

臺灣地區三角點成果展示與加值應用

Demonstrations and Applications of the Triangulation Points in the Taiwan Area

邱元宏^{1*} 林士哲²

Yuan-Hung Chiu, Shih-Che Lin

摘 要

臺灣地區的控制測量工作始於民國 3 年，以三角測量方式進行，至民國 10 年已具規模。嗣後數十年間因受頻仍天災與人為開發等因素影響，使得三角點損壞及位移情形嚴重，政府遂規劃辦理臺灣地區基本控制點檢測並於 69 年完成，將歷年三角點成果統一成一個坐標系統，即為 TWD67 坐標系統。隨著科技的進步，現今控制測量工作已由衛星定位測量與 GPS 連續站的作業方式所取代。惟目前使用的 TWD97 坐標系統成果仍有多數控制點係直接引用既有三角點施測；此外，由於國人從事休閒活動的興盛，三角點亦成為山岳界人士與一般登山者從事登山活動時，用以判別是否登頂之重要參考依據。因此，三角點之重要性仍不言可喻。本研究將以往以紙本方式保存的三角點成果成果建檔，配合 Google Earth 平台提供的衛星影像與地形，進行轉檔與成果展示，達成資料永久保存、查閱快速、操作簡易等目的。並藉由三角點成果展示推廣，期能達到宣導與落實保存永久測量標之觀念。

關鍵詞：三角測量、三角點、永久測量標

1 臺中市政府地政局 股長。

2 臺中市中興地政事務所 管理師。

*通訊作者，TEL：(04)22218558 #63523，E-Mail: h6124@taichung.gov.tw。

一、前言

臺灣地區的控制測量工作始於民國 3 年，以三角測量方式進行，至民國 10 年已具規模。隨著科技的進步，控制測量的作業方式由日據時期與民國六十年代 TWD67 坐標系統採用的三角測量，演進至 TWD97 坐標系統採用的衛星定位測量，目前並已建置連續接收衛星訊號型態之固定測站，提供連續觀測、解算、即時定位網服務與時變分析使用，總計 TWD97[2010]坐標系統已納入衛星追蹤站及一等衛星控制點(GPS 連續站) 計 237 站。

由於控制測量方式的進步，衛星定位測量與傳統三角測量的控制點選點方式與考量條件並不相同：三角測量需考慮點位之間的通視，於地形起伏較大之丘陵地與山區，常需選擇區域性的至高點，一般以山頂為最佳的地點；衛星定位測量則重視良好的透空度、點位後續施測與維護的便利性，因此無需再選擇山頂，而以空曠地或建物樓頂為較理想之選擇。

儘管衛星定位測量的選點方式與傳統三角測量不同，為將新坐標系統與舊坐標系統有效連結，新坐標系統中仍有相當比重的點位沿用早期埋設之三角點。此外，由於國人從事休閒活動的興盛，三角點亦成為山岳界人士與一般登山者從事登山活動時，用以判別是否登頂之重要參考依據，因此，三角點之重要性仍不言可喻。

二、臺灣地區三角點成果簡介

臺灣地區三角測量於民國初年辦理，歷年來測設之各等級三角點總數將近八千點，惟澎湖與臺灣本島之三角點未曾加以聯測(內政部，1980)。當時三角點成果計算分為兩個系統，一係陸地(軍方)測量系統，以南投埔里虎子山一等天文點為原點，按大地測量方法分一、二、三、四等施測，併計算點位大地位置；另一為地籍、水利及農林等機構測量成果，以臺中市中山公園內 89 號主三角點起算，用平面直角坐標方法推展，分為主、次、圖、補四級，其中主、次二級相當於陸地測量系統之三等精度，圖、補二級相當於四等精度。

由於臺灣地區地震、颱風、濠雨頻繁，加以經濟、建設起飛，天災與人為因素使得三角點損壞及位移情形嚴重，據統計於 TWD67 坐標系統測設前，損壞率已高達 30%，對成果使用與測量作業造成不便與影響。政府為了加速經濟建設、開發土地資源、增進土地利用、重新整理地籍、實施土地政策等，決定先儘速完成臺灣地區基本圖測製與地籍圖重測，而此二項工作均需有完備精確之控制點作為基準。內政部遂規劃辦理基本控制點檢測，並將三角點成果統一成一個坐標系統。

本計畫係由內政部地政司主管，並由聯勤總部測量署主辦。外業工作於民國 65 年 7 月展開，至 68 年 7 月結束，平差計算工作則於同年 12 月底完成，成果表於 69 年 2 月編製完成。測量採用基準如下：參考橢圓體採 1967 年國際地球原子；大地基準點以南投埔里虎子山大地經緯度、採對頭拒山之方位角起算；高程基準面在臺灣本島以基隆平均海水面、澎湖以馬公平平均海水面為基準；地圖投影採二度分帶橫麥卡托

投影 (2-TM)。三角網平差採用間接觀測之經緯度坐標平差法，精密導線平差採經緯度及方位角條件方程式進行。總計檢測完成之點位種類與數量如表 1。成果表內包含點位之地形圖圖名、圖號、點名、測設等級、標石號碼、標石種類、經度、緯度、高程、二度分帶橫坐標、縱坐標、所在地縣市、鄉鎮、測站位置略圖、測站詳情等點之紀錄。成果圖冊合計 2,673 頁，分為上、下兩冊。

表 1 全臺三角點檢測完成項目及數量

類別	點位種類	數量
1	一等天文方位角	8 點
2	一等基線	8 條
3	一等三角點	93 點
4	二等三角點	337 點
5	三等三角點	1687 點
6	三等精密導線點	545 點

臺灣地區三角點成果於民國 69 年公布時，列為機密文件，隨著 TWD97 坐標系統的公告使用，內政部業於 94 年 9 月 16 日以台內地字第 0940066232 號函將該等三角點成果解除機密，在資料的保存與流通使用上不再受到限制。

三、三角點成果展示與加值應用

隨著衛星定位測量的進步與 TWD97 坐標系統的測設採用，加以三角點、精密導線點的毀損與移失，雖存在點位經聯測後仍納入 TWD97 坐標系統成果，仍因現今衛星連續站的使用與廣設，使該等三角點的重要性逐漸下降。惟因多數三角點均埋設於山頂，在國人重視休閒活動、推廣登山運動的時空背景下，反而成為從事登山活動時，是否達成登頂的指標。

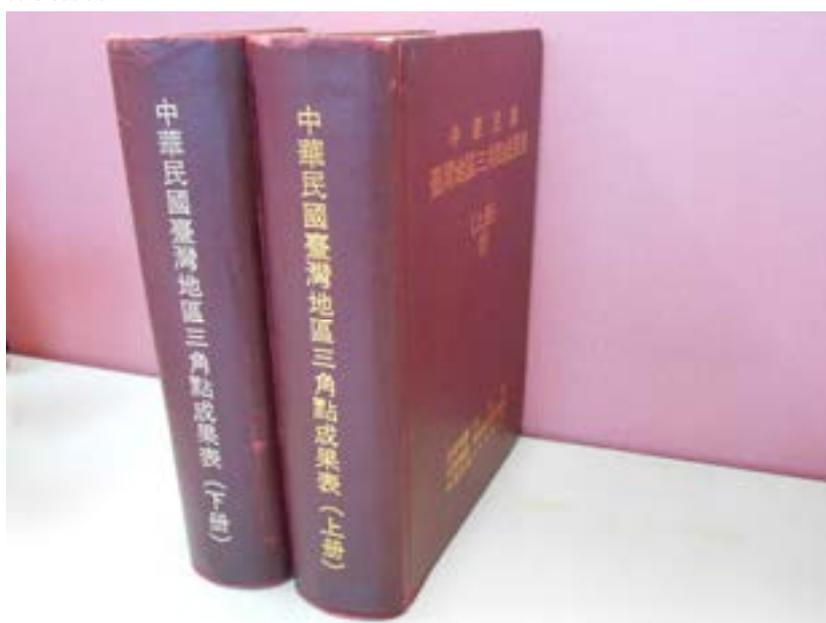


圖 1 臺灣地區三角點成果圖冊

本局為辦理本市加密控制測量，需建立完整的控制測量成果資料庫。為便於歷年測設成果與所採坐標系統間的有效聯繫，常需查閱 TWD67 三角點成果，惟該成果係以紙本方式儲存（如圖 1）。由於資料量龐大且無電子檔案，在資料保存、查閱與使用上頗為不便（如圖 2）。本局遂規劃將其成果辦理建檔，以便保存與查閱使用。為使成果發揮最大效益，本局並將臺灣地區所有三角點成果一併建檔。

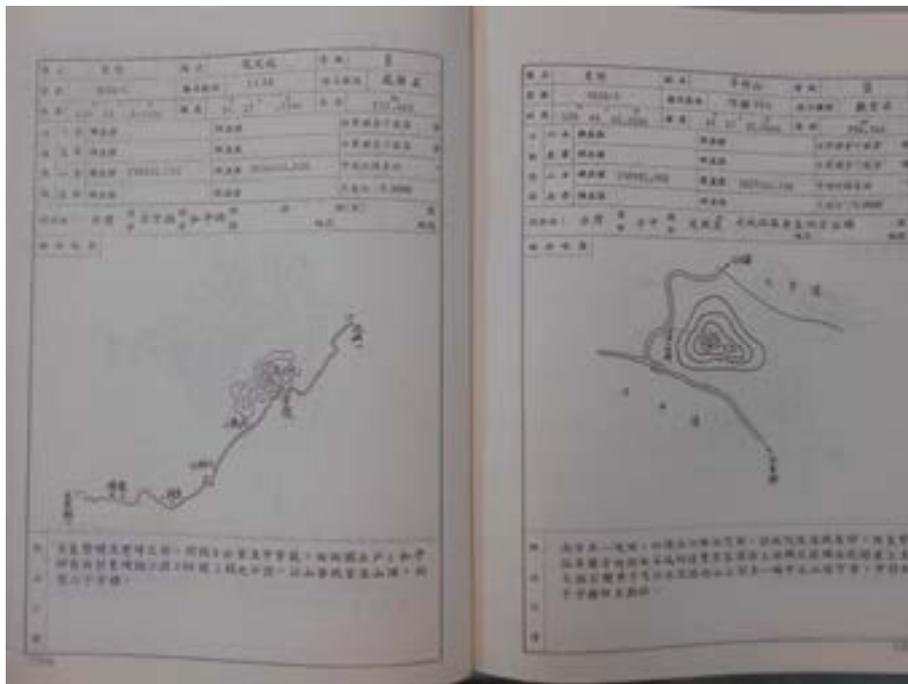


圖 2 三角點成果圖冊內頁

本計畫各作業流程與資料處理經過如下：

- 1.建檔：將三角點所在圖名、點名、等級、標石號碼、標石種類、經度、緯度、高程、二度分帶橫坐標、縱坐標、所在縣/市、區/鄉/鎮等資料建檔，建檔完成點數合計 2,662 點。
- 2.資料檢核：因資料量龐大，建檔資料正確性需進行檢核。另因三角點成果係民國 69 年以書面方式印製，內容資料或有缺漏、或有印刷不清無法辨識等，需要進一步查對其他可靠資料以釐正之。依據檢核結果發現，建檔錯誤原因有二：其一為純係建檔輸入錯誤，另一原因為紙本資料印刷不清導致判斷困難。資料檢核作業亦以兩種方式進行：除了由檢核組人員進行建檔資料核對之外，並於資料轉檔至 Google Earth 展示之後，藉由展點位置，可研判以下錯誤樣態：印刷不清致判斷困難、原始書面資料即存在之錯誤、本次建檔過程中漏未發現之建檔錯誤等。例如本市和平區三等三角點唐呂山，其二度分帶橫坐標為 261043.388，建檔時誤植為 260143.388，由於資料量大且該錯誤不甚明顯致未發現，惟於展點後發現其位置並非位於影像地形上之區域至高點，經再次核對原始資料後，更正至正確位置（圖 3）。此外，和平區三等三角點「志佳陽山」，其原始書面成果誤植為「志桂陽山」，經展點後依其位置確認為原始文字登打錯誤，本次建檔即依實際情形進行釐正。



圖 3 三角點建檔成果檢核與錯誤更正

- 3.資料轉檔與展示：完成資料建檔與檢核後，需以自行開發之程式進行坐標轉換，將坐標轉換至 Google Earth 採用之 WGS84 坐標系統，並將點位資料轉檔為 Google Earth 可讀入之 KML 展點檔，以進行成果展示。
- 4.外業查對與攝影：為增加資料內容豐富性，本計畫並將查對位於本市轄區內尚存在、前往路徑不具危險性之三角點進行攝影，納入展示介面之屬性資料。

3.1 成果展示

建檔並轉檔完成後，為使成果展示達到最佳效果，先至地理資訊圖資雲服務平台 (TGOS) (內政部，2014) - 開放空間地理資料，下載臺灣行政區界圖，包含縣市界圖與鄉鎮市區界圖，經轉檔後以 KML 檔展繪於 Google Earth 上，並可點選查詢，如圖 4、圖 5 所示。



圖 4 臺灣行政區界圖



圖 5 縣市界屬性查詢介面

由於全臺三角點與精密導線點數量達二千六百餘點，為便於展示與查詢，分別將三角點依等級展繪為不同顏色與圖層，以利區別，如圖 6 至圖 8 所示。

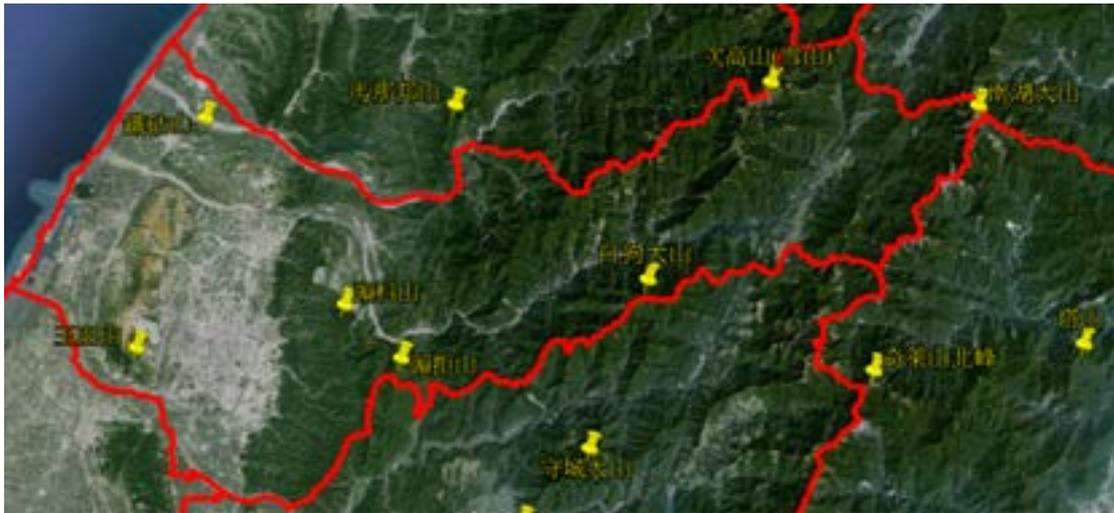


圖 6 展點圖一（僅展繪一等三角點）

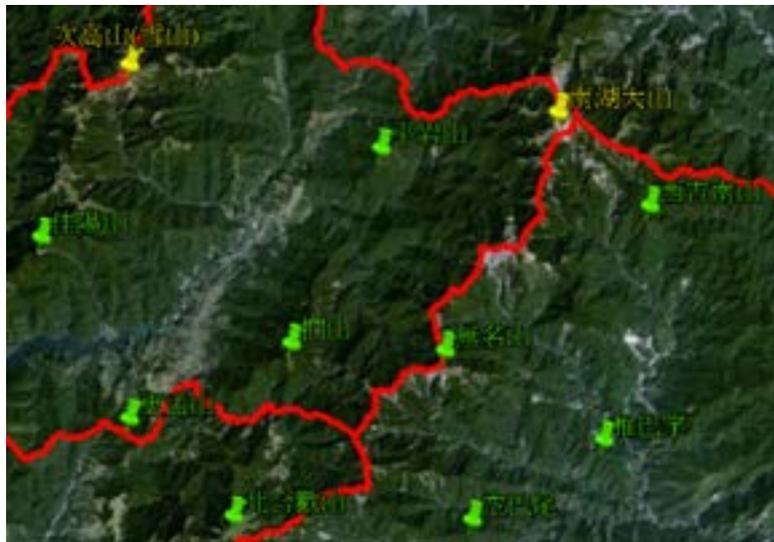


圖 7 展點圖二（展繪一等、二等三角點）

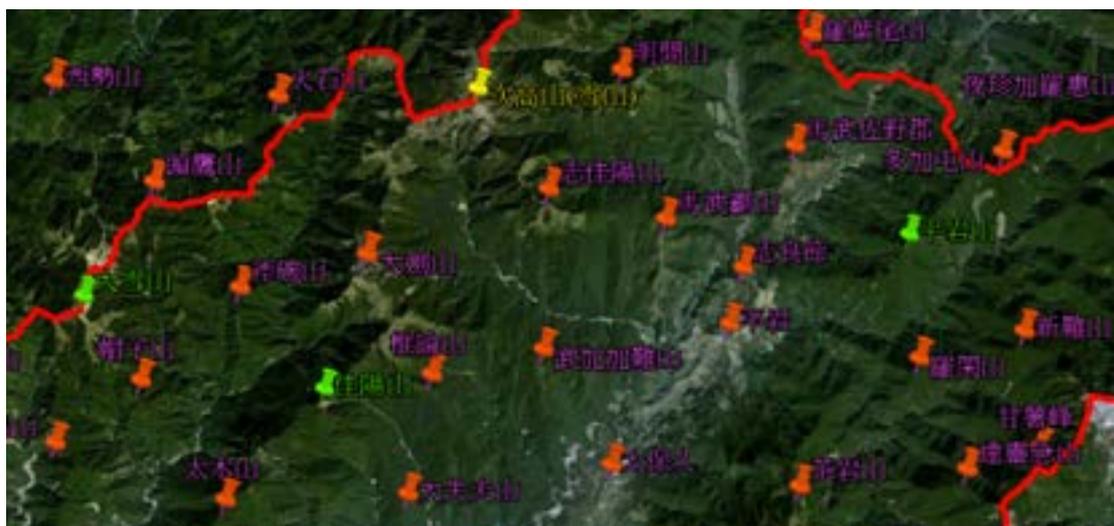


圖 8 展點圖三（展繪一等、二等、三等三角點）

為能提供較為充足資訊予使用者，點選三角點查詢時，包含的點位基本資料計有點名、等級、標石號碼、標石種類、概略橫坐標、概略縱坐標、概略高程、縣市別、鄉鎮區別、備註等文字欄位與現場照片，查詢介面如圖 9 所示。



圖 9 三角點屬性查詢介面

3.2 加值應用

臺灣地區三角點成果因係民國 65 年至 69 年間測設，成果係以紙本方式保存，使用上有其不便與限制。以點之紀錄為例，如圖 10 所示，略圖（包含交通路線、現場地物、地形等高線）係以人工方式繪製，有下列 6 項不便之處，造成人員尋找點位不易之困擾：

- (1)圖資精度與辨識度不足；
- (2)不同點位由不同人員繪製，對交通路線的敘述詳盡度並不一致；
- (3)繪製至今經過三十餘年，現場地形地物已有相當變化；
- (4)未顯示比例尺，且無法進行地圖比例尺縮放；
- (5)以小比例尺繪製時，點位附近地形地物資訊不夠詳盡；
- (6)非專業人士對等高線地形圖判讀困難。

本計畫至實地查對點位時，配合以手持式 GPS 進行航跡記錄，並將路徑檔下載，展繪於 Google Earth 上（圖 11），依人員所在位置與需求進行顯圖縮放，搭配系統提供之道路圖層，必要時並可配合街景圖，得到完整的交通資訊，與通車終點之後的步行航跡圖（圖 12），做成點之紀錄，提供使用者詳細的前往路徑。

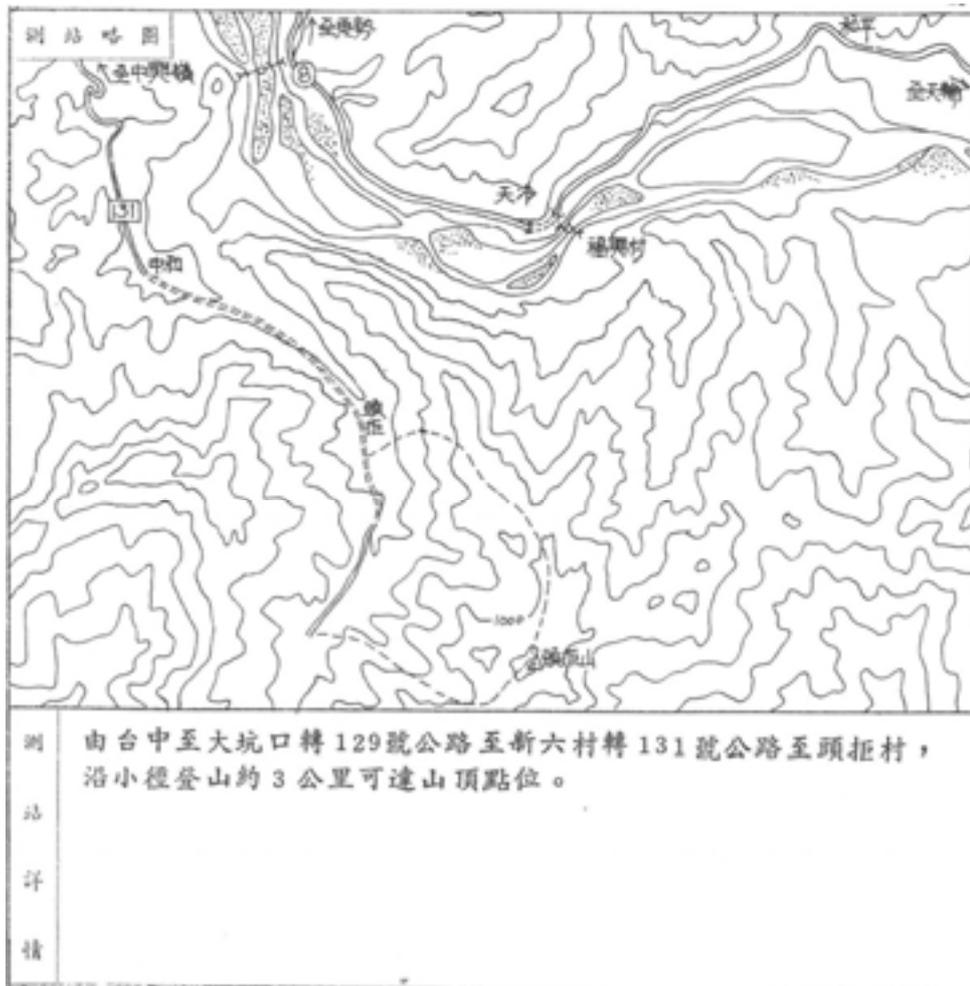


圖 10 人工繪製點之紀錄（頭拒山）

地政機關或應用測量主管機關亦可將其測設保存之控制點或圖根點等，以相同方式辦理轉檔、資料與航跡展示等功能，可望於測量外業時，大幅縮短點位尋找時間。尤其近年來因測量人力流失嚴重，人員更動頻繁，新進人員對點位不熟悉，經常遭遇測量效率不彰的問題。透過本展示功能的加值應用，可將該衝擊有效降低。

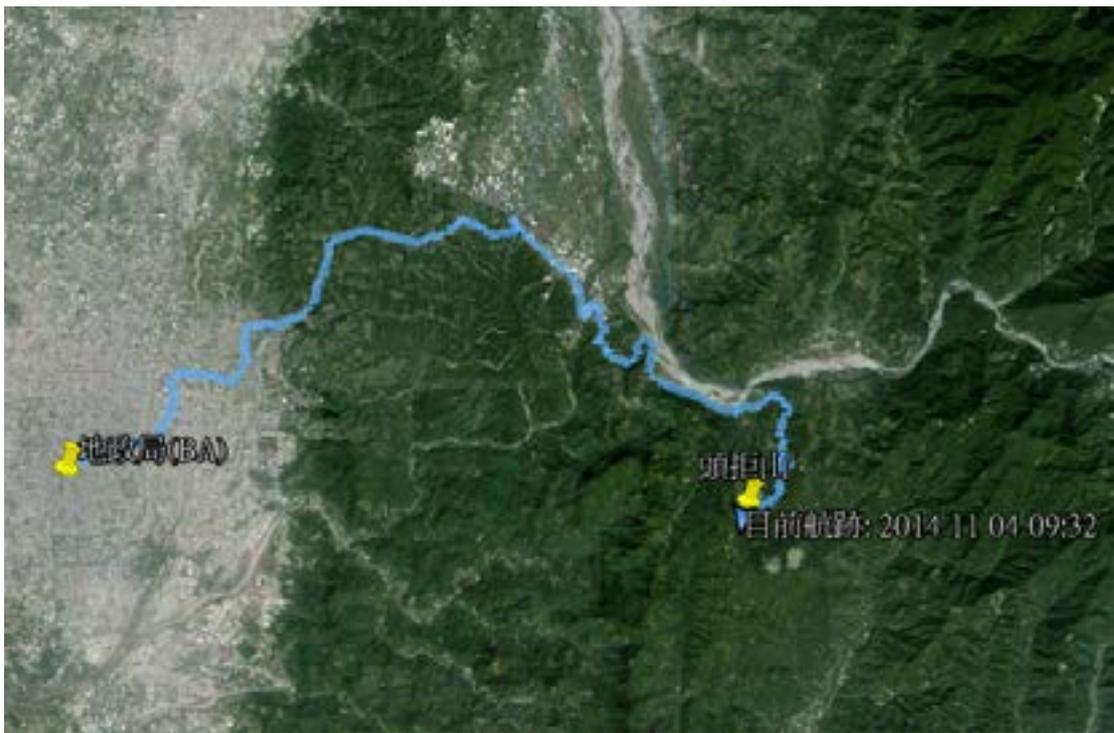


圖 11 交通路線航跡圖 (頭拒山)



圖 12 步行航跡圖 (頭拒山)

除了以航跡圖做為輔助點之紀錄以外，利用 Google Earth 可以不同方位角、俯視角進行檢視之功能，配合三角點展點，可選定地點、景點，模擬進行山岳導覽，如圖 13、圖 14 所示。



圖 13 觀景導覽解說牌

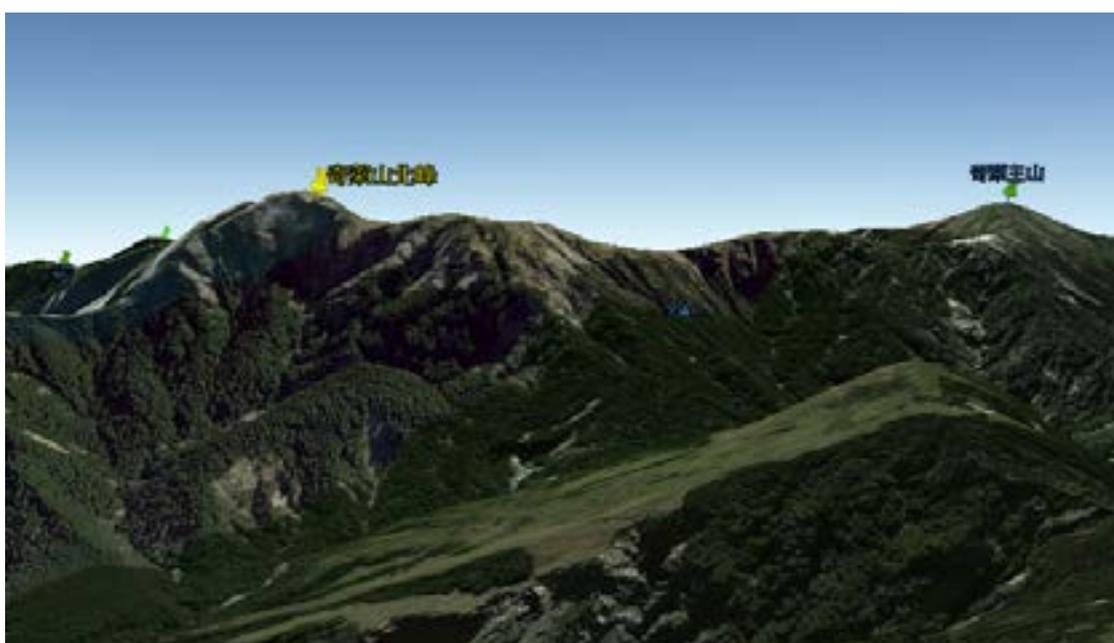


圖 14 模擬山岳導覽查詢應用

3.3 效益分析

本計畫進行三角點建檔，並於 Google Earth 平台上展示三角點位置、屬性資料與前往路徑檔，計畫完成後可達效益如下：

- 1.資料查閱效率提升：三角點成果原以紙本保存，資料需以人工查閱之，平均查閱 1 點需時 5 分鐘，計畫完成後以電腦查閱，並可依點位等級分別設定圖層開啟、關閉功能，過濾龐大資料量，平均查閱時間縮短為 0.5 分鐘，效率提高 10 倍。
- 2.點位查對效率提升：因地貌、地形地物改變，造成原以人工描繪點之紀錄參考性低，實地查對點位耗時。因各點交通狀況不同，無法以單一標準估算計畫效益，故以頭拒山、聚興山為例，並扣除行車路段花費時間，計畫執行完成前查對時間分別為 24 小時 (3 個工作天)、8 小時 (1 個工作天)，執行完成後輔以航跡檔前往查對時間縮短為 15 分鐘、20 分鐘，效率提高平均達 60 倍。

本計畫完成後，除帶來以上效益之外，對於一般登山人士或山岳界專業人士亦可提供參考與行程規劃使用。

四、結語

控制測量因衛星定位測量技術之廣泛採用與連續觀測站之設置運作，使得傳統三角點實用性大幅降低，惟為有效連結歷年大地基準與控制測量成果，加上山岳界的需求，三角點的保存、查對維護仍相當重要。本計畫將三角點的紙本成果建檔，並以 Google Earth 展示，達到資料永久保存、查閱快速、操作簡易等目的。並藉由三角點成果展示推廣，期能達到宣導與落實保存永久測量標之觀念。

五、後記

近二十年來，以傳統三角測量方式進行的控制測量工作已由衛星測量所取代，筆者無緣躬逢其盛。惟在測量前輩帶領下，對登山活動與尋找三角點產生濃厚興趣，並有幸翻閱中華民國臺灣地區三角點成果表一書，對許多耳熟能詳之點位心生嚮往，惟因山區與偏遠點位點之紀錄於當年時空背景下，無法詳實記載說明；加以今日 Google Earth 軟體發展成熟，已成為大眾化工具，筆者遂與同仁規劃執行本專案，期能使測量與登山同好更便於閱覽臺灣群山與三角點。

誌 謝

本專案執行過程承蒙臺中市政府地政局同仁協助進行資料建檔、檢核、展示需求與外業查對；臺中市中興地政事務所同仁協助參與展示介面之研討、轉檔程式之撰寫等；使三角點成果得以透過適當介面與實地像片，提升資料展示之辨視度與豐富性，均備極辛勞，特此致謝。

參考文獻

- 1.內政部，1980，中華民國臺灣地區三角點成果表，臺北。
- 2.內政部，2014，地理資訊圖資雲服務平台，
http://tgos.nat.gov.tw/tgos/Web/TGOS_Home.aspx，最近檢索時間2014年11月。