimble R6 具有定位解算功能模組可即時求解。
- 移動站數據通訊傳輸採用行動電話內建之 GSM/GPRS 無線數據傳輸技術。

2、全測站經緯儀設備

- 使用儀器為 SOKKIA SET350 RX 全測站經緯儀及搭配儀器腳架、鏡稜與簡易三腳架組合。
- 全測站經緯儀經觀測所獲得數據通過 SOKKIA-Decode 轉檔程式

直接轉存成所需要的*.MAC 批次計算格式。

3、UAV 器材設備

- 使用設備包含飛行載具及地面控制系統、攝影模組。
- 影像處理軟體 Agisoft PhotoScan Professional Portable 軟體。

4、其他輔助器材設備

- 全測站經緯儀配合金屬探測器，進行已被掩埋之圖根點位尋找。
- 所需新設控制點、圖根點等，以電動鑽機設備協助理設作業。

表 6 器材設備需求表

項次	項目	數量	備註
1	GPS 衛星接收儀	1 組	含基坐、三腳架
2	全測站經緯儀	1 組	含三腳架、傳輸線
3	棱鏡	1 組	含簡易腳架
4	電動鑽機	1 套	埋設點位設備
5	金屬探測器	1 台	
6	UAV 設備	1 套	產學合作

第五章、成果統計與問題分析及解決方法

一、宗地成果統計

計畫目的為提升圖解法地籍圖之品質，使得現行圖解法地籍圖在不改變宗地原有相對關係之原則下，藉以解決圖幅接合的問題達成整合成果，蛻變為一具有數值特性之整合圖解法地籍圖。

農地重劃區內每宗土地之寬度與深度皆有其規劃尺寸，本所圖籍保存尚完善，在圖解數化管理方面是以分幅為管理單位，在本次成果整合分析上，是以整段為探討對象。

本測區依土地使用類別與地形條件分為 3 個區域，主要區分一為農牧用地使用之地類別，其宗地形狀具有規則性（如南北、東西走向）；再者區分為建築用地使用之地類別，除經規劃整體建築使用之宗地外，其餘宗地形狀一般無規則性可言，亦為早期所謂農地重劃村莊保留區；三是經台灣鐵路南北貫穿後之右側地區，為兩種使用地類別混合使用區域。

本所案前針對農地重劃區內之村莊保留地擬需辦理地籍圖重測進行統計，規劃辦理地籍圖重測解決地籍破損嚴重之情形，如表 7。

表 7 農地重劃區內之村莊保留地擬需辦理地籍圖重測統計表

地段	筆數	面積（公頃）	都市計畫	地籍圖	圖簿面積
			內/外	破損情形	不符比例（%）
永興段	540	24.48	外	嚴重/中等	27.7
東寧段	301	13.99	外	嚴重/中等	41.5
浮圳段	394	18.23	外	嚴重/中等	20.8
港新段	537	32.6	外	嚴重/中等	29.9
永豐段	305	20.58	外	嚴重/中等	13.9
永福段	1080	37.17	內/外	嚴重/中等	25.4

因此，本計畫排除台灣鐵路南北貫穿後之右側地區及村莊保留區域，主要以農牧用地使用之地類別（所謂之分配區）進行地籍圖重整與討論，其統計與分析項目如下所述。

1、宗地性質分類

永興段宗地總數為 1230 筆，重整後成果宗地筆數為 610 筆，其完成度為 50%；本段宗地總面積約 126 公頃，重整後成果宗地總面積約 93 公頃，其完成度約為 73%。本次成果宗地筆數為 610 筆，包含經高速鐵路彰化站區聯外道路逕為分割後之宗地數量，以宗地性質而言概分為三類，如表 8。

表 8 宗地性質分類

項目	逕為分割前（筆）	逕為分割後（筆）
農牧用地	368	368
高鐵道路用地	49	114
農路、水路	81	128
合計	498	610

2、宗地面積公差之容許範圍

本計畫區宗地面積公差計算公式，係依地籍測量實施規則第 243 條規定。分割土地面積之計算，依下列規定辦理：一宗土地分割為數宗土地，該分割後數宗土地面積之總和，須與原土地面積相符。如有差數，經將圖紙伸縮成數除去後，其增減在下列公式計算值以下者（公式如下： $1/600$ 及 $1/1,000$ 比例尺地籍圖： $(0.10+0.04(4\sqrt{F}))\sqrt{F}$ ），應按各地號土地面積比例配賦；在下列公式計算值以上者，應就原測量及計算

作必要之檢核，經檢核無誤後依地籍測量實施規則第 232 條規定辦理。

未經地籍圖重整前之農牧用地（耕地）宗地數量為 417 筆（包含農牧用地、高鐵道路用地），現經圖解數化地籍圖經套合現況界址確定後之宗地套圖成果，經由上述宗地面積公差計算後，統計重整前、後之差異，並加以分類（重整前面積為數化面積；重整後面積為計算面積），如表 9。

由表可得知宗地面積介於法定公差內宗數減少 17 筆，而於法定公差外以上宗數有增加 17 筆，經重整後之面積公差筆數有往上提昇（法定公差外為重整後計算面積與登記面積之差值大於面積公差值；法定公差內為重整後計算面積與登記面積之差值介於正、負公差之間者）。

表 9 面積公差類型

公差範圍	重整前（筆）	重整後（筆）
法定公差外	127	144
法定公差內	290	273
合計	417	417

3、面積較差級距

宗地面積經原面積與重整後面積計算其較差值（原面積為登記面積），再由各宗地面積較差資料，給予正負面積較差之差值級距，如表 10。由表可得知宗地面積於正較差者比較重整前宗數增加 27 筆，宗地面積於負較差者相對宗數減少 38 筆。整體而言，宗地於負較差情況有顯著改善。

表 10 面積較差級距

面積較差 (m ²)	重整前（筆）	重整後（筆）	面積較差	重整前（筆）	重整後（筆）
0~30	214	220	-0~-30	154	122
30~50	21	25	-30~-50	15	9
50~100	11	20	-50~-100	2	10
100 以上	0	8	-100 以下	0	3
小計	246	273	小計	171	144

4、面積公差倍數

前述宗地之面積公差與面積較差之計算加以處理後，可進一步取得面積較差所產生的面積公差倍數，由此分析面積差異甚大之宗地，如表 11。由表數據可瞭解宗地面積倍數介於 0 至 3 倍較無甚大之變化量；但於 0 至 -3 宗地面積倍較差量有顯著下降 39 筆。

表 11 公差倍數級距

倍數 (倍)	重整前 (筆)	重整後 (筆)	倍數 (倍)	重整前 (筆)	重整後 (筆)
0~1	161	169	0~-1	128	102
1~3	70	75	-1~-3	38	29
3~5	8	15	-3~-5	4	6
5 以上	7	15	-5 以下	1	6
小計	246	274	小計	171	143

二、問題分析

面積差異原因分析，經統計彙整資料顯示，計有 21 筆宗地套圖後面積較差與公差倍數差異甚大，其中 4 筆宗地面積減少；17 筆宗地面積增加。又可分類為介於 3 倍公差以下者 8 筆宗地；於 3 倍公差以上者 13 筆宗地。產生面積差異甚大原因，多數為實測現況尺寸與原地籍圖標註尺寸不符，其中主要為使用現況多為固定物居多，如表 12。

表 12 面積差異原因分析

項次	地號	分析結果	面積較差 (m ²)	公差倍數
1	239	水泥地基向西側偏移 4 公尺	276.26	12.54
2	240-1	-	-204.50	12.05
3	258	實測尺寸 大於 標註尺寸	42.35	2.18
4	259	實測尺寸 大於 標註尺寸	-33.89	1.38
5	263	-	98.69	8.21
6	264	北側經界線向南偏移 1 公尺	-92.86	5.77
7	504	實測尺寸 大於 標註尺寸	40.85	2.74
8	602	實測尺寸 等於 標註尺寸	83.74	19.21
9	603	實測尺寸 等於 標註尺寸	48.79	1.86
10	611	實測尺寸 大於 標註尺寸	33.61	2.49
11	611-1	實測尺寸 小於 標註尺寸	18.24	3.88
12	615	實測尺寸 大於 標註尺寸	52.73	4.47
13	666	實測尺寸 小於 標註尺寸	-51.72	3.08
14	667	實測尺寸 大於 標註尺寸	53.63	3.32
15	697	實測尺寸 大於 標註尺寸	26.58	1.56
16	698	實測尺寸 大於 標註尺寸	46.33	2.71
17	734	實測尺寸 大於 標註尺寸	52.92	3.99
18	769	實測尺寸 大於 標註尺寸	75.69	2.77

19	775	實測尺寸 大於 標註尺寸	135.34	7.35
20	802	實測尺寸 等於 標註尺寸	87.53	7.84
21	803	實測尺寸 大於 標註尺寸	65.64	4.25

三、解決方式

依據本計畫執行流程，於地籍圖套合與宗地面積分析實施階段，為釐正農地重劃地區圖籍疑異，而成立套圖小組。主要因部分地區圖籍誤繆或現況與地籍資料差距過大，需召開套圖小組會議探討分析其成因並研擬妥適處理方案，以作為確立界址之依據。並針對疑義個案，提出說明圖籍相關問題，再由套圖小組逐案討論，透由小組成員集思廣益、旁徵博引，讓每個案件皆能獲得妥適結論。方能接續辦理相關宗地面積更正、數值化成果修檔作業、並訂正有關圖籍、差額地價找補等行政作業。辦理宗地面積更正之程序應符合下列相關規定。

1、地籍測量實施規則

第二百三十二條 複丈發現錯誤者，除有下列情形之一，得由登記機關逕行辦理更正者外，應報經直轄市或縣（市）主管機關核准後始得辦理：

- 一、原測量錯誤純係技術引起者。
- 二、抄錄錯誤者。

前項所稱原測量錯誤純係技術引起者，指原測量錯誤純係觀測、量距、整理原圖、訂正地籍圖或計算面積等錯誤所致，並有原始資料可稽；所稱抄錄錯誤指錯誤因複丈人員記載之疏忽所引起，並有資料可資核對。

2、辦理土地複丈與建物測量補充規定

十一、有左列測量錯誤情形之一者，地政事務所得依照土地法第六十九條規定辦理更正登記，並通知土地所有權人：

- (一)、土地面積係日據時期計算錯誤者。
- (二)、因都市計畫樁位測定錯誤致地籍分割測量錯誤，經工務機關依法完成樁位更正者。
- (三)、都市計畫樁位測定並無錯誤，因地籍逕為分割測量錯誤者。

第陸章、研究效益

農地重劃區因地籍圖精度不佳，所衍生圖簿不符問題，導致界址爭議，經戶地測量與面積分析之成果建立完整圖籍資料，有助健全地籍管理，保障所有權人權益，避免圖、簿、地不符滋生爭訟。

成果數據分析顯示，有效重整宗地筆數為 610 筆，其宗地面積約 93 公頃。宗地面積介於法定公差內宗數減少 17 筆，經重整後之面積公差有往上提昇。於宗地面積公差倍數介於 0 至-3 之宗地數量有顯著下降 39 筆。套圖邊長短少段數約 65 筆，佔有效標註總數量約 16%。換言之，符合邊長尺寸者高達約 84%，修正後邊長尺寸與現況套圖均符合。

現行影像圖資有內政部國土測繪中心提供測繪圖資網路地圖服務系統、地籍圖資網路便民服務系統、多目標數值圖庫應用系統等查詢系統皆可獲取不同精度的影像圖資，其缺點是維護系統單位對影像圖資更新速度緩慢，無法獲取即時影像。為改善目前困境，本計畫利用無人飛行載具（UAV）拍攝後製而成正射影像圖資，僅需一星期時間完成，即可獲得永興段約 127 公頃土地之影像圖資，輔助地籍圖籍整合之使用，突破空間、時間和人力限制，其成果更可為後續加值再利用。

以 VBS-RTK 方式觀測點位共計 77 點，每測設一次約需 10 分鐘，總計圖根點觀測次數共 226 次，平均每一點位重複觀測約 2.9 次，約使用 12 工作天。經地測邊長之檢查水平距離數量計有 67 段，其水平距較差均小於 2 厘米限制。採用虛擬基準站即時動態定位技術，並以 6 參數平面坐標套合轉換及最小二乘配置坐標套合方法，確實能獲取可靠高精度成果，減少測量外業時間，提高佈建圖根點之效率。

傳統戶地測量方法多採用全測站經緯儀進行施測，然外業測點眾多時、測量時程攏長，期間常有天氣酷熱難耐、且人力配置有限。本計畫以 VBS-RTK 測量方法作業，測量時間使用約 18 工作天，共測量現況 1263 點，每日觀測時間約 3.5 小時，平均每日約觀測 70 點次（每點位所需約 3 分鐘觀測時間），觀測面積約 100 公頃，可有效節省時間和人力成本。

第七章、結論與建議

結論

採用虛擬基準站即時動態定位技術 (VBS-RTK)，並以 6 參數平面坐標套合轉換及最小二乘配置坐標套合方法，可讓使用者獲得法定坐標系統成果。經研究數據顯示，於 1997 臺灣大地基準系統 (TWD97) 下經最小二乘配置法 6 參數轉換後，每個轉換共同點在 N、E 方向之改正數、標準誤差可達到 1 厘米精度成果，符合檢測作業規範。

最小二乘配置法 6 參數轉換後之成果輸出檔，其中包含每個轉換共同點在 N、E 方向之改正數、改正平方和、自由度、標準誤差、坐標轉換參數、轉換參數精度等各項參數資料，全測區已建構為統一轉換參數之成果。

以 VBS-RTK 方式進行圖根點補建、現況測量等作業，後續僅需將 VBS-RTK 開機且參數限值設定完成，所觀測之成果透過全測區已建構為統一轉換參數進行運算即可獲得坐標成果，無需於現場設定校正至控制點後再進行圖根點或現況點測量，有效節省外業測量時間。

正射影像圖之控制點數量 18 點，檢核點數量 13 點，檢核點平面誤差 3.8 cm，能滿足農地重劃區之測量精度要求。

將原地籍坐標系統轉換為 TWD97 坐標系統，解決圖籍無法整合運用分析之問題，亦能提早發現圖籍不符情形，於土地複丈時減少測量人員外業時間。

建議

採用虛擬基準站即時動態定位技術 (VBS-RTK)，可得高精度定位結果，並以 6 參數平面坐標套合轉換及最小二乘配置坐標套合方法，辦理圖根測量作業，實能獲取可靠高精度成果，並減少測量人員佈設、測量外業時間，提高補建圖根點之效率。

宗地面積分析經統計數據顯示，將面積較差、公差倍數、實測邊長等面積誤差範圍在統計量上未符合常態分佈特性的宗地，從中發掘圖、簿、地不符合原因，藉由套圖小組會議探討分析其成因並研擬妥適處理方案，以作為確立界址之依據，讓每個案件皆能獲得妥適結論，進而辦理相關宗地面積更正、數值化成果修檔作業、並訂正有關圖籍、差額地價找補等行政作業。

經由無人飛行載具 (UAV) 拍攝得實驗區影像後，產製成其高精度對位影像成果，有助於整體地籍圖套合作業。後續亦可將該區域農牧用地使用情形透過建物所有權之資料分析比對後，找出違反土地使用管制之土地，提供管制機關進行查核與控管。