



NLSC-109-30

# 109 年及 110 年建置光達測繪車校 正系統作業案

## 工作總報告

### Report on establishing a calibration system of LIDAR mapping system in 2020 and 2021

主辦機關：內政部國土測繪中心

National Land Surveying and Mapping Center(NLSC)

執行單位：經緯航太科技股份有限公司

GEOSAT Aerospace & Technology Inc.

中華民國 109 年 12 月 28 日

## 摘要

內政部國土測繪中心為提升空間資料蒐集及圖資更新效率，參考國內外車載移動測繪系統經驗，於 106 至 107 年建置光達式移動測繪系統，並於 108 年辦理光達測繪車率定作業相關之研究，為接續研究成果，規劃自 109 年起辦理光達測繪車校正系統相關建置作業，包含校正理論與方法之確認，校正標材質與標形評估測試、設計與製作、校正場規劃與建置、校正實作、成果分析、TAF 校正領域認證作業先期評估、校正場資料處理工具開發與 LMS 軟硬體保養維護作業等。

校正場設置於交通部運輸研究所港灣研究中心，位於臺中市梧棲區，其中校正標經過材質、尺寸之實測確認，於地面繪製 8 個校正標，與牆面安裝 12 個可拆式的磁吸式校正標，考量到校正場靠近海邊、風速較強，特別加強抗風性設計，經實際安裝後，具有拆裝方便與穩固性高之特點，符合本校正作業之需求。

有關校正場建置工作，經過外部 4 個網形控制點與場內 4 個固定點的衛星定位測量，確定校正場內固定點之坐標，後經校正標穩定性測試，於校正程序中制訂相關作業規範，於校正作業時利用固定點以全測站儀量測校正標中心參考值，並規劃光達測繪車掃描路線，經兩次校正實作，確認校正程序執行成果良好，可以分別對地面、水平距離 10 公尺~27 公尺的校正標進行掃描，所產出校正結果能確實反映 LMS 之測繪能力，經評估可應用於光達測繪車測繪案件，例如高精地圖之測製。

本案透過 TAF 校正領域認證作業先期評估，進行不確定度評估及計算、能力試驗活動與模擬評鑑之規劃，以期能通過「財團法人全國認證基金會」(Taiwan Accreditation Foundation, TAF) 認證及納入國土測繪中心測量儀器校正實驗室，達成光達測繪車校正服務之目標。

關鍵字：車載移動測繪系統、光達移動測繪系統、光達、定位定向系統、校正作業、ISO17025:2017

## Abstract

To improve the efficiency of spatial data collection and map update, the National Land Surveying and Mapping Center (NLSC) reviewed the domestic and foreign Mobile Mapping System (MMS), built the LiDAR Mapping System (LMS) in 2017 and 2018, conducted the research of LMS calibration, and planned to conduct the construction of LMS calibration system, including calibration theory and method, the calibration mark material and mark shape evaluation testing, designing and making, calibration field planning and building, calibration implementation, result analysis, preliminary evaluation of Taiwan Accreditation Foundation (TAF) calibration accreditation, development of calibration field data processing tool, and LMS software and hardware maintenance.

The calibration mark has been confirmed by actual measurement of material and size, and there are 8 calibration mark printed on the road and 12 detachable magnetic calibration mark is designed on the wall. Considering that the calibration field is located in the Harbor Research Center of the Transport Research Institute of the Ministry of Transport, which is close to the sea and has strong wind speed, the wind resistance design of the calibration mark is especially strengthened. After the installation testing, it has the characteristics of convenient disassembly and high stability, which meets the needs of this calibration operation.

For the calibration field construction, the coordinates of the 4 fixed points in the calibration field are determined through the 4 satellite positioning of the fixed points and control point network. From the calibration mark stability test, the operating specifications are established in the calibration procedure: during calibration, the fixed point is used to measure the center reference value of the calibration mark by the total station, and the scanning route of the LiDAR surveying and mapping vehicle is planned. After the calibration implementation, it was confirmed that the calibration procedure performed well and the calibration results can reflect the surveying and mapping capabilities of the LMS, and can be applied to the surveying and mapping cases of LiDAR surveying and MMS, such as HD maps.

Through the preliminary evaluation of TAF calibration accreditation, the uncertainty evaluation and calculation, the ability test activities and the planning of the simulation evaluation are carried out in this program to pass the TAF accreditation and to be included in the surveying instrument calibration laboratory of NLSC to achieve the goal of LMS calibration service.



**Keywords:** Mobile Mapping System(MMS), Lidar Mobile Mapping System(LMS), Lidar, Position and Orientation System(POS), Calibration, ISO17025:2017

## 目錄

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 摘要.....                   | I   |
| Abstract.....             | II  |
| 目錄.....                   | IV  |
| 圖目錄.....                  | VI  |
| 表目錄.....                  | XI  |
| 第壹章 前言.....               | 1   |
| 第一節 計畫名稱.....             | 1   |
| 第二節 計畫緣起.....             | 1   |
| 第三節 計畫目的.....             | 1   |
| 第四節 工作項目及內容.....          | 1   |
| 第五節 執行過程及結果.....          | 4   |
| 第貳章 光達測繪系統介紹.....         | 7   |
| 第一節 車載移動測繪系統整體架構.....     | 7   |
| 第二節 資料擷取系統.....           | 8   |
| 第三節 定位定向系統.....           | 10  |
| 第四節 光達點雲處理軟體.....         | 12  |
| 第五節 光達測繪車應用說明.....        | 15  |
| 第參章 校正場規劃及建置.....         | 17  |
| 第一節 場地勘查.....             | 17  |
| 第二節 校正場設計規劃.....          | 20  |
| 第三節 校正標設計.....            | 27  |
| 第四節 校正標製作.....            | 45  |
| 第五節 校正標布設及測量.....         | 52  |
| 第肆章 校正方法確認.....           | 72  |
| 第一節 校正作業說明.....           | 72  |
| 第二節 校正程序.....             | 75  |
| 第三節 校正實作與成果分析.....        | 81  |
| 第四節 全測站儀免稜鏡測距追溯程序.....    | 114 |
| 第伍章 TAF 校正領域認證作業先期評估..... | 119 |

|   |     |
|---|-----|
| 第一節 不確定度評估及計算 .....                           | 119 |
| 第二節 能力試驗活動規劃 .....                            | 146 |
| 第三節 模擬評鑑之規劃 .....                             | 149 |
| 第陸章 校正場資料處理工具 .....                           | 150 |
| 第一節 光線法計算工具 .....                             | 150 |
| 第二節 擴充不確定度計算工具 .....                          | 154 |
| 第三節 校正成果計算工具 .....                            | 157 |
| 第柒章 光達測繪系統軟硬體設備維護 .....                       | 161 |
| 第一節 軟體維護 .....                                | 161 |
| 第二節 硬體維護 .....                                | 162 |
| 第捌章 結論及未來建議 .....                             | 171 |
| 第一節 結論 .....                                  | 171 |
| 第二節 未來建議 .....                                | 172 |
| 附錄.....                                       | 173 |
| 附錄一 工作總報告及 110 年度作業規劃委員審查意見回覆說明表.....         | 173 |
| 附錄二 期中報告委員審查意見回覆說明表 .....                     | 187 |
| 附錄三 期中報告甲方工作小組意見回覆說明表 .....                   | 199 |
| 附錄四 作業計畫審查意見回覆說明表 .....                       | 202 |
| 附錄五 服務建議書委員審查意見回覆說明表 .....                    | 207 |
| 附錄六 服務建議書工作小組意見回覆說明表 .....                    | 216 |
| 附錄七 需求訪談會議紀錄 .....                            | 223 |
| 附錄八 各次工作會議結論與追蹤事項辦理情形 .....                   | 227 |
| 附錄九 校正場建置工作日誌 .....                           | 242 |
| 附錄十 校正場建置監工紀錄 .....                           | 258 |
| 附錄十一 保養維護紀錄 .....                             | 278 |
| 附錄十二 校正報告（草案） .....                           | 306 |
| 附錄十三 投稿論文摘要 .....                             | 324 |
| 附錄十四 遵守性別工作平等法之規定辦理情形及作業人力之性別分析及統計之說明資料 ..... | 325 |
| 附錄十五 參考文獻 .....                               | 326 |

## 圖目錄

|   |    |
|---|----|
| 圖 1-1 計畫進度甘特圖 .....   | 5  |
| 圖 2-1 現行國土測繪中心 LMS .....  | 8  |
| 圖 2-2 選用之光達系統(摘自 <a href="http://pentaxsurveying.eu.com/en/">http://pentaxsurveying.eu.com/en/</a> ) .....              | 9  |
| 圖 2-3 選用之相機及鏡頭 .....  | 10 |
| 圖 2-4 選用之衛星定位儀 .....  | 11 |
| 圖 2-5 選用之天線盤 .....  | 11 |
| 圖 2-6 選用之慣性量測元件 .....   | 11 |
| 圖 2-7 選用之輪速計 .....  | 12 |
| 圖 2-8 輪速計安裝情形 .....   | 12 |
| 圖 2-9 Z+F SynCaT 主畫面 .....  | 13 |
| 圖 2-10 TerraSolid 主畫面 .....   | 13 |
| 圖 2-11 TerraScan 點雲分類(摘自 <a href="http://www.terrasolid.com">http://www.terrasolid.com</a> ) .....                      | 14 |
| 圖 2-12 TerraScan 三維向量資料數化(摘自 <a href="http://www.terrasolid.com">http://www.terrasolid.com</a> ) .....                  | 14 |
| 圖 2-13 TerraMatch 應用於(左)改正前；(右)改正後點雲結果(摘自 <a href="http://www.terrasolid.com">http://www.terrasolid.com</a> ) .....     | 15 |
| 圖 2-14 TerraModeler(左)表面陰影；(中)輪廓線；(右)特徵線結果(摘自 <a href="http://www.terrasolid.com">http://www.terrasolid.com</a> ) ..... | 15 |
| 圖 3-1 港研中心位置示意圖 .....   | 18 |
| 圖 3-2 港研中心 GNSS 接收情形 .....  | 19 |
| 圖 3-3 場勘光達測繪車校正活動範圍示意圖 .....  | 19 |
| 圖 3-4 港研中心現場拍攝照片 .....  | 20 |
| 圖 3-5 校正場規劃配置 .....   | 21 |
| 圖 3-6 都市計畫樁鋼標示意圖 .....  | 22 |
| 圖 3-7 校正標安裝位置示意圖-1 .....  | 22 |
| 圖 3-8 校正標安裝位置示意圖-2 .....  | 23 |
| 圖 3-9 校正標安裝位置示意圖-3 .....  | 23 |
| 圖 3-10 光達測繪車掃描路徑規劃示意圖 .....   | 24 |
| 圖 3-11 光達測繪車於掃描路徑行駛順序示意圖 (路線 1) .....   | 25 |
| 圖 3-12 光達測繪車於掃描路徑行駛順序示意圖 (路線 2) .....   | 26 |
| 圖 3-13 校正標樣本 .....  | 28 |
| 圖 3-14 校正標樣本掃描成果 (10 公尺) .....  | 30 |
| 圖 3-15 校正標樣本掃描成果 (15 公尺) .....  | 31 |
| 圖 3-16 校正標樣本掃描成果 (30 公尺) .....  | 32 |
| 圖 3-17 地面標線掃描成果 .....   | 34 |
| 圖 3-18 全測站儀免稜鏡測距測試—測試標的 .....   | 35 |

|  |    |
|--|----|
| 圖 3-19 全測站儀免稜鏡測距測試—觀測方向標面夾角設定示意圖             | 35 |
| 圖 3-20 全測站儀免稜鏡測距測試—校正標角度與距離設定依據              | 36 |
| 圖 3-21 反射稜鏡樣本                                | 37 |
| 圖 3-22 反射稜鏡作為光達校正標測試—測試標的                    | 38 |
| 圖 3-23 反射稜鏡作為光達校正標測試—掃描點雲成果                  | 39 |
| 圖 3-24 牆上校正標示意圖 (60 x 60 公分)                 | 40 |
| 圖 3-25 牆上校正標安裝示意圖                            | 41 |
| 圖 3-26 校正標安裝磁鐵之輔助工具示意圖                       | 41 |
| 圖 3-27 強力磁鐵規格                                | 42 |
| 圖 3-28 校正標防風設計 (60 X 60 公分)                  | 42 |
| 圖 3-29 校正標防風設計 (40 X 40 公分)                  | 43 |
| 圖 3-30 防滑路面漆 (黑色與白色)                         | 43 |
| 圖 3-31 地面校正標示意圖                              | 44 |
| 圖 3-32 地面校正標中心鋼標規格 (校正標使用 5 公分/固定點使用 7 公分鋼釘) | 45 |
| 圖 3-33 印刷廠輸出之牆上校正標版材                         | 46 |
| 圖 3-34 校正板背面貼附磁鐵之強力膠水 (3M Scotch Grip 4475)  | 46 |
| 圖 3-35 校正標背面貼附磁鐵輔助木框規格                       | 47 |
| 圖 3-36 牆上貼附磁鐵輔助木框規格                          | 47 |
| 圖 3-37 貼附磁鐵輔助木框 (採 CNC 裁切)                   | 48 |
| 圖 3-38 貼附磁鐵輔助木框—細部檢視 2.5mm 之尺寸差異             | 48 |
| 圖 3-39 校正標背面貼附磁鐵輔助木框—使用過程                    | 49 |
| 圖 3-40 校正標背面貼附磁鐵輔助木框—貼附完成                    | 50 |
| 圖 3-41 校正標背面貼附磁鐵後以重物施壓並放置 24 小時              | 51 |
| 圖 3-42 抗風性設計泡棉貼附                             | 51 |
| 圖 3-43 抗風性設計泡棉貼附—細部檢視                        | 52 |
| 圖 3-44 牆面貼附磁鐵採用高承重矽利康                        | 53 |
| 圖 3-45 站立於地面貼附牆面磁鐵                           | 54 |
| 圖 3-46 使用摺疊安全梯貼附牆面磁鐵                         | 55 |
| 圖 3-47 使用高空作業護具於窗戶外貼附牆面磁鐵                    | 55 |
| 圖 3-48 使用高空作業護具於女兒牆外貼附牆面磁鐵                   | 56 |
| 圖 3-49 牆面磁鐵施工建置完成 (南側建物)                     | 57 |
| 圖 3-50 牆面磁鐵施工建置完成 (東側建物)                     | 57 |
| 圖 3-51 牆面磁鐵施工建置完成 (北側建物)                     | 58 |
| 圖 3-52 牆面磁鐵施工建置完成—細部檢視                       | 58 |
| 圖 3-53 牆面校正標安裝完成 (南側建物)                      | 59 |
| 圖 3-54 牆面校正標安裝完成 (東側建物)                      | 59 |



|   |     |
|---|-----|
| 圖 3-55 牆面校正標安裝完成（北側建物） .....                        | 60  |
| 圖 3-56 建置位置確認 .....                                 | 61  |
| 圖 3-57 地面標施工過程（鑽孔、AB 膠、埋鋼標、清潔、繪製） ..                | 61  |
| 圖 3-58 地面校正標施工建置完成（含率定標） .....                      | 62  |
| 圖 3-59 地面校正標施工建置完成－尺寸確認 .....                       | 62  |
| 圖 3-60 固定點鋼標－地面控制點 B .....                          | 63  |
| 圖 3-61 固定點鋼標－地面控制點 C .....                          | 63  |
| 圖 3-62 固定點鋼標－地面控制點 D .....                          | 64  |
| 圖 3-63 GNSS 靜態基站鋁管長度 .....                          | 65  |
| 圖 3-64 GNSS 靜態基站鋁管管壁厚度 .....                        | 65  |
| 圖 3-65 GNSS 靜態基站施工建置完成 .....                        | 66  |
| 圖 3-66 GNSS 靜態基站施工建置完成－水平儀確認 .....                  | 66  |
| 圖 3-67 校正標位置測量－eGNSS 即時動態定位測量固定點坐標 ..               | 67  |
| 圖 3-68 校正標位置測量－全測站儀測量校正標坐標 .....                    | 67  |
| 圖 3-69 校正標位置測量成果 .....                              | 68  |
| 圖 3-70 校正掃描路線與牆面校正標連線水平距離示意圖 .....                  | 69  |
| 圖 3-71 校正標重覆安裝穩定性測試－P12 .....                       | 70  |
| 圖 3-72 校正標重覆安裝穩定性測試－P04 .....                       | 70  |
| 圖 4-1 校正作業流程 .....                                  | 73  |
| 圖 4-2 固定點 A（GNSS 靜態基站）與衛星控制點聯測網形 .....              | 76  |
| 圖 4-3 校正場固定點與校正標分布示意圖 .....                         | 79  |
| 圖 4-4 校正標樣式 .....                                   | 79  |
| 圖 4-5 掃描路徑設計 .....                                  | 80  |
| 圖 4-6 NLSC LMS 掃描軌跡－路線 1 .....                      | 82  |
| 圖 4-7 NLSC LMS 掃描軌跡－路線 2 .....                      | 82  |
| 圖 4-8 Geosat LMS 掃描軌跡－路線 1 .....                    | 83  |
| 圖 4-9 Geosat LMS 掃描軌跡－路線 2 .....                    | 83  |
| 圖 4-10 NLSC LMS 掃描點雲檢視校正標（左:路線 1 右:路線 2） ..         | 84  |
| 圖 4-11 Geosat LMS 掃描點雲檢視校正標（左:路線 1 右:路線 2） ..       | 85  |
| 圖 4-12 NLSC LMS 掃描點雲檢視遠側的校正標(左:路線 1 右:路線 2)         | 85  |
| .....   |     |
| 圖 4-13 Geosat LMS 掃描點雲檢視遠側的校正標（左:路線 1 右:路線 2） ..... | 86  |
| 圖 4-14 校正場最遠掃描距離（水平距離約 85m） .....                   | 86  |
| 圖 4-15 點雲檢視水平距離約 85m 的校正標 .....                     | 87  |
| 圖 4-16 於行駛路線轉彎處擺放三角錐 .....                          | 99  |
| 圖 4-17 校正標坐標參考值量測作業－衛星控制點聯測（M906）                   | 101 |

|  |     |
|--|-----|
| 圖 4-18 校正標坐標參考值量測作業－固定點衛星定位測量.....                         | 101 |
| 圖 4-19 校正標坐標參考值量測作業－安裝牆上磁吸式校正標.....                        | 102 |
| 圖 4-20 校正標坐標參考值量測作業－全測站量測校正標參考坐標<br>.....                  | 102 |
| 圖 4-21 NLSC LMS 第 2 次校正實作掃描軌跡－路線 1 .....                   | 103 |
| 圖 4-22 NLSC LMS 第 2 次校正實作掃描軌跡－路線 2 .....                   | 104 |
| 圖 4-23 NLSC LMS 第 2 次校正實作掃描點雲檢視校正標（左:路線 1<br>右:路線 2） ..... | 105 |
| 圖 4-24 電子測距儀校正場觀測組合圖 .....                                 | 115 |
| 圖 6-1 校正場資料處理工具架構說明.....                                   | 150 |
| 圖 6-2 光線法計算工具－操作流程.....                                    | 151 |
| 圖 6-3 光線法計算工具－讀取觀測資料範例.....                                | 151 |
| 圖 6-4 光線法計算工具－讀取固定點坐標檔.....                                | 152 |
| 圖 6-5 光線法計算工具－載入固定點坐標並計算初始坐標.....                          | 152 |
| 圖 6-6 光線法計算工具－正倒鏡、多測回與多測站之坐標整併....                         | 153 |
| 圖 6-7 光線法計算工具－校正標參考值匯出.....                                | 153 |
| 圖 6-8 擴充不確定度計算工具－操作流程.....                                 | 154 |
| 圖 6-9 擴充不確定度計算工具－參考值不確定度分析表範例.....                         | 155 |
| 圖 6-10 擴充不確定度計算工具－載入待校件不確定度分析表範例<br>.....                  | 155 |
| 圖 6-11 擴充不確定度計算工具－可分別輸入各影響因子不確定度估<br>計量.....               | 156 |
| 圖 6-12 擴充不確定度計算工具－計算成果.....                                | 156 |
| 圖 6-13 校正成果計算工具－操作流程.....                                  | 157 |
| 圖 6-14 校正成果計算工具－量測值檔案範例.....                               | 158 |
| 圖 6-15 校正成果計算工具－載入參考值檔案.....                               | 158 |
| 圖 6-16 校正成果計算工具－計算器差值.....                                 | 159 |
| 圖 6-17 校正成果計算工具－載入擴充不確定度資訊.....                            | 159 |
| 圖 6-18 校正成果計算工具－輸出校正成果.....                                | 160 |
| 圖 7-1 TerraSolid 維護約授權證明文件 .....                           | 162 |
| 圖 7-2 定期保養檢查紀錄單－1 .....                                    | 165 |
| 圖 7-3 定期保養檢查紀錄單－2 .....                                    | 166 |
| 圖 7-4 定期保養檢查紀錄單－3 .....                                    | 166 |
| 圖 7-5 第 1 次保養維護作業 .....                                    | 168 |
| 圖 7-6 第 2 次保養維護作業－相機配置變更與推車電池維修.....                       | 168 |
| 圖 7-7 第 3 次保養維護作業－外掛輪速計測試.....                             | 169 |
| 圖 7-8 第 4 次保養維護作業－Novatel 衛星接收器啟動異常（已更新<br>韌體恢復功能正常） ..... | 169 |



圖 7-9 第 4 次保養維護作業－輪速計檢測後運作正常.....170

## 表目錄

|   |     |
|---|-----|
| 表 1-1 各階段檢核點交付成果說明 .....                                | 4   |
| 表 1-2 作業成果對應章節清單 .....                                  | 5   |
| 表 2-1 可搭載之各式感測器(部分內容節錄自 El-Sheimy, 1996) .....          | 7   |
| 表 2-2 國土測繪中心提供車輛車體規格 .....                              | 8   |
| 表 2-3 選用之光達系統規格 .....                                   | 9   |
| 表 2-4 選用之相機系統規格 .....                                   | 10  |
| 表 2-5 選用之衛星定位儀規格 .....                                  | 11  |
| 表 2-6 選用之慣性量測元件規格 .....                                 | 11  |
| 表 2-7 光達解算軟體 .....                                      | 12  |
| 表 3-1 國內光達測繪車設備規格比較 .....                               | 26  |
| 表 3-2 校正標樣本尺寸、材質資訊 .....                                | 28  |
| 表 3-3 校正標樣本光達反射強度值 .....                                | 33  |
| 表 3-4 全測站儀免稜鏡測距測試－測試數據 .....                            | 36  |
| 表 3-5 反射稜鏡等校正標樣本光達反射強度值 .....                           | 38  |
| 表 4-1 國土測繪中心與經緯航太科技之光達測繪車規格比較 .....                     | 81  |
| 表 4-2 NLSC LMS 校正報告－器差報表-平面方向 (路線 1) .....              | 87  |
| 表 4-3 NLSC LMS 校正報告－器差報表-高程方向 (路線 1) .....              | 88  |
| 表 4-4 NLSC LMS 校正報告－器差報表-平面方向 (路線 2) .....              | 89  |
| 表 4-5 NLSC LMS 校正報告－器差報表-高程方向 (路線 2) .....              | 90  |
| 表 4-6 Geosat LMS 校正報告－器差報表-平面方向 (路線 1) .....            | 91  |
| 表 4-7 Geosat LMS 校正報告－器差報表-高程方向 (路線 1) .....            | 92  |
| 表 4-8 Geosat LMS 校正報告－器差報表-平面方向 (路線 2) .....            | 93  |
| 表 4-9 Geosat LMS 校正報告－器差報表-高程方向 (路線 2) .....            | 94  |
| 表 4-10 NLSC LMS 精度分析 (路線 1) .....                       | 96  |
| 表 4-11 NLSC LMS 精度分析 (路線 2) .....                       | 97  |
| 表 4-12 Geosat LMS 精度分析 (路線 1) .....                     | 97  |
| 表 4-13 Geosat LMS 精度分析 (路線 2) .....                     | 98  |
| 表 4-14 NLSC LMS 第 2 次校正實作校正報告－器差報表-平面方向<br>(路線 1) ..... | 106 |
| 表 4-15 NLSC LMS 第 2 次校正實作校正報告－器差報表-高程方向<br>(路線 1) ..... | 108 |
| 表 4-16 NLSC LMS 第 2 次校正實作校正報告－器差報表-平面方向<br>(路線 2) ..... | 110 |
| 表 4-17 NLSC LMS 第 2 次校正實作校正報告－器差報表-高程方向<br>(路線 2) ..... | 112 |
| 表 4-18 精密測距系統 .....                                     | 116 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 表 4-19 | 測距成果比對 .....                           | 118 |
| 表 5-1  | 網形控制點平面坐標之不確定度分析表 .....                | 124 |
| 表 5-2  | 網形控制點高程方向坐標之不確定度分析表 .....              | 125 |
| 表 5-3  | 固定點相對於網形控制點之不確定度分析表(平面方向) ..           | 127 |
| 表 5-4  | 固定點相對於網形控制點之不確定度分析表(高程方向) ..           | 128 |
| 表 5-5  | 固定點至校正物的全測站儀測量之不確定度分析表(平面方<br>向) ..... | 135 |
| 表 5-6  | 固定點至校正物的全測站儀測量之不確定度分析表(高程方<br>向) ..... | 135 |
| 表 5-7  | 校正件量測不確定度來源分析表(平面方向) .....             | 143 |
| 表 5-8  | 校正件量測不確定度來源分析表(高程方向) .....             | 144 |
| 表 5-9  | 實驗室申請/認可項目 .....                       | 146 |
| 表 5-10 | 能力試驗參與計畫一覽表 .....                      | 147 |
| 表 7-1  | 國土測繪中心 LMS 軟體維護紀錄表 .....               | 161 |
| 表 7-2  | 國土測繪中心 LMS 硬體清單 .....                  | 162 |
| 表 7-3  | 保養維護作業計畫 .....                         | 164 |
| 表 7-4  | 109 年度保養維護紀錄報告 .....                   | 167 |

## 第壹章 前言

### 第一節 計畫名稱

本計畫名稱為『109 年及 110 年建置光達測繪車校正系統作業採購案』(以下簡稱本案)。

### 第二節 計畫緣起

內政部國土測繪中心(以下簡稱國土測繪中心)為提升空間資料蒐集及圖資更新效率,參考國內外車載移動測繪系統經驗,於 106 至 107 年建置光達式移動測繪系統(以下簡稱光達測繪車),並於 108 年辦理光達測繪車率定作業相關之研究,為接續研究成果,規劃自 109 年起辦理光達測繪車校正方法確認及校正場建置,並通過「財團法人全國認證基金會」(Taiwan Accreditation Foundation, TAF)認證及納入機關測量儀器校正實驗室,以達成光達測繪車校正服務之目標。

### 第三節 計畫目的

本案主要目標為建立自主光達測繪車校正系統,並完成 TAF 認證申請前置作業。本案為 2 年期(109 至 110 年),109 年度辦理校正方法確認、校正場建置、TAF 校正領域認證作業先期評估,110 年度則依 109 年度研究及評估成果,接續辦理量測稽核及 TAF 認證申請前置作業。

### 第四節 工作項目及內容

#### 一、校正理論及方法確認：

依據國土測繪中心於 108 年度研擬之光達移動測繪車率定方法初步成果,進行校正方法之確認作業,倘經分析探討後發現不足,則須參考國內外研究經驗以予強化或修正,以確認所提校正方法確實可行,並產出方法確認紀錄,相關成果納入期中報告。

#### 二、校正場規劃及建置：

##### (一) 校正場設計規劃

校正場預選場址已經確定為「交通部運輸研究所港灣技術研究中心」(以下稱港研中心),依據本案所研提之校正理論及方法進行場地評估後,辦理校正場細部規劃工作,校正場及校正標原

型設計規格圖表納入期中報告。

## (二)校正標設計、製作及測設

1. 本案校正標形、材質、尺寸等規格設計，經國土測繪中心確認後製作，並於 109 年 8 月 24 日前（決標次日起 150 個日曆天內）辦理校正標布設及測量，相關成果製作成書面文件納入期中報告。
2. 於校正標布設施工及測量作業期間按日製作工作日誌(含日期時間、地點、作業人員、工作內容、作業照片等)(如附錄九)。由國土測繪中心配合施工項目及期程派員至作業地點實地監督了解各項作業之執行，並做成監工紀錄(如附錄十)，得依契約規定隨時針對本公司作業提出改善建議，本公司應立即辦理。工作日誌及監工紀錄納入期中報告作為驗收之依據。

## (三)校正實作與成果分析

1. 於 109 年 8 月 24 日前（決標次日起 150 個日曆天內），採用本案所研擬之校正方法，於本案建置之校正場地，實地辦理光達測繪車校正作業，將校正成果分析，相關成果納入期中報告。
2. 本項作業以國土測繪中心光達測繪車辦理為原則，如國土測繪中心光達測繪車因故長期無法出借，將採用本公司同等規格之光達測繪車作為替代因應方案。

## 三、TAF 校正領域認證作業先期評估：

於 109 年 12 月 2 日前（決標次日起 250 個日曆天內）辦理，內容包含下列項目，成果納入工作總報告繳交：

- (一)不確定度評估及計算：依照 ISO GUN 指引建立校正系統數學模式，估計影響因子之不確定度（必要時須辦理實驗評估），並完成計算系統之擴充不確定度。
- (二)能力試驗活動規劃：包含能力試驗活動執行方式之選擇、協助機關辦理之方式、能力試驗活動期程之規劃。
- (三)模擬評鑑之規劃：請規劃模擬實地評鑑之辦理方式、內容及期程。模擬評鑑項目包含實驗室品質項目及技術項目。

#### 四、校正場資料處理工具

於 109 年 11 月 2 日前（決標次日起 220 個日曆天內）建置校正場資料處理工具，包含下列功能：

- (一)光線法計算工具：用於全測站儀量測校正標參考值之坐標成果計算。
- (二)擴充不確定度計算工具：可分別輸入各影響因子不確定度估計量，並用於校正系統之擴充不確定度計算。
- (三)校正成果計算工具：用於光達點雲量測坐標與校正標參考值之器差計算。

#### 五、光達測繪系統軟硬體設備維護

維護國土測繪中心光達移動系統（LMS）軟硬體設備（詳如第柒章）之正常運作。

(一)軟體維護：維護國土測繪中心 LMS 監控系統、定位定向及光達點雲後處理軟體之正常運作，其中套裝軟體部分倘於履約期間原廠有最新版本發布，應辦理該套裝軟體更新維護至最新版本，並支應相關費用，軟體維護紀錄納入工作總報告。

(二)硬體維護：

1. 為維持國土測繪中心光達移動系統（LMS）及遙控測繪車等設備之正常運作。於作業計畫規劃 4 次保養維護作業、相關設備保養維護項目及時間表作為保養維護依據。保養維護後須填寫紀錄（含基本檢查、內部系統、電力系統、遙控測繪車操縱及動力系統等）。其中前 3 次保養維護應於作業完成後 5 日內以電子郵件方式提報維護紀錄，至第 4 次於 11 月底前辦理完成，相關保養維護紀錄併同前 3 次納入工作總報告。
2. 負責本案所需之設備保養維護費、耗材及其他與本案相關之耗材。履約期間相關施備、器材，若有人為操作疏失、遇天災或不可抗力因素而毀損，或造成第三者人員、財物損失，均由本公司負責。



## 第五節 執行過程及結果

本案決標日為 109 年 3 月 27 日，作業期限為決標次日起 250 日曆天，本案分 3 階段辦理，每階段應交付項目、期限如表 1-1 所列，進度甘特圖如圖 1-1 所示。現已完成 3 階段之作業成果，包含校正場理論及方法確認、校正場規劃及建置、校正實作、成果分析、TAF 校正領域認證作業先期評估、校正場資料處理工具、光達測繪系統軟硬體設備維護與各式文件與辜做報告，各項工作對應章節清單請參閱表 1-2。

表 1-1 各階段檢核點交付成果說明

| 階段     | 成果交付項目                                      | 單位 | 數量        |         | 繳交期限與交付日期                                   |
|--------|---|----|-----------|---------|---|
|        |   |    | 書面/<br>實體 | 電子<br>檔 |   |
| 第 1 階段 | 作業計畫(含需求訪談紀錄)                               | 份  | 15        | 1       | 繳交期限:109 年 4 月 26 日<br>於 109 年 4 月 24 日交付成果 |
| 第 2 階段 | 期中報告<br>(含方法確認紀錄、校正場及校正標原型設計規格圖表、工作日誌、監工紀錄) | 份  | 15        | 1       | 繳交期限:109 年 8 月 24 日<br>於 109 年 8 月 24 日交付成果 |
| 第 3 階段 | 校正場資料處理工具                                   | 式  | -         | 1       | 繳交期限:109 年 11 月 2 日<br>於 109 年 11 月 2 日交付成果 |
|        | 一、110 年度作業規劃<br>二、工作總報告(含保養維護紀錄、投稿論文摘要)     | 份  | 15        | 1       | 繳交期限:109 年 12 月 2 日<br>於 109 年 12 月 2 日交付成果 |

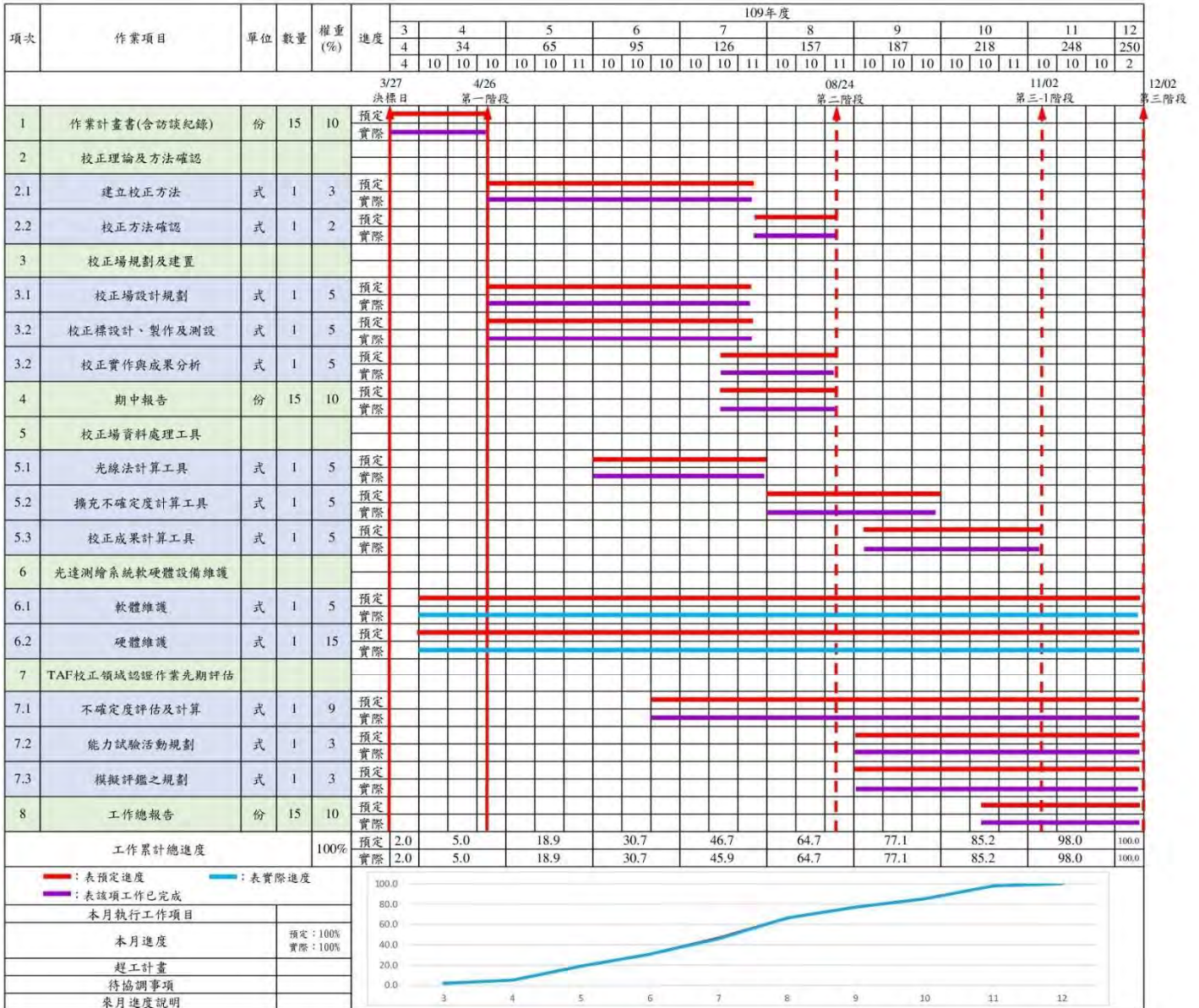


圖 1-1 計畫進度甘特圖

表 1-2 作業成果對應章節清單

| 項次 | 作業成果        | 對應章節                   |
|----|-------------|------------------------|
| 1  | 校正理論及方法確認   | 第肆章第一節、第二節             |
| 2  | 校正場設計規劃     | 第參章第二節                 |
| 3  | 校正標設計、製作及測設 | 第參章第三節、第四節、第五節、附錄九、附錄十 |



|   |                         |               |
|---|-------------------------|---------------|
| 4 | 校正實作與成果分析               | 第肆章第三節        |
| 5 | TAF 校正領域認證作業先期評估        | 第伍章           |
| 6 | 校正場資料處理工具               | 第陸章           |
| 7 | 光達測繪系統軟硬體設備維護           | 第柒章、附錄十一      |
| 8 | 與本案相關成果投稿研討會或期刊論文摘要（初稿） | 附錄十三          |
| 9 | 110 年度作業規劃              | 110 年度作業規劃報告書 |

## 第貳章 光達測繪系統介紹

### 第一節 車載移動測繪系統整體架構

車載移動測繪系統包含資料擷取系統、定位定向系統、機電系統三個子系統：

- 一、資料擷取系統：蒐集作業期間行經路線之空間資訊，裝載之各式感測器如表 2-1 所示，其中以相機或雷射掃描儀作為空間資料蒐集感測器最為常見，本案以相機與光達為資料蒐集來源。
- 二、定位定向系統：GNSS、IMU 及輪速計，系統作業時提供定位定向資料，透過資料解算得到高精度位置及姿態資料。
- 三、機電系統：提供主系統各項儀器之系統監控、訊息傳遞、資料儲存、足夠電力需求等，整體系統設計配合簡易拆裝功能採用分散式電腦系統，並採用電池提供充足電力，避免影響作業效率，減少儀器損害。

表 2-1 可搭載之各式感測器(部分內容節錄自 El-Sheimy, 1996)

| 感測器種類        | 資料屬性  | 資料特性                       |
|--------------|-------|----------------------------|
| CCD 相機       | 影像/幾何 | 影像，幾何精度取決於解析度              |
| 光達           | 影像/幾何 | 影像、距離與方位角                  |
| GNSS 定位及定向技術 | 幾何    | 高精度之位置與中精度之姿態訊息(需多天線陣列)    |
| 慣性定位定向技術     | 幾何    | 低至高精度位置與姿態訊息(精度取決於慣性測量儀等級) |
| 輪速計          | 幾何    | 距離(精度與行走距離有關)              |

國土測繪中心 LMS 使用車輛(型號：Toyota INNOVA 2.7)為載具建置車載移動測繪系統，相關車體規格如表 2-2 所示。目前完成 LMS 建置如圖 2-1 所示，以下將介紹 LMS 最重要的資料擷取系統與定位定向系統。



圖 2-1 現行國土測繪中心 LMS

表 2-2 國土測繪中心提供車輛車體規格

| 車身型式 | 休旅車     |
|------|---------|
| 車門數  | 5 門     |
| 座位數  | 5 人座    |
| 車長   | 4555 mm |
| 車寬   | 1770 mm |
| 車高   | 1745 mm |
| 車重   | 1615 kg |
| 軸距   | 2750 mm |

## 第二節 資料擷取系統

### 一、光達系統

近年來測量與空間資訊技術多元發展，製圖技術中光達可提供較高精度且高密度之資料，許多學界與業界紛紛投入進行開發相關產品與研究。光達系統技術原理為利用近紅外光之脈衝雷射進行掃描，紀錄脈衝雷射之發射角度及接收時間差與回波，轉換為量測距離與反射強度，加上其反射回波特性，可同時獲取地表及其地上物之資料。如同攝影測量前方交會方式得三維地理坐標，光達資料處理同樣為傳統直接地理定位核心原理，藉由定位定向系統與事先率定慣性測量儀與光達間之相對平移與旋轉關係，資料蒐集時可由慣性測量儀中心投影至光達中心，進一步求得三維點雲坐標。

本案選用之光達系統為 Pentax 公司之 S-2100（為 Z+F 9012 同規格雙生機種），提供高精度高速相位式雷射掃描儀資料，系統及其規格如圖 2-2 與表 2-3 所示。點雲資料儲存於光達系統內建儲存裝置，資料儲存格式為原廠自訂格式(zfs)，可藉由原廠程式進行資料解譯成 LAS 或 ASCII 格式。參考規格書說明，光達系統內建記憶

體空間 128GB 可滿足作業時間 8 小時。



圖 2-2 選用之光達系統(摘自 <http://pentaxsurveying.eu.com/en/>)

表 2-3 選用之光達系統規格

| 項目       | 採用光達          |
|----------|---------------|
| 雷射等級     | 一級            |
| 掃描點數     | 1,016,000 點/秒 |
| 測量距離     | 119m          |
| 測距精度     | 優於 1mm        |
| 雷射光束發散角度 | 小於 0.5mrad    |
| 掃描頻率     | 200 赫茲        |

## 二、影像感測器

本案影像感測器延續國土測繪中心提供之加拿大 Point Grey Research, Inc.所開發之 910 萬畫素彩色工業級相機 GS3-U3-91S6C-C 搭配日本 VS Technology 公司製造之 8 mm 定焦鏡頭 VS-0814H1，該工業相機之水平、垂直、對角線拍攝 FOV(Field Of View)角度分別為 77.3、61.9、90 度，相關規格如圖 2-3 與表 2-4 所示。相機系統配置由 7 部工業相機組成環景，平均每部相機以水平約 17.3 度重疊率拍攝，加 1 部向上拍攝的垂直影像，拼接成 360 度影像。同時影像於資料後處理時可提供點雲顏色資訊，當光達、影像、定位定向系統彼此相對關係已建立，當光達雷射射出時經由光束穿過相片，可得該光束落在相片某個像元上，經內插可得該點之 RGB 值，進而得到該點雲顏色。



圖 2-3 選用之相機及鏡頭

表 2-4 選用之相機系統規格

| 項目        | 本案採用相機                    |
|-----------|---------------------------|
| 相機像素      | 3376 x 2704 (910 萬)       |
| 鏡頭焦距      | 8 mm                      |
| 感光元件      | CCD                       |
| 像素尺寸      | 3.69 x 3.69 $\mu\text{m}$ |
| 最大解析度相幅速度 | 9FPS                      |

### 第三節 定位定向系統

定位定向系統主要由 GNSS、IMU、輪速計等輔助資訊來源、核心演算法等所組成，整合定位定向系統可互相補足各自之缺點，其優點如下：

- 長時間測量時，高精度的 GNSS 可用來修正 IMU，避免 IMU 誤差隨時間累積。
- 高頻率輸出之 IMU 訊息，可於 GNSS 相鄰兩次觀測值更新之間，內插提供精確位置資訊。
- 整合 GNSS 及 IMU 可提供精確姿態資訊。
- IMU 資料可用於 GNSS 訊號週波脫落的偵測及改正。
- IMU 的輔助可加強系統抗干擾能力。

而本案 LMS 主要以直接地理定位方式進行測繪作業，因此決定車載移動測繪平台定位精度之主要關鍵在於系統所使用之 IMU。國土測繪中心採用之定位定向系統，如以下說明：

#### 一、衛星定位儀及天線盤

加拿大 NovAtel 衛星定位儀 ProPak6TM 搭配 ANT-702-GG 天線盤做為本案車載移動測繪系統定位資訊感測器，系統如圖 2-4、圖 2-5、表 2-5 所示。



圖 2-4 選用之衛星定位儀



圖 2-5 選用之天線盤

表 2-5 選用之衛星定位儀規格

| 項目            | 本案採用衛星定位儀                  |
|---------------|----------------------------|
| 衛星接收          | GPS、GLONASS                |
| 衛星接收波段        | L1、L2、L2C、L5               |
| 資料輸出波段        | 100 Hz                     |
| 頻道數(Channels) | 240                        |
| 具備功能          | RTK                        |
| 即時輸出格式        | 具備 CMR、CMR+、RTCM2.X/3.X 格式 |
| 輸出資料          | NMEA 資料                    |
| 相對精度          | 10 mm + 1 ppm              |

## 二、慣性量測元件

加拿大 NovAtel 慣性量測元件 IMU-FSAS，如圖 2-6 與表 2-6 所示，做為 LMS 系統定向資訊感測器。



圖 2-6 選用之慣性量測元件

表 2-6 選用之慣性量測元件規格

| 項目                                      | 本案採用慣性量測元件  |
|---|-------------|
| 陀螺儀漂移率(Gyro Drift Rate)                 | 0.75 deg/hr |
| 加速度計漂移穩定度(Accelerometer Bias Stability) | 1 mg        |
| 資料輸出頻率                                  | 200 Hz      |



### 三、輪速計

德國 CORRSYS-DATRON 所開發的 Incremental Wheel Pulse Transducer (WPT)，如圖 2-7 與圖 2-8 所示，輪速計安裝於汽車之輪胎內側側邊，為車載移動測繪系統應用，安裝於汽車非驅動輪胎以避免裝設驅動輪胎時輪速計記錄多餘無效轉彎之距離。此輪速計解析度為 1,000 脈衝/圈，即輪胎每轉 1 圈，輪速計將送出 1,000 個脈衝，藉由確認輪胎周長計算行駛距離。安裝輪速計優點為當 GNSS 訊號不良或斷訊的時候，輪速計的資料可提供後續方位資料解算參考，同時本案以輪速計作為後續等距離同步觸發相機拍照的依據。



圖 2-7 選用之輪速計



圖 2-8 輪速計安裝情形

### 第四節 光達點雲處理軟體

點雲資料處理選用 Z+F SynCaT(包含 Synchronization、Correction)、TerraSolid(包含 TerraScan、TerraMatch、TerraModeler)，選用之光達解算軟體相關說明如表 2-7 所示。Z+F SynCaT-Synchronization 目的為解譯光達原始資料並與定位定向系統資料進行同步，建置三維點雲資料，主畫面如圖 2-9 所示。Z+F SynCaT-Correction 為藉由控制點坐標資料，平差計算其誤差進行補償，得真實高精度三維點雲。

表 2-7 光達解算軟體

| 軟體                   | 功能說明                    |
|----------------------|-------------------------|
| Z+F SynCaT           | 需可結合本案 POS 成果、點雲及像片資料   |
| Z+F SynCaT、TerraScan | 點雲資料編輯管理                |
| TerraScan、TerraMatch | 點雲資料平差，且可使用外部控制點擬合與坐標轉換 |
| TerraModeler         | 可繪製等高線、產製 DSM 及土方計算     |

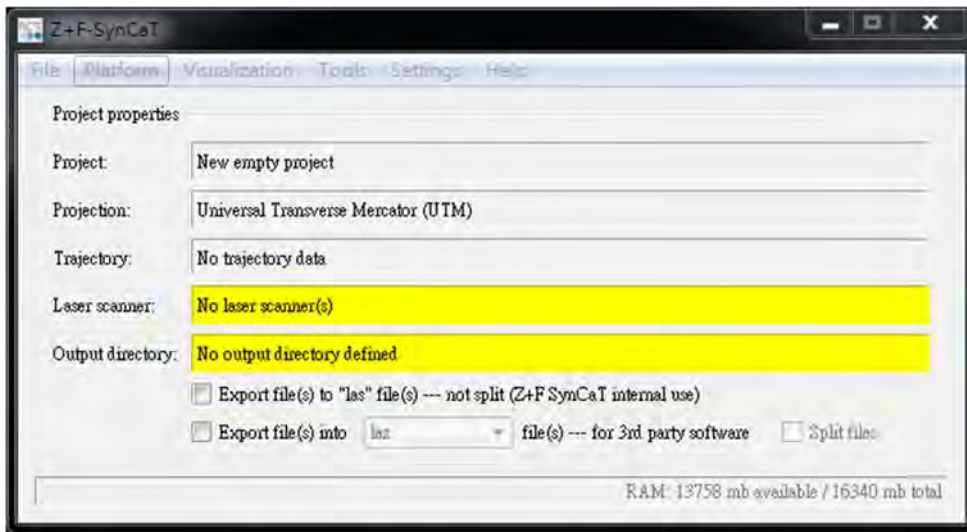


圖 2-9 Z+F SynCaT 主畫面

將 Z+F SynCaT 輸出之點雲 LAS 格式、原始影像、上述定位定向資料解算軟體計算之影像外方位參數等資訊，匯入至 TerraSolid 系列軟體，可執行彩色點雲編輯及平差作業，另可藉由外部控制點擬合輔助，提升三維點雲精度。TerraSolid 需於 MicroStation 底下執行，主畫面如圖 2-10 所示，以下為軟體介紹。

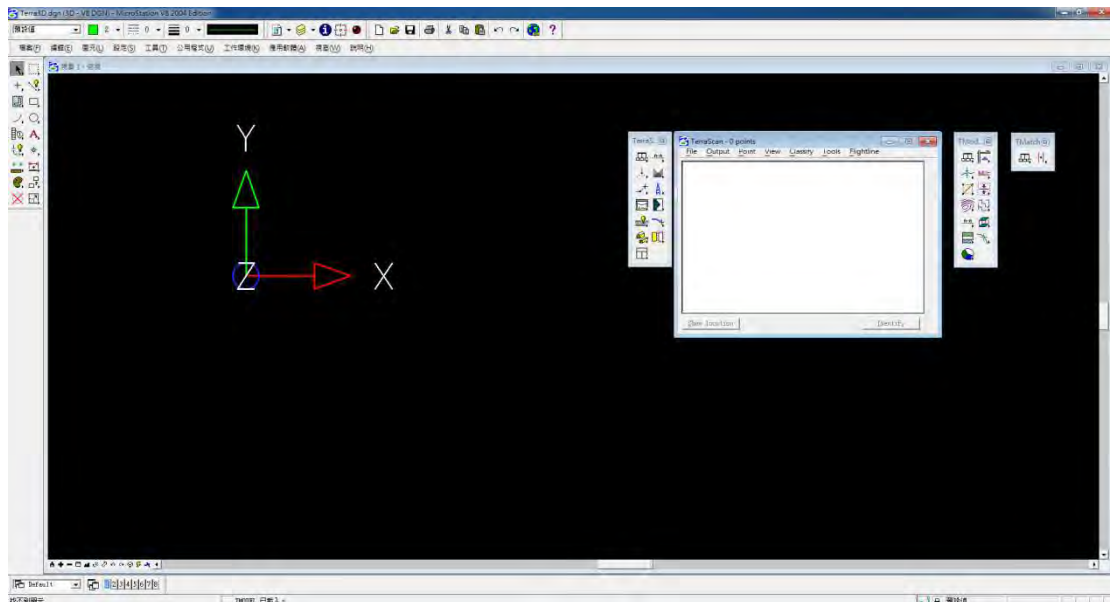


圖 2-10 TerraSolid 主畫面

TerraScan 為根據 Axelsson 改進的迭代加密三角網的方式，透過最鄰近法建立不規則三角網，進而進行點雲分類及過濾(Sithole, 2001)，TerraScan 提供分類的類別包含地面點、低矮植被、中等植被、高植被及建築物等，使用者亦可依照需求新增類別，TerraScan

點雲分類如圖 2-11 所示，另可配合商用軟體 MicroStation 針對點雲進行三維向量資料數化及編輯，如圖 2-12 所示。後續可應用於點雲資料分類及過濾，產生表面不規則三角網(Triangulated Irregular Networks, TINs)，包含 Binary 的雷射點、載入其他點雲資料或文字檔，更可編輯及應用所產生的表面模型，提供製圖相關應用。

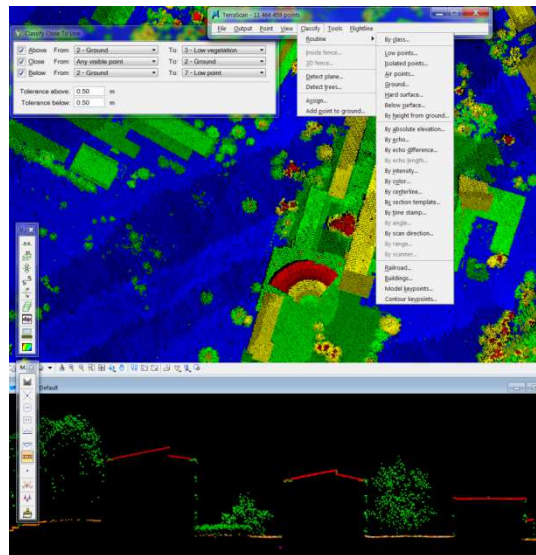


圖 2-11 TerraScan 點雲分類(摘自 <http://www.terrasolid.com>)

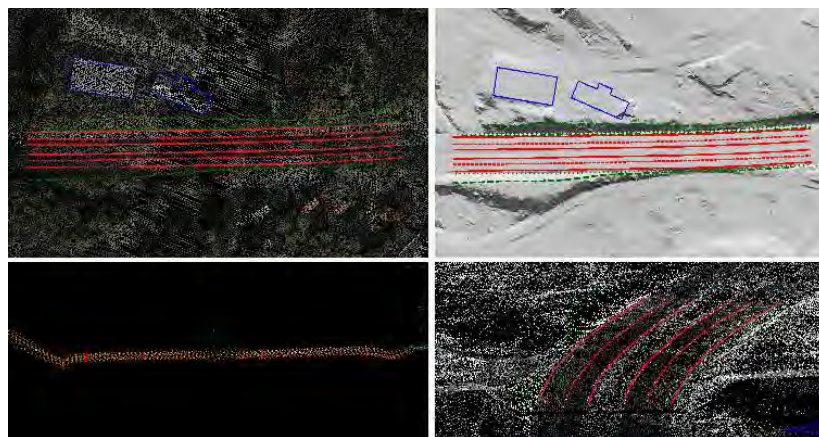


圖 2-12 TerraScan 三維向量資料數化(摘自 <http://www.terrasolid.com>)

TerraMatch 為點雲自動平差軟體，提升原始光達點雲品質及精度，透過不同測站間重疊範圍進行點雲匹配，加入已知幾何資訊進行點雲校正，並進行點雲平差取得較佳點雲坐標，適合應用於地面車載光達移動測繪系統。當地面光達系統運作時，角度未經初始化校準，TerraMatch 於後處理時可對資料進行檢查及改正，提升初始資料正確性，減少誤差傳播造成後續資料錯誤情況發生；作業進行

對地物做重覆觀測，TerraMatch 可針對定位定向系統提供之資訊及光達點雲資料等，計算未經初始化角度及位置誤差改正量，進一步改善原始光達點雲精度，改正前後應用如圖 2-13 所示。

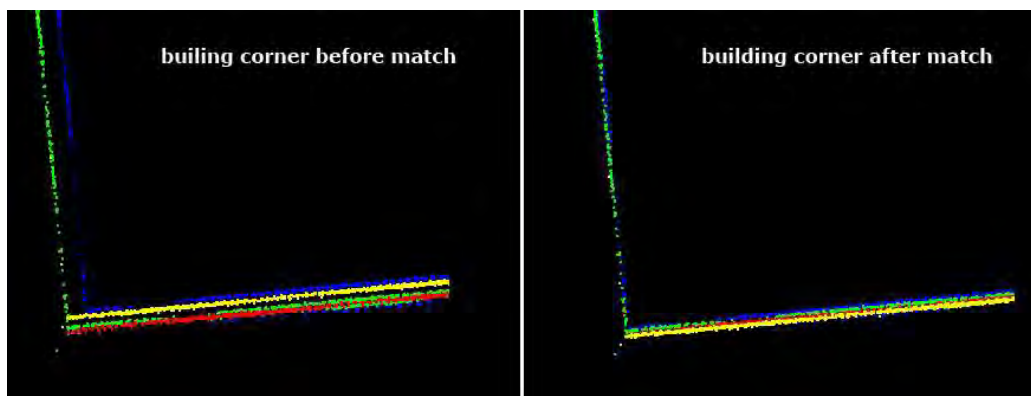


圖 2-13 TerraMatch 應用於(左)改正前；(右)改正後點雲結果(摘自 <http://www.terrasolid.com>)

TerraModeler 為點雲地形模型處理軟體，功能如下：由各種不同的來源可以產生表面模型(TINs)，包括 Binary 的雷射點、TerraScan 中載入的點雲資料、XYZ 文字檔等；編輯及應用所產生的表面模型(TINs)，以不同顯示方式顯示地形模型，如輪廓線、網格、三角形、高程、斜率等；於指定區域插入斷點或高程點編輯地形模型；新增、刪除、合併多個地形模型產生新地形模型；針對地形模型之高程值、高程差、斜率等進行視覺分析；繪製地表高程向量、斜坡、標示區域等。相關成果如圖 2-14 所示。

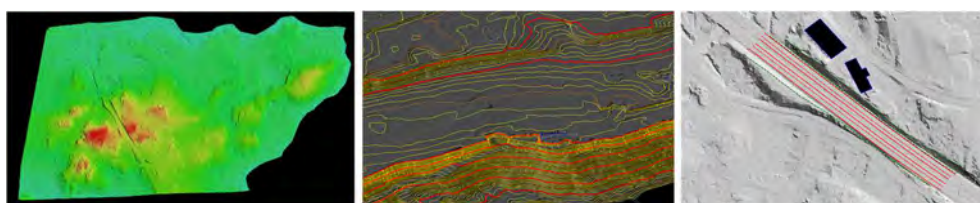


圖 2-14 TerraModeler(左)表面陰影；(中)輪廓線；(右)特徵線結果(摘自 <http://www.terrasolid.com>)

## 第五節 光達測繪車應用說明

光達測繪車搭載高精度光達與定位定向系統，可實現高效率的點雲掃描作業，由於載具為車輛，使用場所受限於道路或車輛可進入的場域，車載光達掃描距離、掃描點數與頻率等規格相較於地面式光達為低，因此測量精度亦較低，但其可進行長時間且高效率的外業資料蒐集工作，可減低外業作業成本，提高外業作業效率，針對精度要求不高且大範圍的道路或建物調查、測量作業具有優勢，

在應用性上可與傳統地面測量或地面式光達作為互補。

以國土測繪中心 LMS 為例，於 107 年辦理率定與精度驗證，平面精度小於 10 公分、三維精度小於 15 公分、三維最大誤差約為 23 公分，相關精度可應用於國土利用調查、臺灣通用電子地圖圖資更新等與高精地圖 (HD Map) 測製等作業，尤其國土測繪中心 LMS 具有將光達移動測繪系統安裝於推車的便利性設計，可增加隧道測量、廠房室內掃描等空間資訊蒐集任務的適用性。

## 第參章 校正場規劃及建置

### 第一節 場地勘查

校正場之硬體組成包含校正場地與校正標，依據國土測繪中心於 108 年辦理光達測繪車率定作業相關之研究，其中對於率定作業之建議如下：

- ▶ 國土測繪中心所用光達設備廠商 Z+F 對於率定作業之建議：率定場建議於一透空良好區域，可於同一條道路進行往返軌跡掃描，此外建議蒐集 T 字或十字交叉路口行進方式，蒐集不同方向交會點雲資料以提高率定精度，往返掃描特徵點至少 8 點以上，點位選擇平均分配於路線上。率定作業時各點雲間隔建議為 1.5 至 2.0 公分，參考 Z+F 光達規格，掃描頻率設定 200Hz，時速建議為 10 到 15 公里，光達掃描建物或特徵點距離 15 公尺以內。
- ▶ 點雲處理軟體 TerraSolid 對於率定作業之建議：率定場建議之環境為透空良好、現場人車稀少降低作業干擾影響、現地存在 1 至 3 座建物牆面可掃描取得點雲資訊、牆面儘可能為光滑面無大量複雜結構。外業作業蒐集資料時，當只有一棟建物及前方有空地情況時，軌跡路線，包含左右、前後往返掃描資料，以及與建物 45 度角運行方向進行點雲資料蒐集；若位於十字路口道路上，需於同一條道路進行往返軌跡掃描，並於十字交叉路口行進方式，蒐集不同方向交會點雲資料。

參考率定場相關設置建議，並考量到校正活動與率定作業之目標差異與審查委員意見，有關校正場之幾何形狀設計，建議參考光達測繪車實際執行掃描外業環境，使校正成果可更符合實際需求。

綜上，對於校正場設置位置評估如下：

國土測繪中心已協調交通部運輸研究所港灣技術研究中心（以下稱港研中心）作為校正場設置地點，港研中心位於臺中市梧棲區如圖 3-1 所示，港研中心前身為交通處港灣技術研究所，成立於民國 70 年 2 月，原隸屬臺灣省政府交通處。為配合政府精省作業，自民國 88 年 7 月起更名為港灣技術研究中心，隸屬交通部運輸研究所。於 90 年 8 月起正式併入交通部運輸研究所。港研中心成立之主要目的為研究發展港灣工程技術，培育訓練相關人才，協助解決港灣建

設與海岸開發所遭遇的問題。近年來因應港埠經營管理企業化之趨勢，增加港埠經營管理研究的業務。

因為其為封閉場域，進出有管理人員進行管制，可規劃做為光達測繪車校正場使用。圖 3-2 所示為 GNSS 接收情形，可接收 16 顆衛星，其透空度佳，GNSS 接收訊號良好，符合相關參考文獻率定場選擇原則。圖 3-1 的紅色虛線為可行駛車輛的範圍，藍色實線則為可布設校正標（包含牆面與地面）的範圍；圖 3-3 為區內可作為校正活動使用之範圍示意圖，黃色實線內為光達掃描校正標的有效範圍，量測距離資訊如圖所示；圖 3-4 為現場拍攝情況。符合規劃光達測繪車校正場條件，該處道路寬敞，人煙稀少，適合藉由去回及不同行進方向之交會幾合蒐集往返相同區域之點雲資訊，道路上有許多地物及牆面可做為校正標布設之處。需注意的事項為該地區因靠近海邊，該處風速較強，未來執行校正作業時，需注意當日風力及風向，避免意外發生。



圖 3-1 港研中心位置示意圖



圖 3-2 港研中心 GNSS 接收情形



圖 3-3 場勘光達測繪車校正活動範圍示意圖





圖 3-4 港研中心現場拍攝照片

## 第二節 校正場設計規劃

### 一、 校正場配置規劃

經場勘評估，規劃校正場配置如圖 3-5 所示，選擇 3 棟建物之牆面與前方道路空地布設校正標，其分布特性可模擬光達測繪車掃描地面、建物之實際外業環境。該處屬封閉場域，布設於地面之校正標不易受到破壞，布設於牆上之校正標則依照港研中心需求設計為可拆式安裝。校正標之安裝位置示意圖如圖 3-7、3-8 與 3-9 所示（安裝後實景圖），牆上校正標 12 個（P01~P12）與地面校正標 8 個（G01~G08），合計為 20 個校正標。



圖 3-5 校正場規劃配置

於校正場設置 4 個固定控制點(以下簡稱固定點),其中 1 點(A 點)規劃於區內大樓樓頂,為 GNSS 靜態基站,其餘 3 個固定控制點(BCD 點)設置於校正場平面道路上,以可互相通視並觀測到所有校正標為設置原則(如圖 3-5 所示),其中 D 點為 B 點與 C 點的備用點位,在其中 1 點滅失的情況仍可進行校正活動。由於 BCD 固定點設置於區內道路上,為達美觀、耐用、行車安全與施工便利性,採用都市計畫樁鋼標形式(如圖 3-6 所示),中間鋼釘直徑 1.5 公分、鋼製墊片直徑 4.5 公分,釘樁深度於水泥地以 5.1 公分、柏油路面以 7.1 公分為準。



圖 3-6 都市計畫樁鋼標示意圖

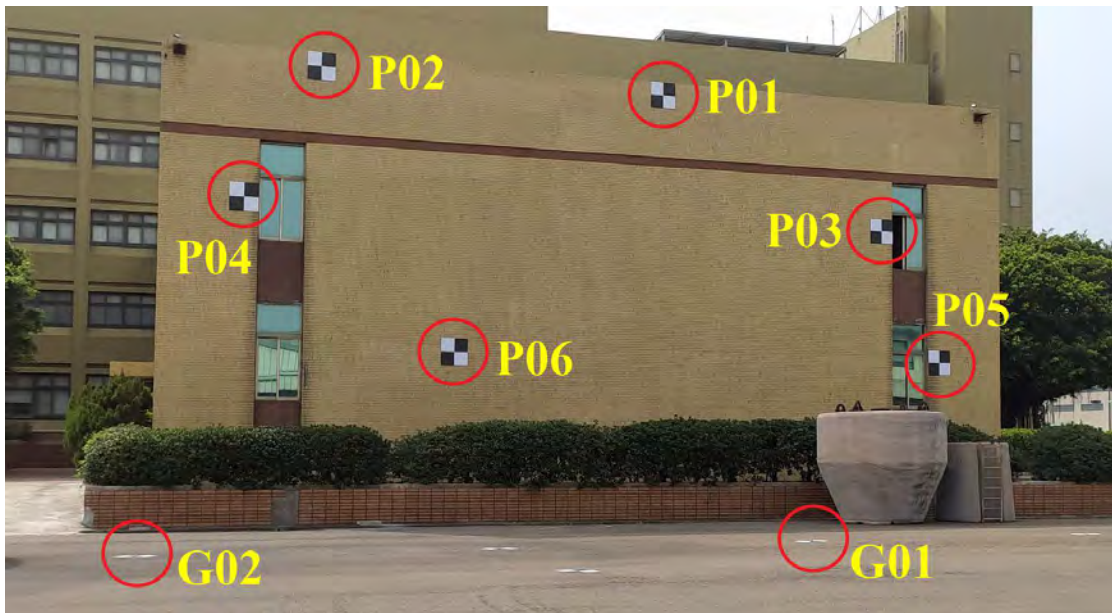


圖 3-7 校正標安裝位置示意圖-1



圖 3-8 校正標安裝位置示意圖-2



圖 3-9 校正標安裝位置示意圖-3

## 二、 掃描路徑設計

模擬實際外業環境，考量 LMS 於實際測繪應用最常使用約 10 公尺以內的水平掃描距離，於場地規劃光達測繪車掃描路徑如圖 3-10 所示，紅色虛線為模擬車道中心線，為地面校正標之連線，約略為光達系統之中心，此設計有助於增加行駛 LMS 時之方向正確性，校正範圍距離約可達 9 公尺~27 公尺。考慮到轉彎對於軌跡精確性與光達掃描密度的影響，規劃完整的行駛路線如圖 3-11 所示（以下稱路線 1），依序由路段 1 至 20，此設計可使得 LMS 於主要掃描路段（2,7,9,13,15,20）為直行的狀態，並確保在每條掃描路段至少往返 1 次之原則。

於 109 年 6 月 9 日至港研中心說明校正標布設規劃與掃描路線規劃後，參考港研中心長官之建議，避免將 LMS 行駛到港研中心

大門圓環影響人員出入安全，另外規劃一條路線如圖 3-12（以下稱路線 2），後續校正實作時將測試 2 種路徑，藉由實際操作可行性與光達掃描成果分析來提供國土測繪中心與港研中心決策之依據。



圖 3-10 光達測繪車掃描路徑規劃示意圖



圖 3-11 光達測繪車於掃描路徑行駛順序示意圖 (路線 1)



圖 3-12 光達測繪車於掃描路徑行駛順序示意圖（路線 2）

### 三、 現有國內光達測繪車設備於本校正場辦理校正之適用性分析

不同廠牌光達測繪車的校正作業於場地與校正標的適用性可以從車輛尺寸對路線的適用性與光達儀器規格對校正標尺寸與掃描距離的適用性兩個方面來說明，目前國內現有光達測繪車設備規格比較如表 3-1。

表 3-1 國內光達測繪車設備規格比較

| 機關/廠商     | 型號   | 定位定向系統<br>精度(公尺) | 相機  | 光達                          |              |
|-----------|--|------------------|-----|-----------------------------|--------------|
|           |  |                  |     | 感測器                         | 掃描距離<br>(公尺) |
|           | 參考文獻   |                  |     |                             |              |
| 內政部國土測繪中心 | 自主開發   | 0.05             | 7 部 | Pentax S-2100<br>(Z+F 9012) | 119          |
|           | <a href="http://www.nlsc.gov.tw/">http://www.nlsc.gov.tw/</a><br><a href="http://www.geomatics.ncku.edu.tw/">http://www.geomatics.ncku.edu.tw/</a> |                  |     |                             |              |
| 台灣國際航電    | 自主開發   | --               | 8 部 | 未公開                         | --           |

|              |   |      |                         |                          |     |
|--------------|---|------|-------------------------|--------------------------|-----|
| 股份有限公司       | <a href="http://www.garmin.com.tw/">http://www.garmin.com.tw/</a>         |      |                         |                          |     |
| 詮華國土測繪有限公司   | RIEGL   | 0.05 | 4 部<br>1 部全景相機 Ladybug  | VMX-250                  | 500 |
|              | <a href="http://www.chuanhwa.com.tw/">http://www.chuanhwa.com.tw/</a>     |      |                         |                          |     |
| 勤崑國際科技股份有限公司 | 自主開發  | 0.05 | 8 部                     | Velodyne                 | 70  |
|              | <a href="http://www.kingwaytek.com/">http://www.kingwaytek.com/</a>       |      |                         |                          |     |
| 自強工程顧問有限公司   | RIEGL   | 0.05 | 1 部全景相機 Ladybug         | VUX1-LR                  | 500 |
|              | <a href="http://www.strongco.url.tw/">http://www.strongco.url.tw/</a>     |      |                         |                          |     |
| 北宸科技股份有限公司   | RIGEL   | 0.05 | 全景相機 Ladybug 5          | VMQ-1HA                  | 420 |
|              | <a href="http://www.polstargps.com/tw/">http://www.polstargps.com/tw/</a> |      |                         |                          |     |
| 中興測量有限公司     | OPTECH  | 0.05 | 4 部                     | Lynx M1                  | 200 |
|              | <a href="http://www.chsurvey.com.tw/">http://www.chsurvey.com.tw/</a>     |      |                         |                          |     |
| 經緯航太科技股份有限公司 | 自主開發  | 0.02 | 10 部<br>1 部全景相機 Ladybug | Pentax S-2100 (Z+F 9012) | 119 |
|              | <a href="http://www.geosat.com.tw/">http://www.geosat.com.tw/</a>         |      |                         |                          |     |

在路線的適用性方面，現有光達測繪車的載具皆為長度 5 公尺內的普通汽車或休旅車，場地開闢無高度限制，因此在校正場地的路線上無特別的適用困難，惟路線 2 於路段 3 至 6 與路段 8 至 9 的迴轉路徑較窄（參閱圖 3-12），休旅車型的光達測繪車須特別注意。

在校正標的適用性方面，國土測繪中心與本公司均採用 Pentax S-2100 (Z+F 9012) 型號光達感測器，掃描距離達 119 公尺，同時考量其他光達測繪車的光達感測器掃描距離，均遠超過本案目前規劃校正場之最長掃描距離約 27 公尺，本公司的光達測繪車經實際進行校正標樣本掃描測試，已驗證於 30 公尺掃描距離下可成功辨識校正標中心，各光達感測器的掃描頻率雖有不同，可以透過車速快慢控制，以控制掃描點雲密度，因此可以評估本校正場在路線設計與校正標設計上應可滿足現有國內光達測繪車的校正適用性。

### 第三節 校正標設計

#### 一、校正標樣式、尺寸與材質評估

校正標參考 108 年率定作業的率定標設計樣式，可區分為設置於牆上與地面兩種形式，依據港研中心建物管理之要求，設置於牆上的校正標須採可拆式設計，地面的校正標則可採用油漆方式設置。



為確認可拆式校正標材質、表面、尺寸，試做校正標樣本如圖 3-13 與表 3-2 所示。



圖 3-13 校正標樣本

表 3-2 校正標樣本尺寸、材質資訊

| 編號  | 品牌 / 製作方式    | 長寬尺寸<br>(公分) | 材質 | 表面材質 | 備註                |
|-----|--------------|--------------|----|------|-------------------|
| A、B | SOUTH SURVEY | 12 x 12      | 塑膠 | 塑膠霧面 | 光達專用標，可旋轉、傾斜、磁吸式設 |

|     |                 |         |                |                               | 計                         |
|-----|-----------------|---------|----------------|-------------------------------|---------------------------|
| C、G | SOUTH SURVEY    | 35 x 35 | 塑膠<br>0.1 公分厚  | PVC 霧面                        | 材質偏軟(無法直立)，為無人機空拍用標，雙面設計  |
| D   | 壓克力板公司裁切後手工黏貼膠帶 | 40 x 40 | 壓克力<br>0.2 公分厚 | 白色部分為不透明壓克力原色(些微反光)，黑色部分為絕緣膠帶 | 材質輕，不易變形                  |
| E   | 壓克力板公司裁切後手工黏貼膠帶 | 60 x 60 | 壓克力<br>0.2 公分厚 | 白色部分為不透明壓克力原色(些微反光)，黑色部分為絕緣膠帶 | 材質輕，不易變形                  |
| F   | 印刷廠輸出           | 60 x 60 | 中空板<br>0.6 公分厚 | PVC 霧面                        | 反射表面為印刷廠整張輸出、貼附，材質極輕、堅固耐摔 |

為確認可拆式校正標材質、表面、尺寸對於不同掃描距離的使用效益，本公司以自有之光達測繪車進行掃描測試，光達設備與國土測繪中心同款式，設計測試掃描距離分別為 10 公尺、15 公尺與 30 公尺，車速固定約 10 公里/小時，掃描成果如圖 3-14、3-15 與 3-16 所示。測試日期為 5 月 15 日，天氣晴朗，於 10 公尺與 15 公尺的掃描距離下，所有校正標樣本皆可清楚的於點雲上辨識校正標中心位置；於 30 公尺的掃描距離下，表面材質為 PVC 霧面材質的反射強度較佳（尤其是白色部分），編號 G（尺寸 35 公分 x 35 公分）的校正標樣本仍可辨識校正標中心，為考慮到點雲量測時對準校正標中心的操作難易度，田字型的黑白標設計（如編號 DEF）較十字形設計（如編號 CG）為佳，表 3-3 為各校正標樣本之光達反射強度值。

於測試過程中不斷重複拆裝（超過 20 次），各校正標樣本無變

形與破損情況，另外於掃描測試結束後不慎推倒梯子，意外摔落於柏油路面的情況，編號 E 的壓克力材質校正標樣本出現破裂現象，編號 A 與 B 的表面塑膠材質受損，其餘校正標無明顯損傷。

綜上，建議使用中空板材質並貼附 PVC 霧面膜的方式製作校正標，優點為品質穩定（印刷廠輸出印製）、質量輕且堅固耐用，並具有良好的反射效果，尺寸則維持 60 公分 x 60 公分的設計以確保其他廠牌光達測繪車的適用性與量測便利性。

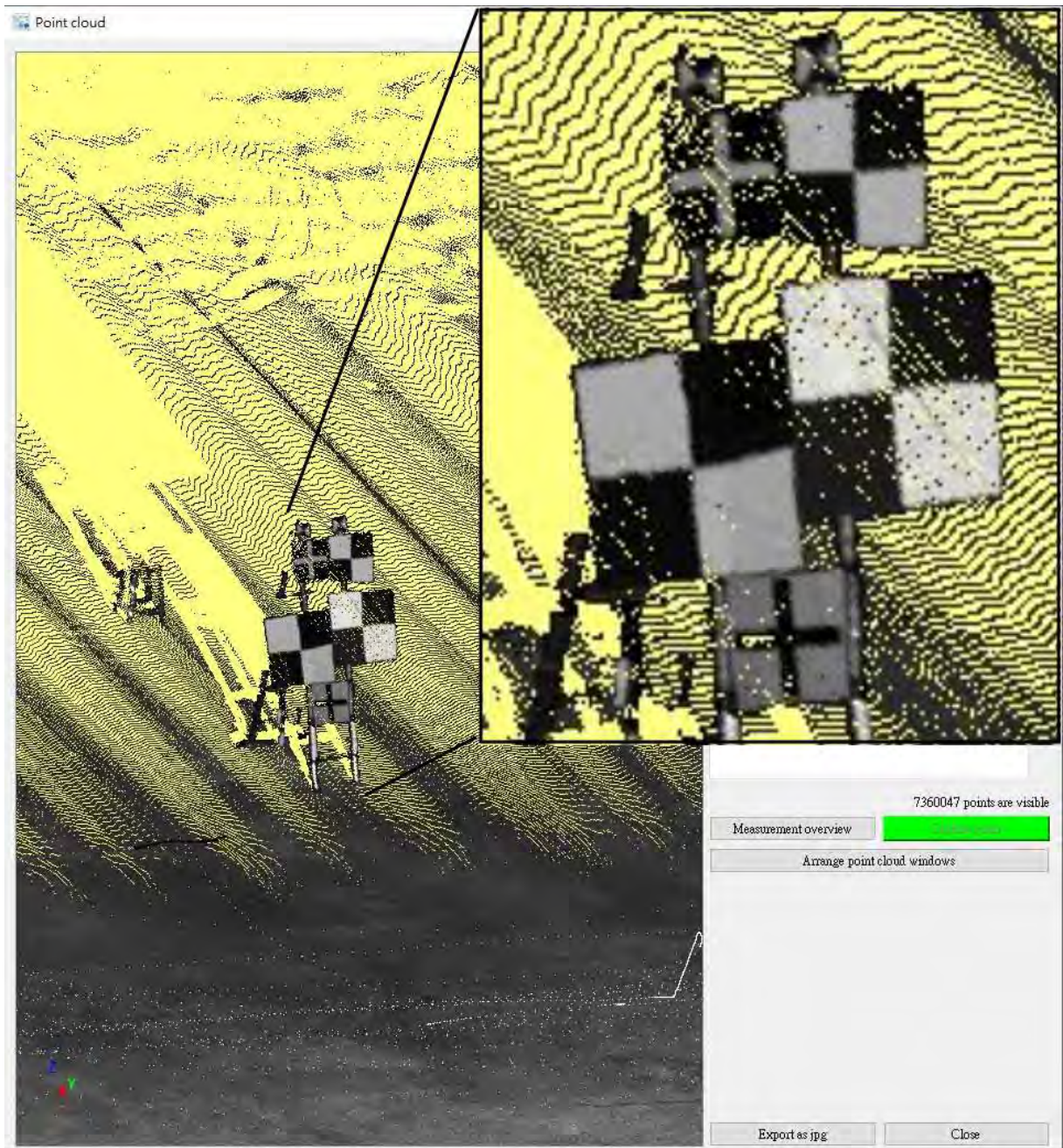


圖 3-14 校正標樣本掃描成果（10 公尺）

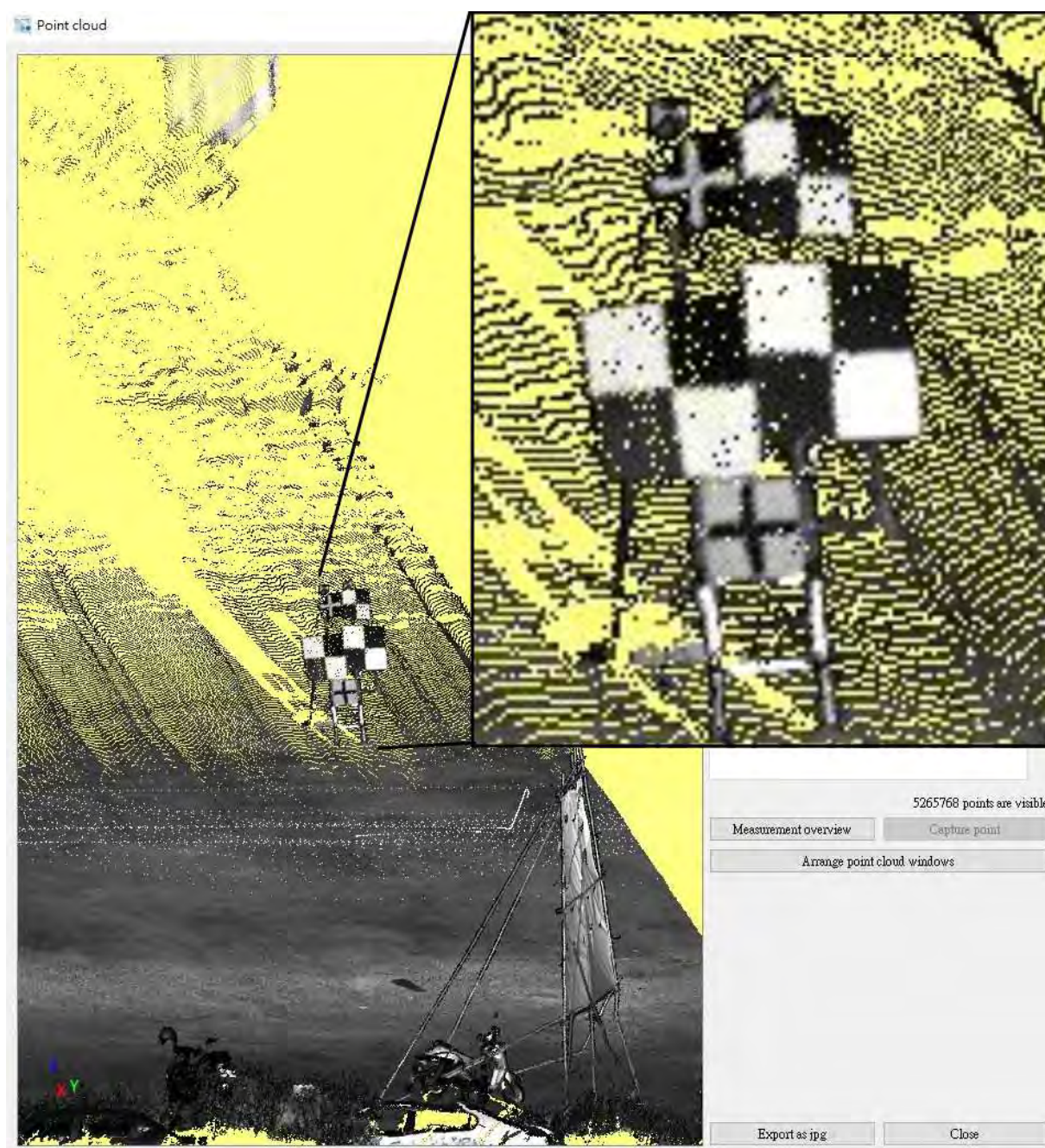


圖 3-15 校正標樣本掃描成果（15 公尺）

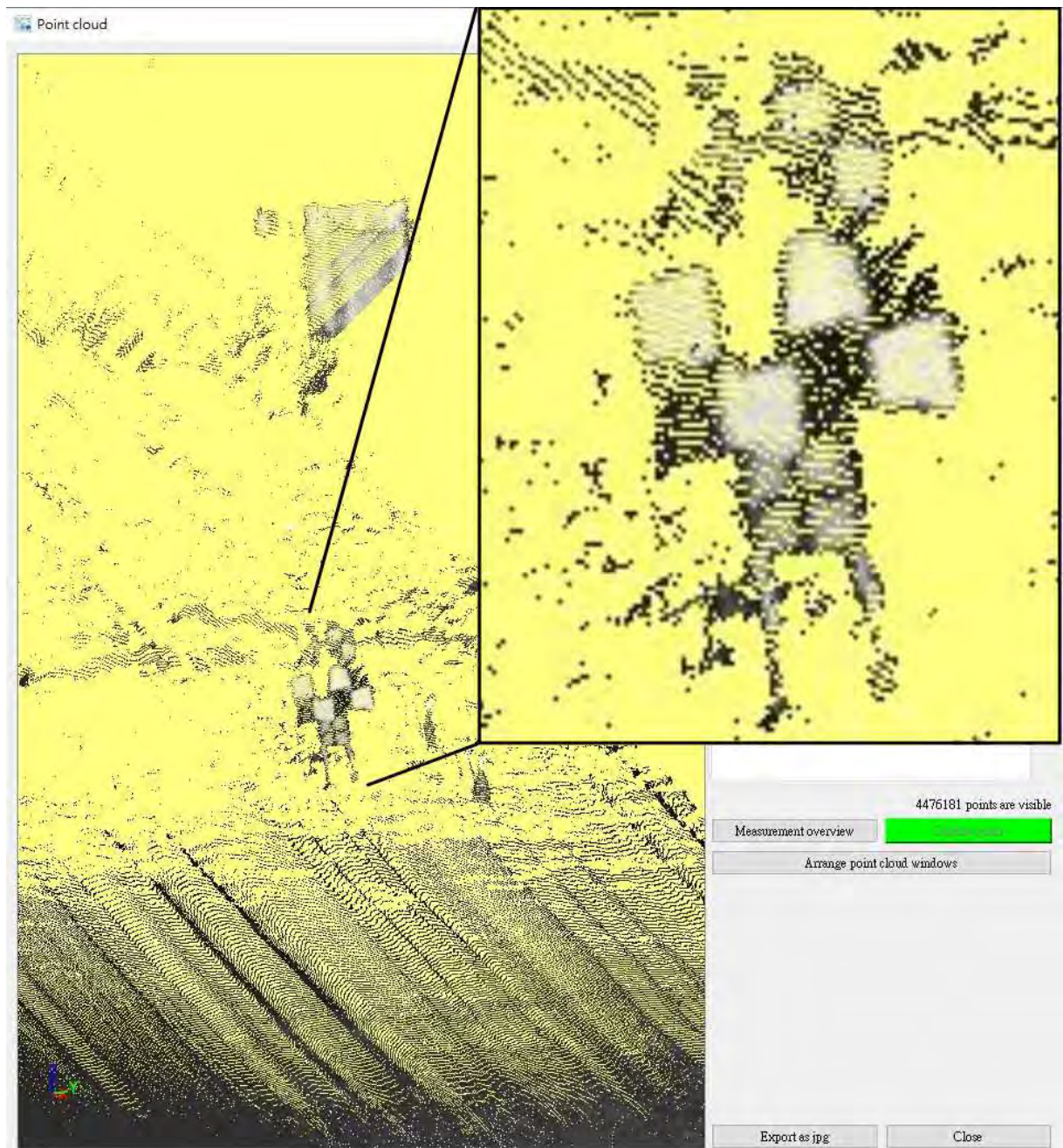


圖 3-16 校正標樣本掃描成果 (30 公尺)

表 3-3 校正標樣本光達反射強度值

| 編號  | 水平距離 10m |    | 水平距離 15m |    | 水平距離 30m |      |
|-----|----------|----|----------|----|----------|------|
|     | 黑色       | 白色 | 黑色       | 白色 | 黑色       | 白色   |
| A、B | 5        | 45 | 7        | 39 | 無法量測     | 無法量測 |
| C、G | 5        | 48 | 5        | 48 | 10       | 48   |
| D   | 6        | 59 | 7        | 59 | 10       | 60   |
| E   | 5        | 58 | 7        | 60 | 12       | 60   |
| F   | 10       | 70 | 8        | 67 | 8        | 67   |

※光達反射強度值的值域為 0 至 255

有關設置於地面的校正標，依照過去使用光達測繪車的實際經驗，使用防滑路面漆即可得到良好的反射效果，有關尺寸的測試，本公司同樣採用自有光達測繪車進行測試，於 5 月 19 日進行測試，掃描成果如圖 3-15 所示，當天天候為斷斷續續的下雨，地面有些微積水，掃描品質較差，但從點雲成果仍可辨識距離約 12 公尺外的 10 公分地面標線，因此設計地面校正標尺寸為 40 公分 x 40 公分，白色部分與黑色部分寬度為 20 公分，評估可適用於 24 公尺掃描距離之辨識。

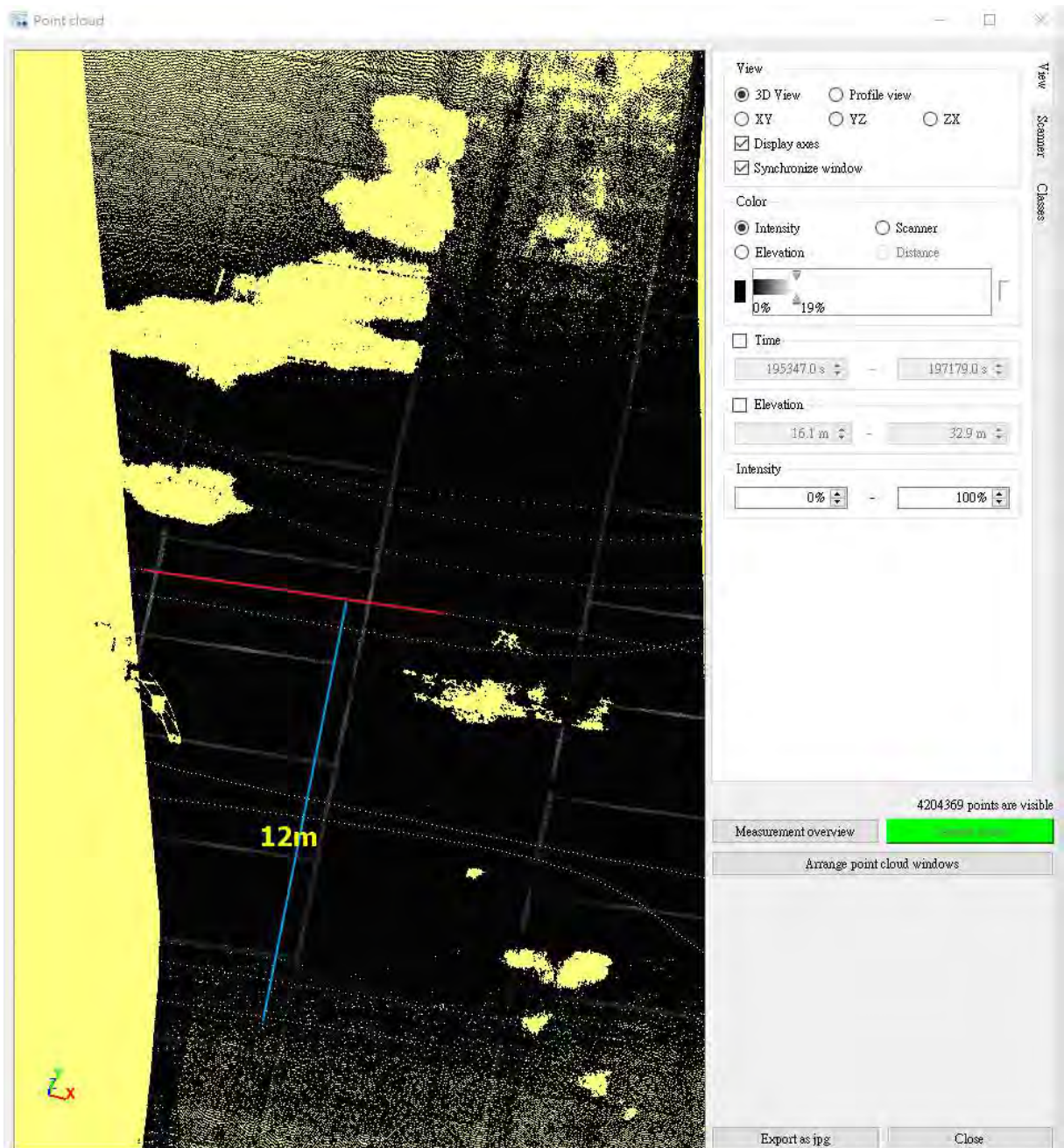


圖 3-17 地面標線掃描成果

依據 5 月份會議紀錄決議，國土測繪中心建議本團隊增加以全測站免稜鏡測距功能量測校正標之測試，並參考新竹市「地籍測量結合光達（LiDAR）技術」研究成果，進行反射稜鏡作為光達校正標之可行性分析。

#### 1. 全測站免稜鏡測距功能量測校正標測試

於 109 年 6 月 12 日進行測試，測試方式如下。

- 測距標的（如圖 3-18）
  - A. 校正標：15x15 公分，標面為 PVC 霧面膜
  - B. 反射貼紙：6x6 公分，貼附於校正標反面
  - C. 反射稜鏡：小稜鏡，手持對準校正標中心
- 測試距離與角度為依據目前校正場內可能的地面控制點與校正標最遠距離與觀測最小角度所設計，非依實際規劃位置而定。（如圖 3-19、3-20）
- 全測站儀分別以免稜鏡模式、反射貼紙模式、稜鏡模式對校正標、反射貼紙與小稜鏡測距，在不同距離、角度之兩測回平距讀數如表 3-4 所示。

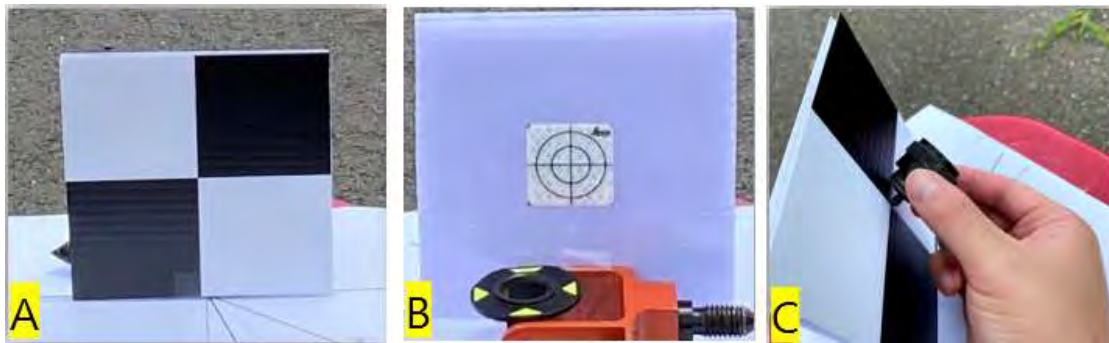


圖 3-18 全測站儀免稜鏡測距測試－測試標的

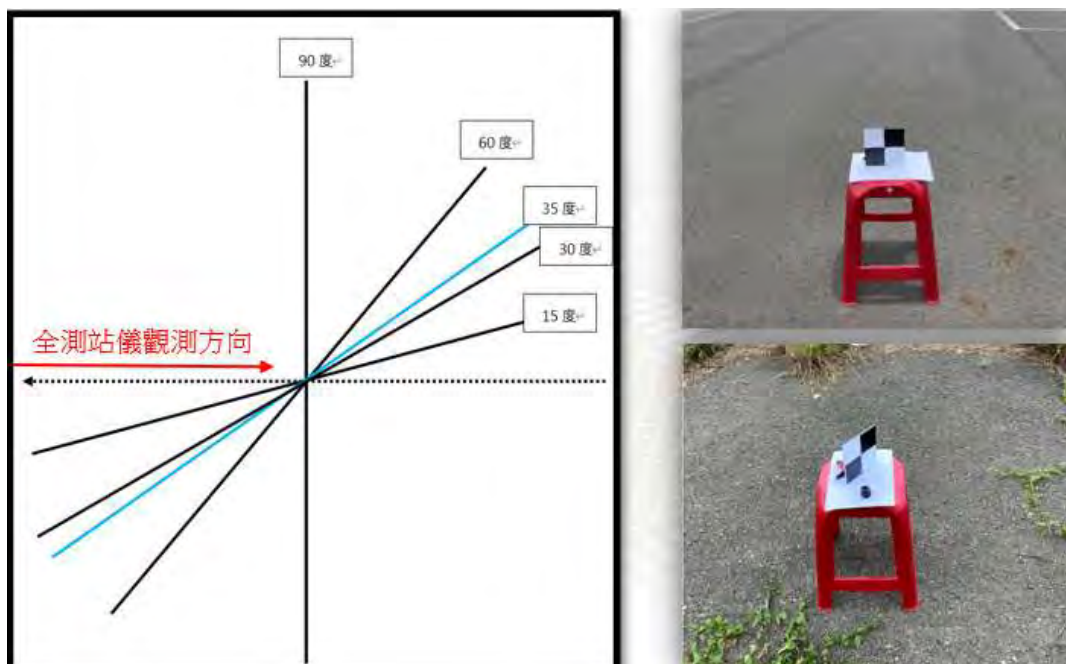


圖 3-19 全測站儀免稜鏡測距測試－觀測方向標面夾角設定示意圖





圖 3-20 全測站儀免稜鏡測距測試—校正標角度與距離設定依據

表 3-4 全測站儀免稜鏡測距測試—測試數據

| 校正標<br>約略距離 | 角度<br>(標面與觀<br>測方向夾<br>角) | 測距(m)  |        |        |
|-------------|---------------------------|--------|--------|--------|
|             |                           | 免稜鏡    | 反射貼紙   | 稜鏡     |
| 60m         | 90                        | 60.076 | 60.075 | 60.074 |
|             |                           | 60.076 | 60.076 | 60.074 |
| 60m         | 15                        | 60.074 | 60.083 | 無法觀測   |
|             |                           | 60.075 | 60.083 | 無法觀測   |
| 60m         | 30                        | 60.072 | 60.080 | 無法觀測   |
|             |                           | 60.074 | 60.082 | 無法觀測   |
| 89m         | 90                        | 89.433 | 89.434 | 89.434 |
|             |                           | 89.435 | 89.435 | 89.434 |
| 89m         | 60                        | 89.440 | 89.439 | 89.433 |
|             |                           | 89.441 | 89.440 | 89.434 |

免稜鏡測距測試結果分析：

- 校正標尚無基座設計可強制對心，手動於白紙上對齊、對心會有數 mm 的誤差。測試重點為透過同一標的在同一距離、角度的兩測回觀測值是否一致來判斷校正場地固定點與校正標的相對距離、角度限制。

- PVC 霧面膜材質（校正標），於免稜鏡測距模式效果良好，在 90 度夾角的狀況下與反射貼紙、稜鏡的測距結果一致。
- 反射貼紙在角度較小時，全測站儀測距時不易對準貼紙中心。研判在極小觀測角度（15 度）時校正標與反射貼紙的測距結果差距為對準中心誤差所造成。
- 稜鏡設計上有入射角度限制，外殼也有對心的角度限制，最小觀測角度約為 35 度。
- 採用 PVC 霧面膜設計的校正標，可滿足所規劃校正場以全測站儀免稜鏡測距之需求。

## 2. 反射稜鏡作為光達校正標之可行性分析

商借取得新竹市應用於「地籍測量結合光達( LiDAR )技術」研究成果的反射稜鏡進行測試。(如圖 3-21)

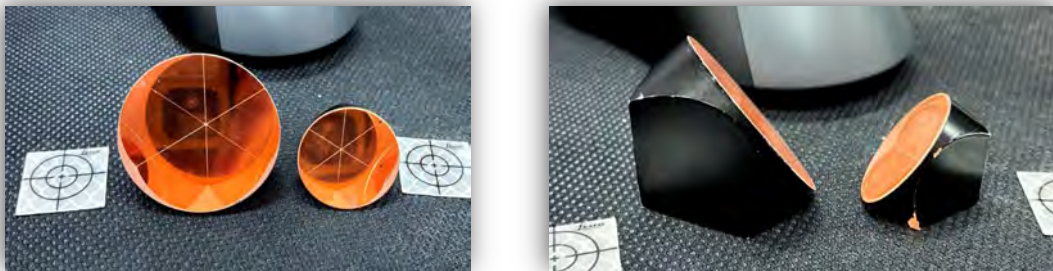


圖 3-21 反射稜鏡樣本

其本質為拆掉外殼的小稜鏡，所以無法對準校正標中心進行測距比較。缺乏外殼限制入射角度，測試角度約小於 40 度之後會造成測距讀數不穩定（兩測回測距讀數差量約 3 至 5 公分）。

於 109 年 6 月 16 日進行 LMS 光達掃描測試，測試方式如下。

- 測試標的：
  - A. 新增貼附反射貼紙的校正標
  - B. 反射稜鏡
  - C. PVC 材質的校正標
  - D. 光達專用標

- 以經緯航太自有 LMS 進行光達掃描測試，掃描距離為 15 公尺，光達反射強度值如表 3-5 所示，掃描點雲如圖 3-23 所示。

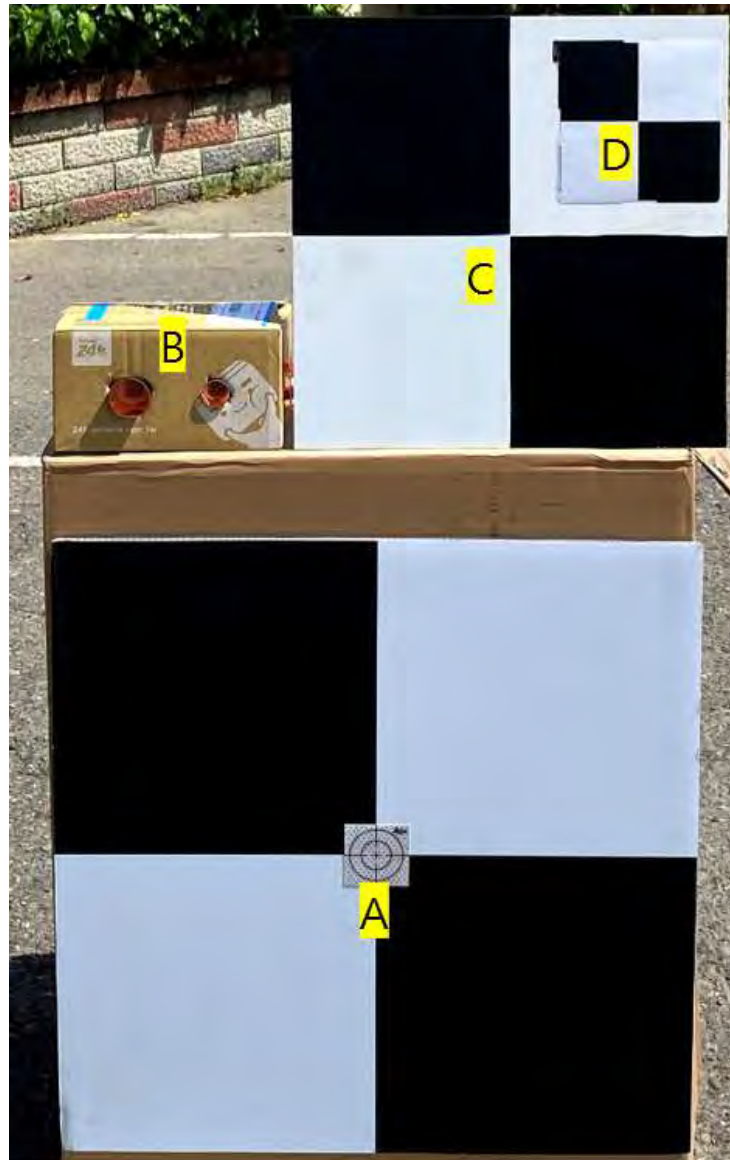


圖 3-22 反射稜鏡作為光達校正標測試—測試標的

表 3-5 反射稜鏡等校正標樣本光達反射強度值

| 編號 | 黑色  | 白色  | 反射物體中心 |
|----|-----|-----|--------|
| A  | 8   | 110 | 無點雲    |
| B  | n/a | n/a | 無點雲    |
| C  | 14  | 102 | n/a    |
| D  | 14  | 150 | n/a    |

※光達反射強度值的值域為 0 至 255

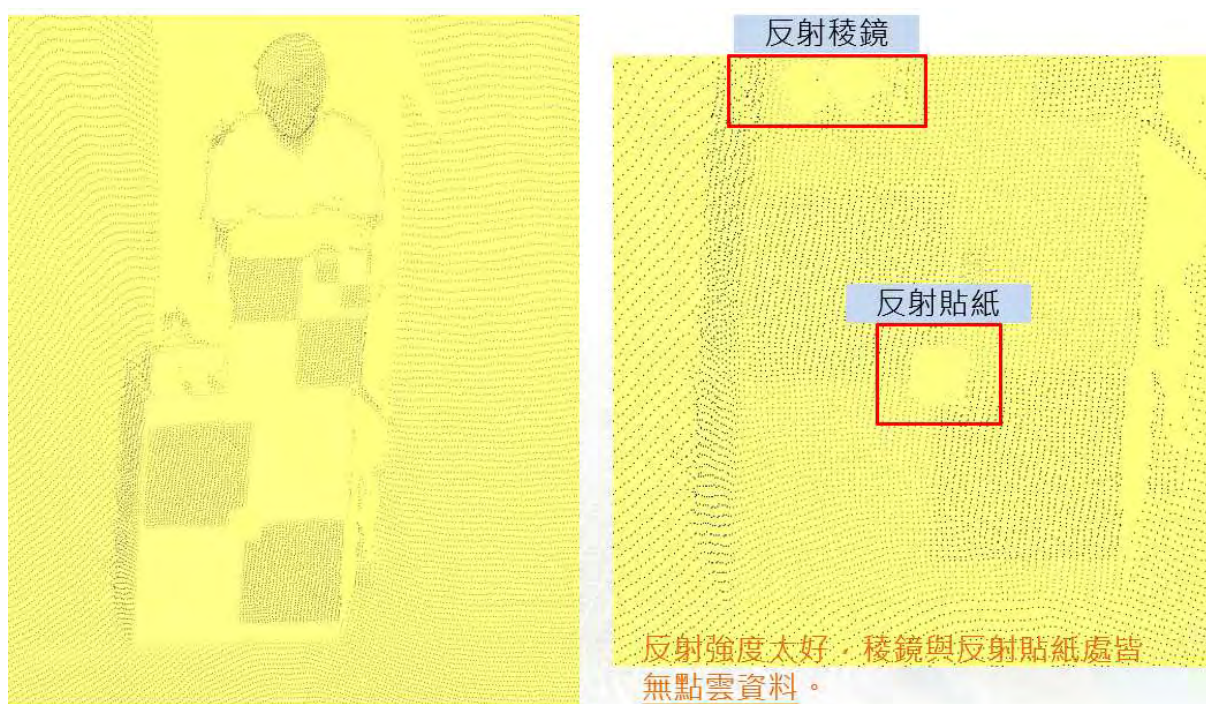


圖 3-23 反射稜鏡作為光達校正標測試一掃描點雲成果

#### 測試結果分析：

- 反射強度太好，稜鏡與反射貼紙處皆無點雲資料，不易於校正活動時量測校正標中心坐標。
- 若安裝於校正標上，因中心位置不確定，不易使校正標與稜鏡中心保持在同一平面上。
- 上述問題會造成全測站儀測量與光達測量的成果不一致。
- 本團隊不建議採用反射稜鏡與反射貼紙作為光達校正標設計材質。

## 二、 校正標設計規格

校正標可區分為設置於牆上與地面兩種形式，詳細設計規格如下：

### 1. 牆上校正標

- ◆ 數量：於校正場安裝 12 個牆上校正標。
- ◆ 校正標材質：白色中空板（PC 樹脂加工而成），厚度為

0.6 公分，材質特色為質輕、耐高溫、耐衝擊。

- ◆ 校正標尺寸：60 x 60 公分（8 個），於校正場東側建物（風洞實驗第 1 棟）因場地限制調整為 40 x 40 公分（4 個）。
- ◆ 校正標樣式：標形樣式為方形，平均分為四等分以黑白顏色相間原則，採整張 PVC 霧面貼膜，PVC 霧面膜具有防水、防刮傷、抗紫外光等特性，60 公分與 40 公分的校正標其每塊白色及黑色部分尺寸分別為 30 x 30 公分與 20 x 20 公分，如圖 3-24 所示。

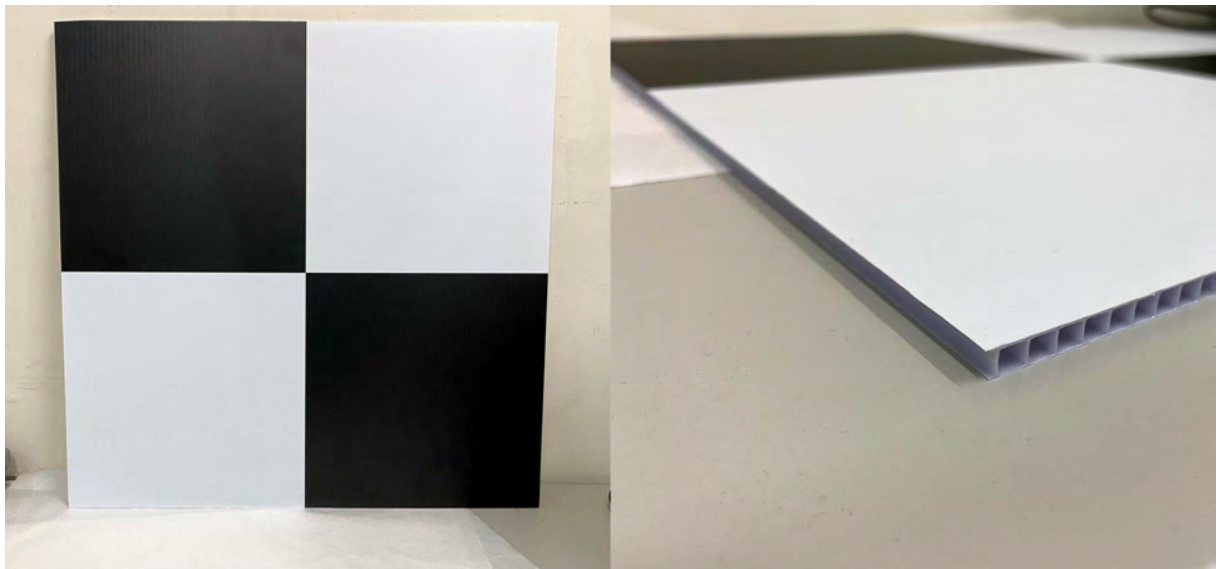


圖 3-24 牆上校正標示意圖（60 x 60 公分）

- ◆ 安裝方式設計為磁吸式，於校正標背面四角落黏貼強力磁鐵，牆上相對應位置亦以高承重矽利康貼附強力磁鐵，如圖 3-25 所示。同時為確保磁鐵安裝位置之精準度，會製作一個木製框架，外框與校正標大小相同，對準後，磁鐵只要切齊內框四個角落即可安裝於正確位置，於牆面設置磁鐵時以同樣方式施工以確保磁鐵相對位置的正確性（如圖 3-26）。



圖 3-25 牆上校正標安裝示意圖

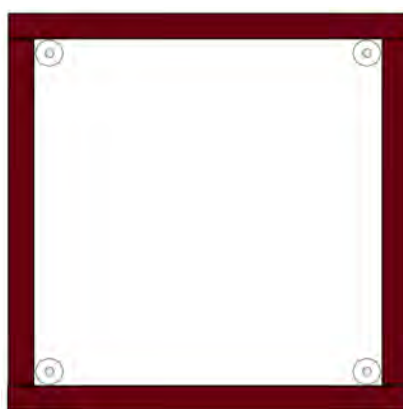


圖 3-26 校正標安裝磁鐵之輔助工具示意圖

- ◆ 強力磁鐵規格：
  - ◆ 校正標背面黏貼強力磁鐵，規格為直徑 20mm 厚 3mm 內孔 5mm。
  - ◆ 牆上安裝強力磁鐵，規格為直徑 25mm 厚 5mm 內孔 5mm。
  - ◆ 透過牆面與校正標上的磁鐵以磁力吸附，即使表面髒污亦可正常運作，且強力磁鐵表面經電鍍處理以達防鏽目的，可保持其耐用性。

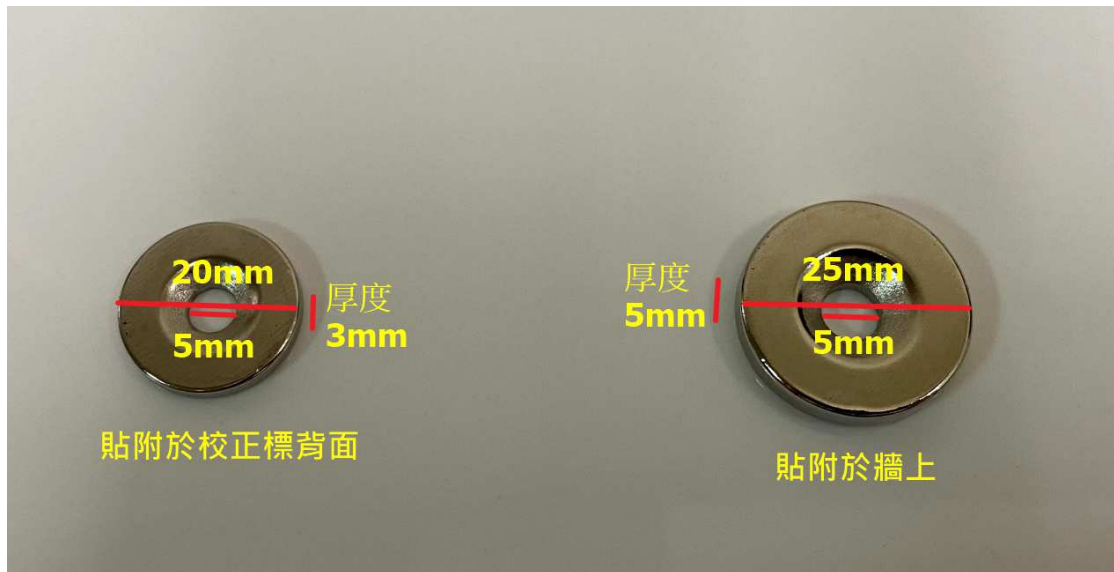


圖 3-27 強力磁鐵規格

- ◆ 防風設計：校正標安裝後與牆壁間隙約為 8mm，於校正標背面會均勻黏貼 8mm 厚的泡棉，以降低強風灌入間隙並確保校正標面的平整性，同時於校正標邊緣保留 0.5 公分的空隙以兼顧拆裝之便利性。60 公分與 40 公分的校正標防風設計規格如圖 3-28 所示。

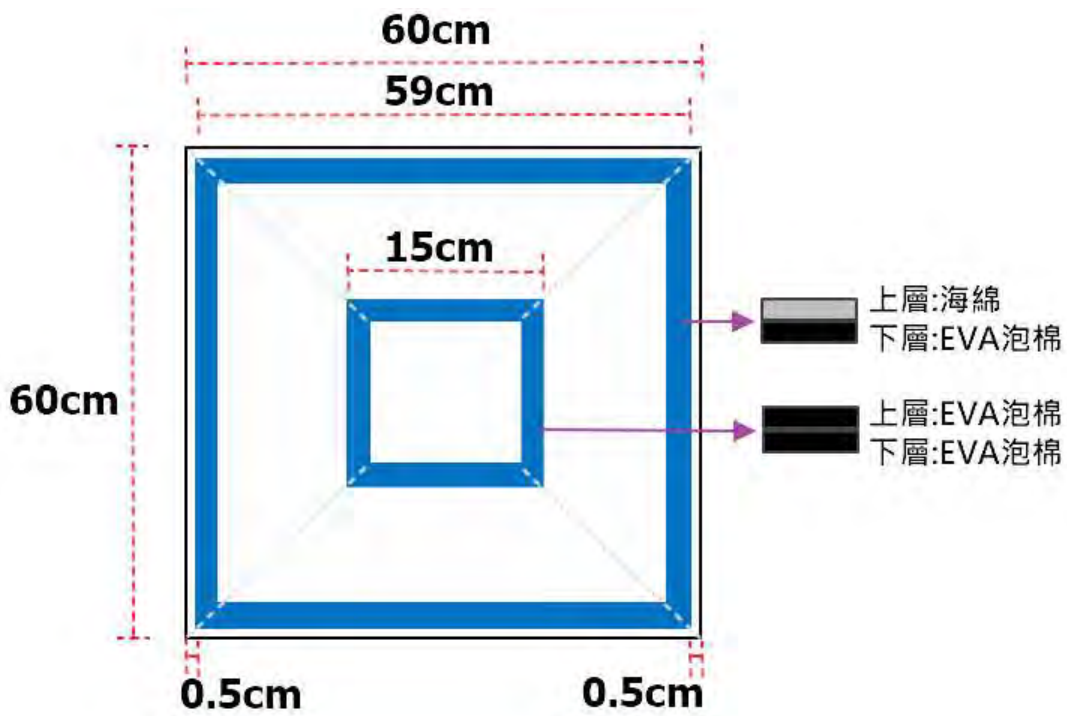


圖 3-28 校正標防風設計（60 X 60 公分）

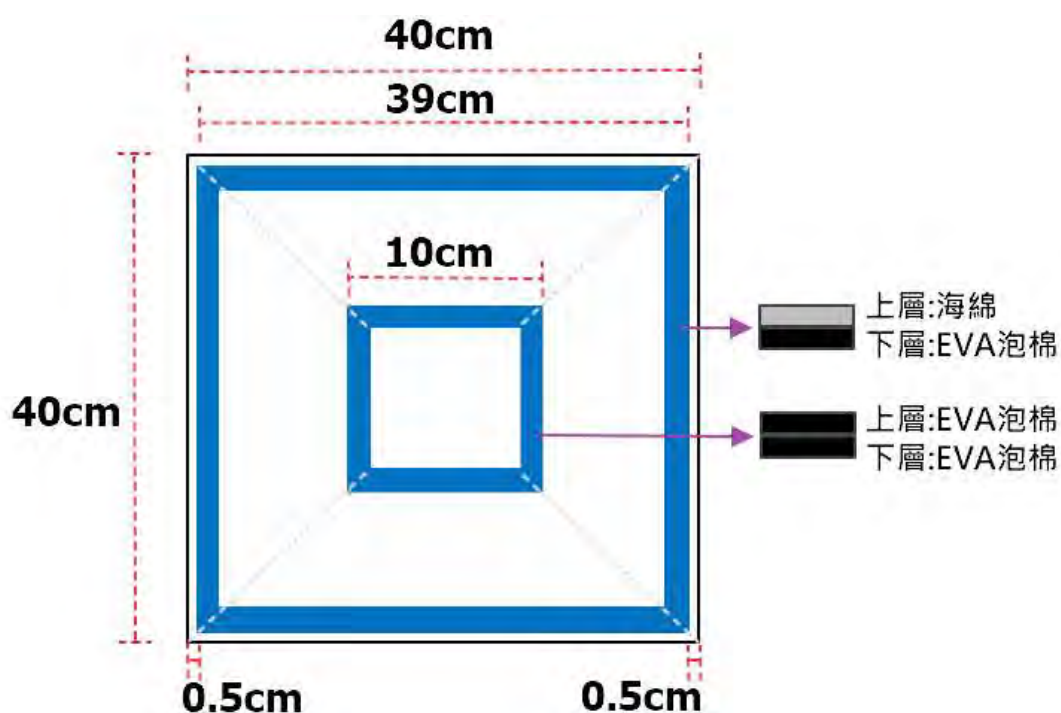


圖 3-29 校正標防風設計 (40 X 40 公分)

## 2. 地面校正標

- ◆ 數量：8 個。
- ◆ 校正標材質：防滑路面漆。



圖 3-30 防滑路面漆 (黑色與白色)

- ◆ 校正標尺寸：40 x 40 公分。
- ◆ 校正標樣式：外形樣式為方形，平均分為四等分以黑白



顏色相間原則，黑色與白色皆為防滑路面漆，每塊白色及黑色部分尺寸為 20 x 20 公分，如圖 3-31 所示。



圖 3-31 地面校正標示意圖

- ◆ 校正標中心埋設鋼釘，採用都市計畫樁鋼標形式，中間鋼釘直徑 1.5 公分、鋼製墊片直徑 4.5 公分，釘長至少 5 公分。

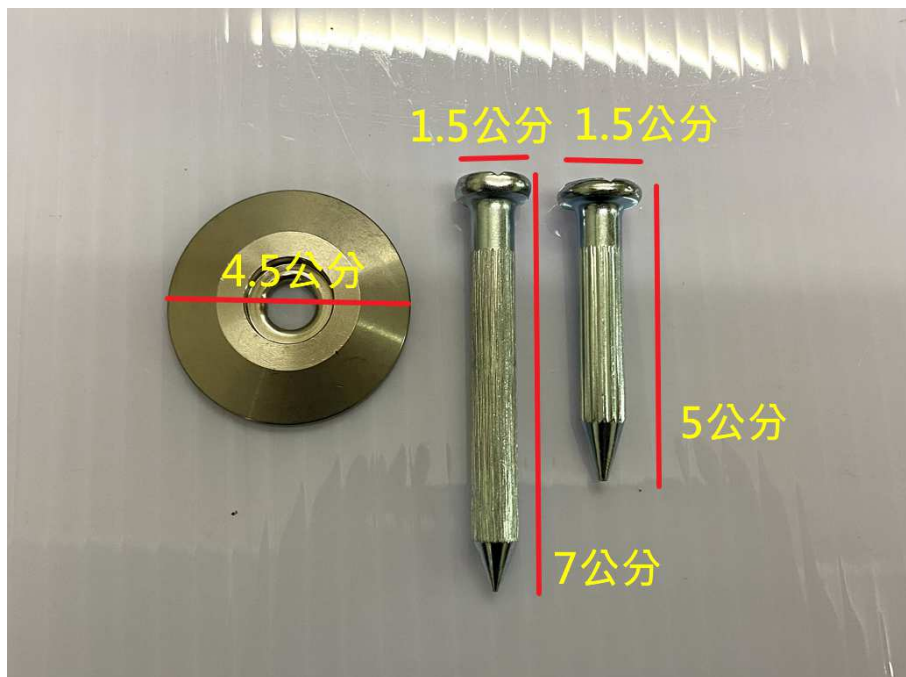


圖 3-32 地面校正標中心鋼標規格(校正標使用 5 公分/固定點使用 7 公分鋼釘)

#### 第四節 校正標製作

##### 1. 牆上校正標製作

(1) 數量：於校正場需安裝 12 個牆上校正標，並另外製作 12 個校正標做為備用，共計 24 個，其中 60 x 60 公分為 16 個，40 x 40 公分為 8 個。

(2) 製作方式：

- i. 印刷廠輸出 PVC 霧面膜材質的黑白校正標面貼附於 6mm 厚度的中空板。

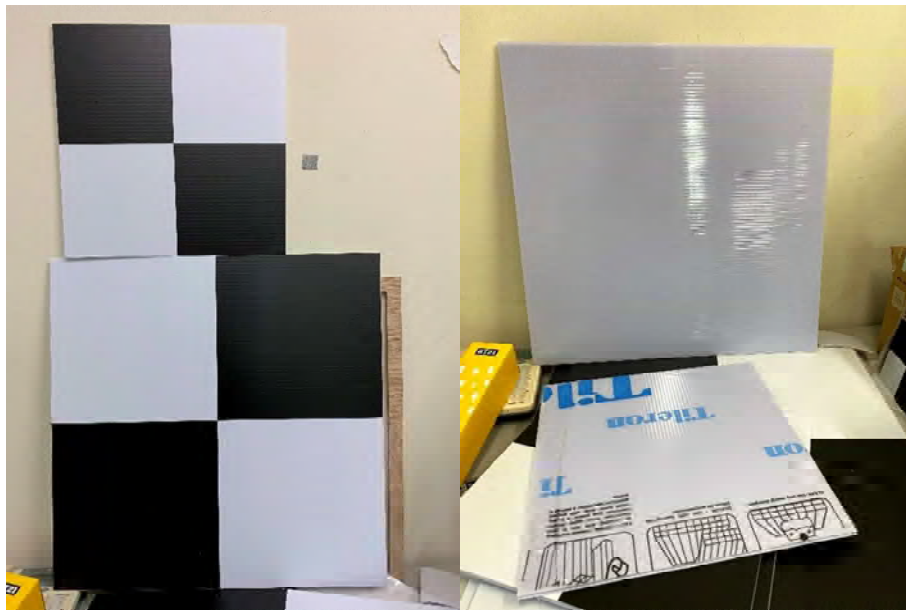


圖 3-33 印刷廠輸出之牆上校正標版材

- ii. 於校正標背面四角落以強力膠水黏貼強力磁鐵，強力膠水使用 3M Scotch Grip 4475，具有高黏著強度並耐水、耐油、耐氣候之特性，如圖 3-34 所示。

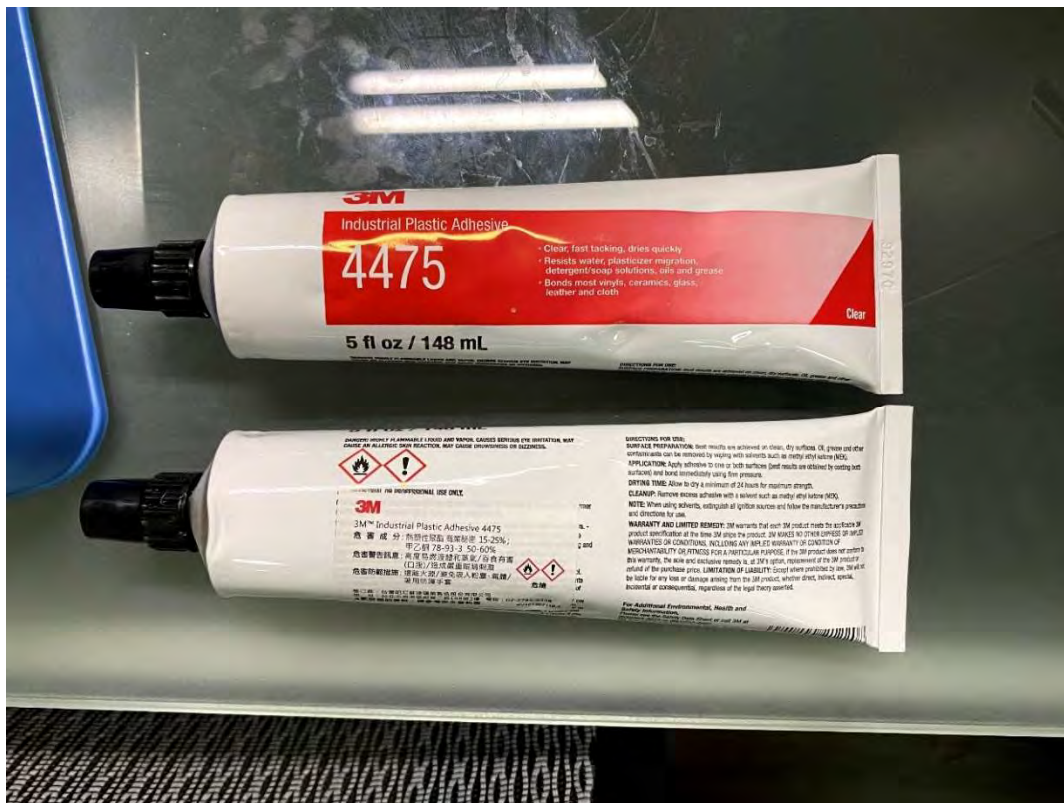


圖 3-34 校正板背面貼附磁鐵之強力膠水（3M Scotch Grip 4475）

- iii. 為確保磁鐵黏貼位置之精準度，黏貼磁鐵時需使用特製木頭框架，外框與校正標大小相同，對準後，磁鐵只要切齊內框四個角落即可安裝於正確位置，於牆面設置磁鐵時以同樣方式施工以確保磁鐵相對位置的正確性，木框規格如圖 3-35 與圖 3-36 所示，以 CNC 方式製作，以確保尺寸之精準。

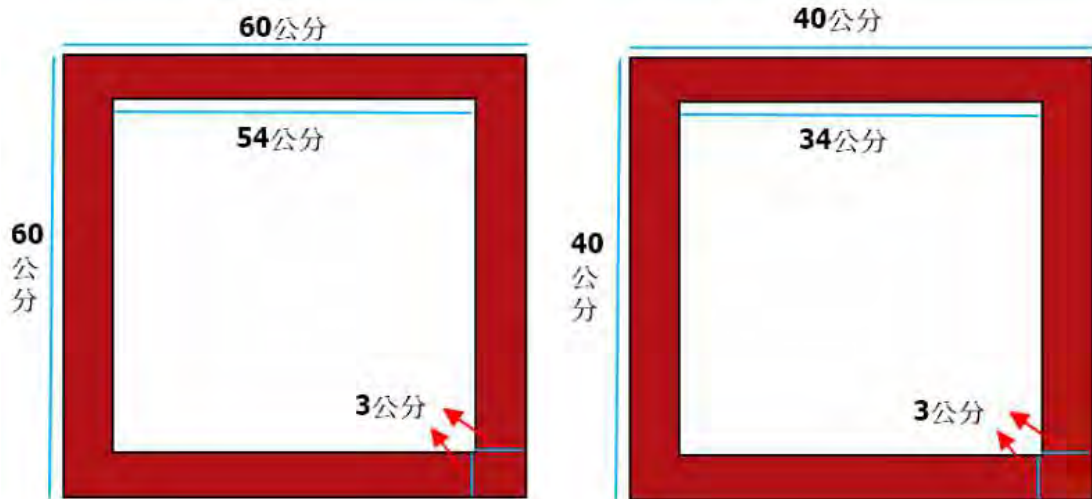


圖 3-35 校正標背面貼附磁鐵輔助木框規格

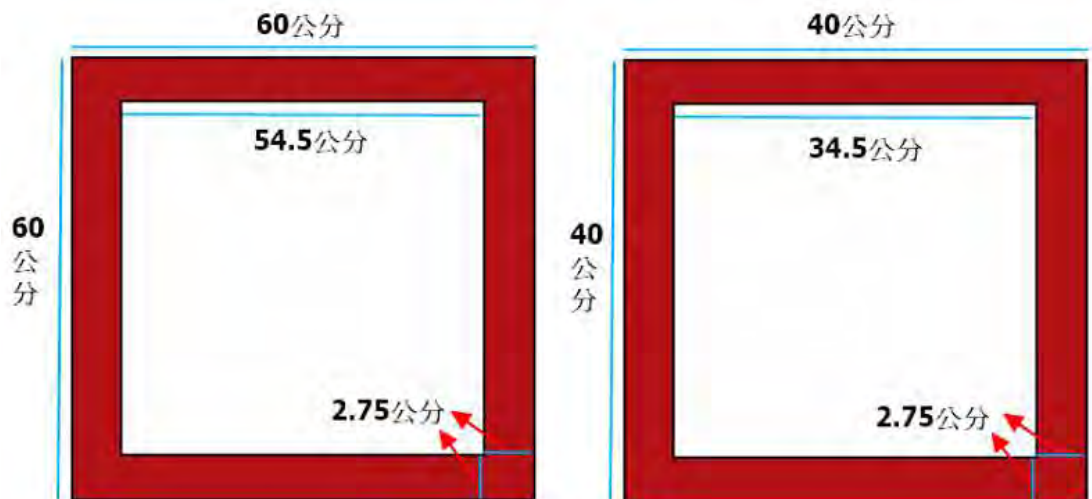


圖 3-36 牆上貼附磁鐵輔助木框規格



圖 3-37 貼附磁鐵輔助木框（採 CNC 裁切）



圖 3-38 貼附磁鐵輔助木框—細部檢視 2.5mm 之尺寸差異

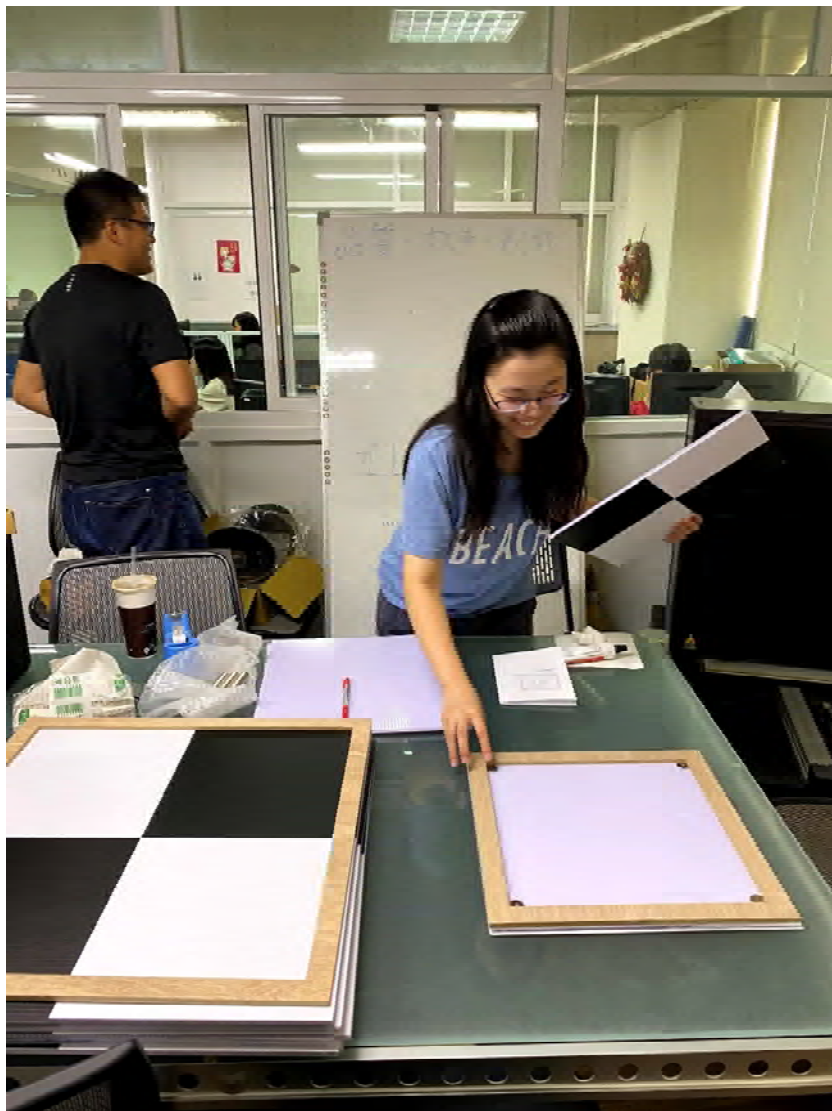


圖 3-39 校正標背面貼附磁鐵輔助木框—使用過程

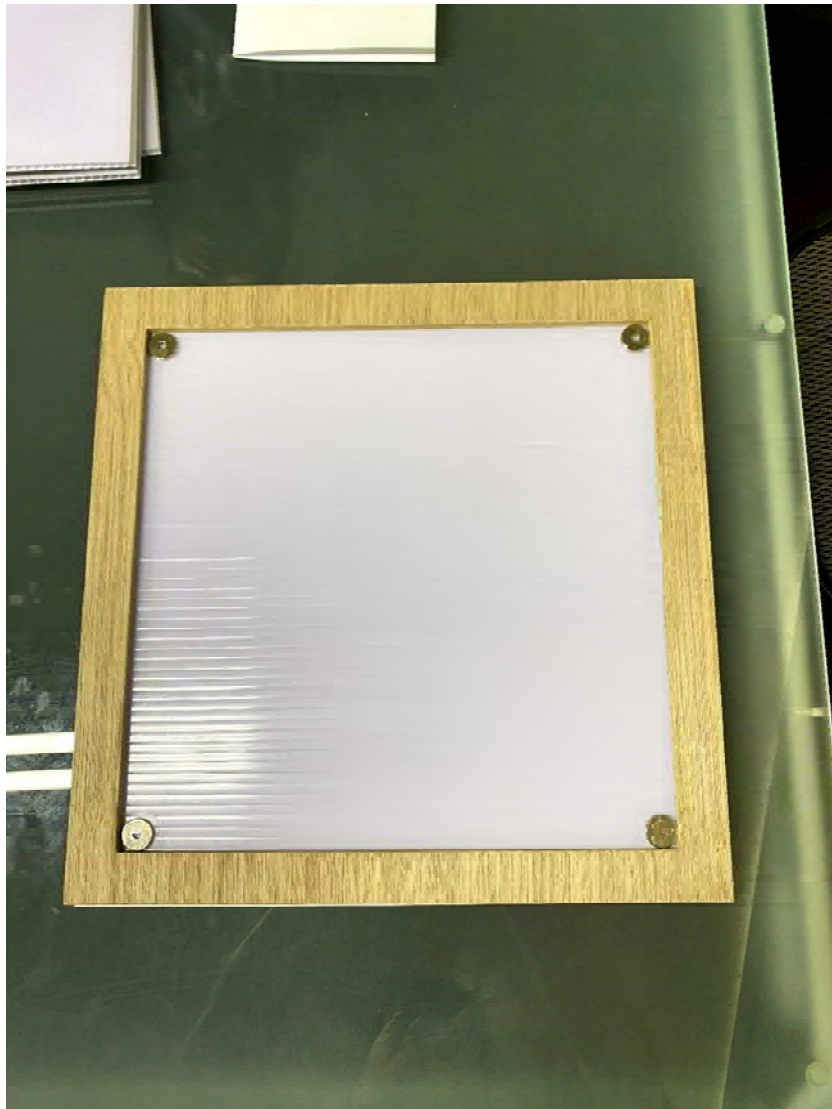


圖 3-40 校正標背面貼附磁鐵輔助木框－貼附完成

- iv. 磁鐵黏貼後以重物施壓並放置超過 24 小時，再進行抗風性設計之雙層泡棉條貼附作業，抗風性設計泡棉貼附規格請參閱圖 3-28 與 3-29。



圖 3-41 校正標背面貼附磁鐵後以重物施壓並放置 24 小時

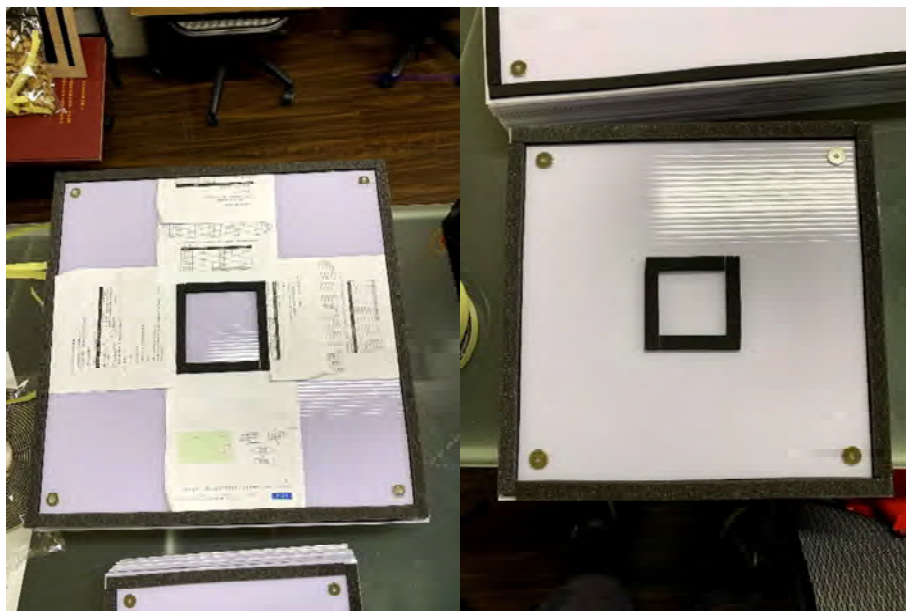


圖 3-42 抗風性設計泡棉貼附



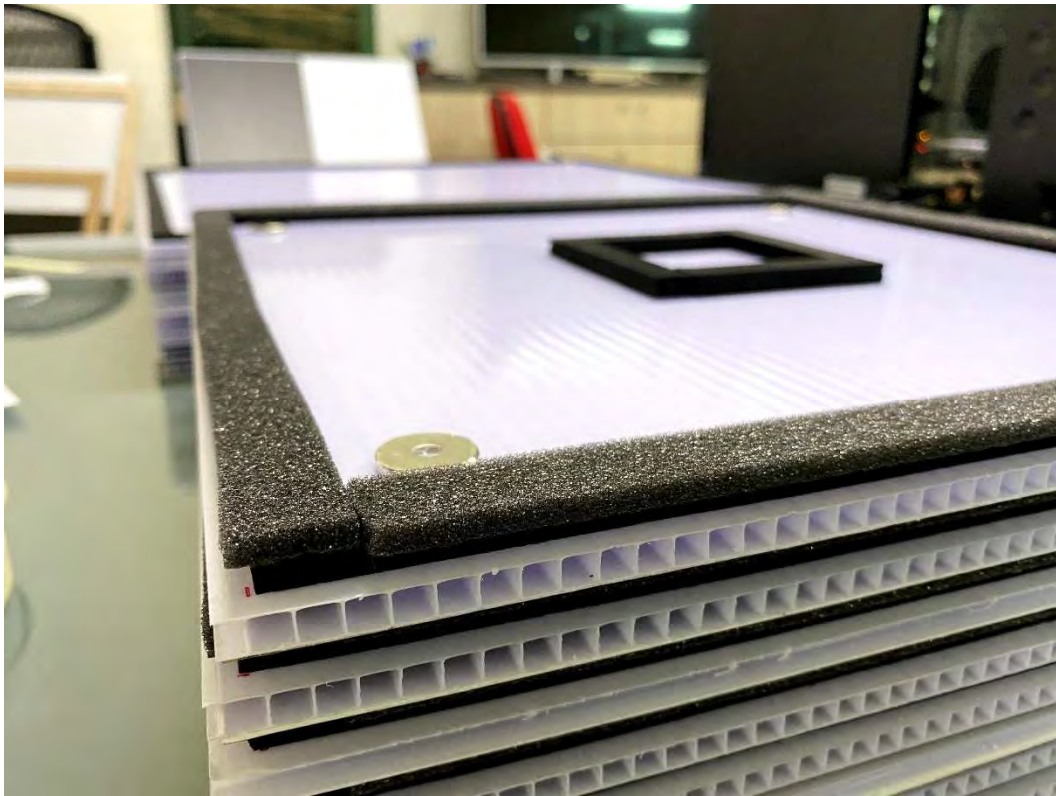


圖 3-43 抗風性設計泡棉貼附—細部檢視

## 第五節 校正標布設及測量

校正場建置作業於 109 年 7 月 30、31 日與 8 月 6 日執行完畢，詳細工作日誌請參閱附錄九，建置施工過程依照契約規定由國土測繪中心配合施工項目及期程派員至港研中心實地監督了解各項作業之執行，並做成監工紀錄，請參閱附錄十。

### 一、 建置施工過程

1. 作業時間：109 年 7 月 30、31 日與 8 月 6 日。
2. 地點：交通部運輸研究所港灣技術研究中心
3. 參與單位：

主辦機關：內政部國土測繪中心

場地管理機關：交通部運輸研究所港灣技術研究中心

施工單位：經緯航太科技股份有限公司

#### 4. 人員：

- 經緯航太科技：陳均昇、吳品融
- 國土測繪中心：鍾文彥（監工）

#### 5. 作業項目：

##### A. 建置牆上校正標

校正標採磁吸式安裝設計，需於牆上相對應位置以高承重矽利康黏貼有孔之強力磁鐵，為確保磁鐵黏貼位置之精準度，黏貼磁鐵時需使用特製木頭框架，磁鐵只要切齊內框四個角落即可安裝於正確位置，木框規格如圖 3-36 所示，以 CNC 方式製作，以確保尺寸之精準。

於磁鐵背面均勻塗抹高承重矽利康，藉由特製木框精準黏貼於牆面上，按壓 20 秒後即可完成初始固定，靜置 48 小時可完全固化，高承重矽利康具有初始黏著力強(免假固定)、耐候性(防水+抗紫外線)，完全固化後耐重力可達每平方公分 43 公斤，如圖 3-44 所示。



圖 3-44 牆面貼附磁鐵採用高承重矽利康

為遵守高空作業規範，依據設置牆面的位置與高度，可區分為以下幾種施工方式。

##### (1) 站立於地面施工

校正標設置高度可直接站立於地面施工（如圖 3-45），包含校正標編號 P09 與 P10。

## (2) 使用折疊安全梯施工

校正標設置高度略高於成年人伸手可及的高度，使用折疊梯輔助施工（如圖 3-46），包含校正標編號 P05、P06、P11 與 P12。

## (3) 窗戶外施工

校正標位於窗戶旁，開窗空間足夠將手伸出施工，無需使用吊車，為確保施工人員安全，人員需使用高空作業護具（如圖 3-47），包含校正標編號 P03 與 P04。

## (4) 女兒牆外施工

校正標位於建築物屋頂女兒牆外側，人員需使用高空作業護具以確保施工安全（如圖 3-48），包含校正標編號 P01、P02、P07 與 P08。



圖 3-45 站立於地面貼附牆面磁鐵



圖 3-46 使用摺疊安全梯貼附牆面磁鐵



圖 3-47 使用高空作業護具於窗戶外貼附牆面磁鐵



圖 3-48 使用高空作業護具於女兒牆外貼附牆面磁鐵

牆上校正標磁鐵施工建置完成成果如圖 3-49、3-50 與 3-51 所示，細部近照如圖 3-52 所示，依照黏著劑建議使用方式，需靜置 48 小時完全固化，待完全固化後測試安裝校正標如圖 3-53、3-54 與 3-55 所示，當天安裝後放置超過 8 小時，無掉落現象發生，安裝效果十分穩固，磁吸式安裝與拆卸過程也相當容易，完成可拆式牆上校正標設計與建置。



圖 3-49 牆面磁鐵施工建置完成（南側建物）



圖 3-50 牆面磁鐵施工建置完成（東側建物）



圖 3-51 牆面磁鐵施工建置完成（北側建物）



圖 3-52 牆面磁鐵施工建置完成—細部檢視

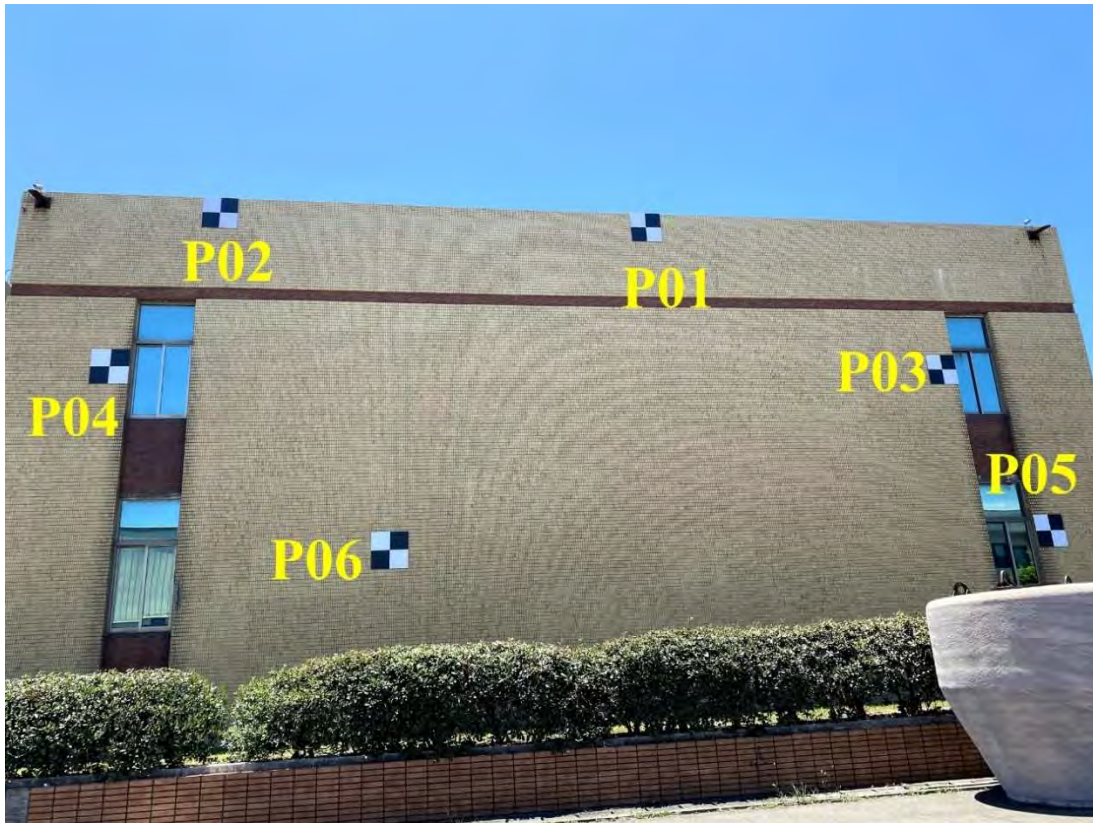


圖 3-53 牆面校正標安裝完成（南側建物）



圖 3-54 牆面校正標安裝完成（東側建物）





圖 3-55 牆面校正標安裝完成（北側建物）

#### B. 建置地面校正標與率定標

計 8 個地面校正標與 12 個地面率定標（2 個與校正標共用），實際需埋設 18 個鋼標，並以油漆圖繪 18 個 40 x 40 公分大小的地面標。（率定標非本案工作項目，為本團隊無償協助建置）

先依照規劃資料，以捲尺簡易測量、放樣，並確認路面是否有不平整的路面、既有孔蓋等不利施工因素，確認或微調位置後以粉筆於路面作記號，所有預定施工位置確認後，以捲尺再次確定相對距離，以適當之鑽頭尺寸鑽孔、填入 AB 膠以埋設直徑 1.5cm、長度 5cm 之鋼釘，並輔以直徑 4.5cm 的金屬墊片。待 AB 膠凝固後，清潔地面，以黑色與白色防滑路面漆於路面設置校正標，黑色與白色區域皆為 20 x 20 公分大小，為求校正標之美觀與精準，採用 40 x 20cm 的模板輔助，先仔細描繪外框參考線，再以黑白油漆分別圖繪校正標。（如圖 3-56、3-57）



圖 3-56 建置位置確認



圖 3-57 地面標施工過程（鑽孔、AB 膠、埋鋼標、清潔、繪製）

施工建置完成之地面校正標如圖 3-58 所示，紅色圓圈表校正標，黃色圓圈表率定標（有 2 個與校正標共用）。

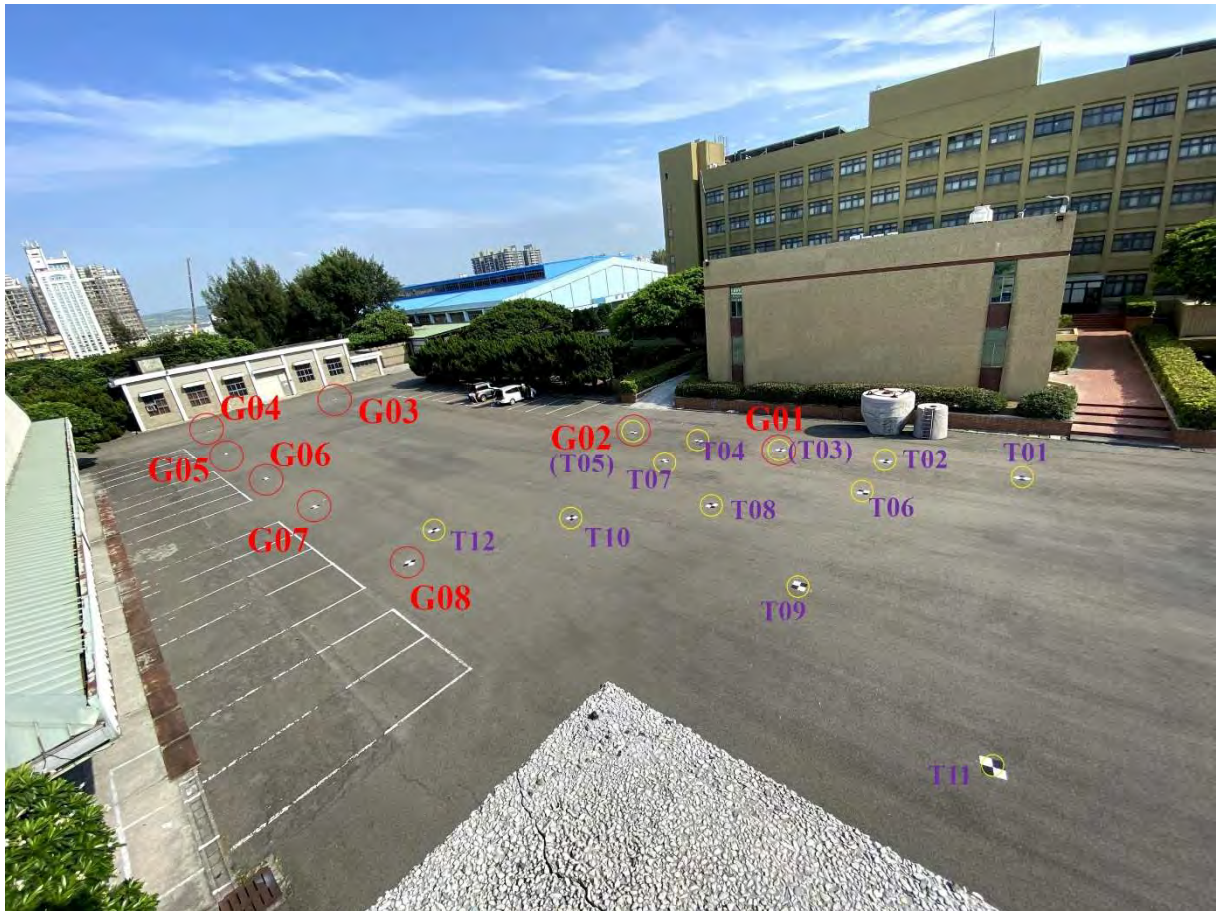


圖 3-58 地面校正標施工建置完成（含率定標）



圖 3-59 地面校正標施工建置完成－尺寸確認

### C. 建置固定點鋼標與基座

固定點可分為地面控制點與 GNSS 靜態基站兩類。

#### (1) 地面控制點

先於規劃地點確認與現場校正標之通視狀況後選定固定點位置，

進行鑽孔、填入 AB 膠以埋設直徑 1.5cm、長度 7cm 之鋼釘，並輔以直徑 4.5cm 的金屬墊片，施工建置完成如圖 3-60、3-61 與 3-62 所示。



圖 3-60 固定點鋼標—地面控制點 B



圖 3-61 固定點鋼標—地面控制點 C



圖 3-62 固定點鋼標—地面控制點 D

## (2) GNSS 靜態基站

- 鋁管全長約 1.2 公尺，管壁厚度達 0.5 公分，表面經陽極處理，為兼具美觀與耐用性的 6061 鋁合金管材。(圖 3-63、3-64)
- 建置時，露出女兒牆的長度至少達 40 公分，依照上述規格擺放於女兒牆邊，擺放時須以水平儀確認上方柱面水平，於鋁管的螺絲固定處標記於女兒牆上。
- 使用電鑽於女兒牆上鑽孔。
- 清潔鑽孔後，敲入不鏽鋼材質的內牙式膨脹螺絲。
- 將鋁管擺放於正確位置並鎖上螺絲，完工後須再次以水平儀確認上方柱面水平並拍照紀錄，施工完成如圖 3-65、3-66 所示。

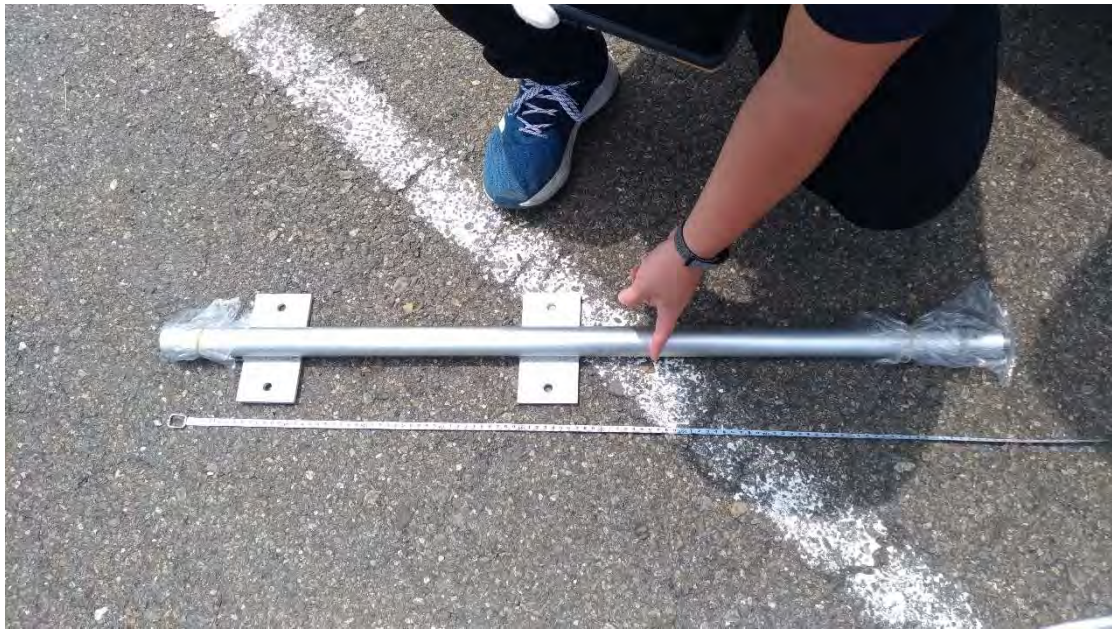


圖 3-63 GNSS 靜態基站鋁管長度



圖 3-64 GNSS 靜態基站鋁管管壁厚度



圖 3-65 GNSS 靜態基站施工建置完成



圖 3-66 GNSS 靜態基站施工建置完成—水平儀確認

## 二、 校正標位置測量

校正場建置施工完成後，為快速取得校正標與固定點之坐標以確認安裝位置之相對關係，並進行後續相關測試，先以 e-GNSS 即時動態定位方式取得固定點 A~D 之坐標（如圖 3-67），再於地面固定點 B 架設全測站儀，後視 C 點，量測校正標坐標（如圖 3-68），位置測量成果展示如圖 3-69。



圖 3-67 校正標位置測量—eGNSS 即時動態定位測量固定點坐標



圖 3-68 校正標位置測量—全測站儀測量校正標坐標



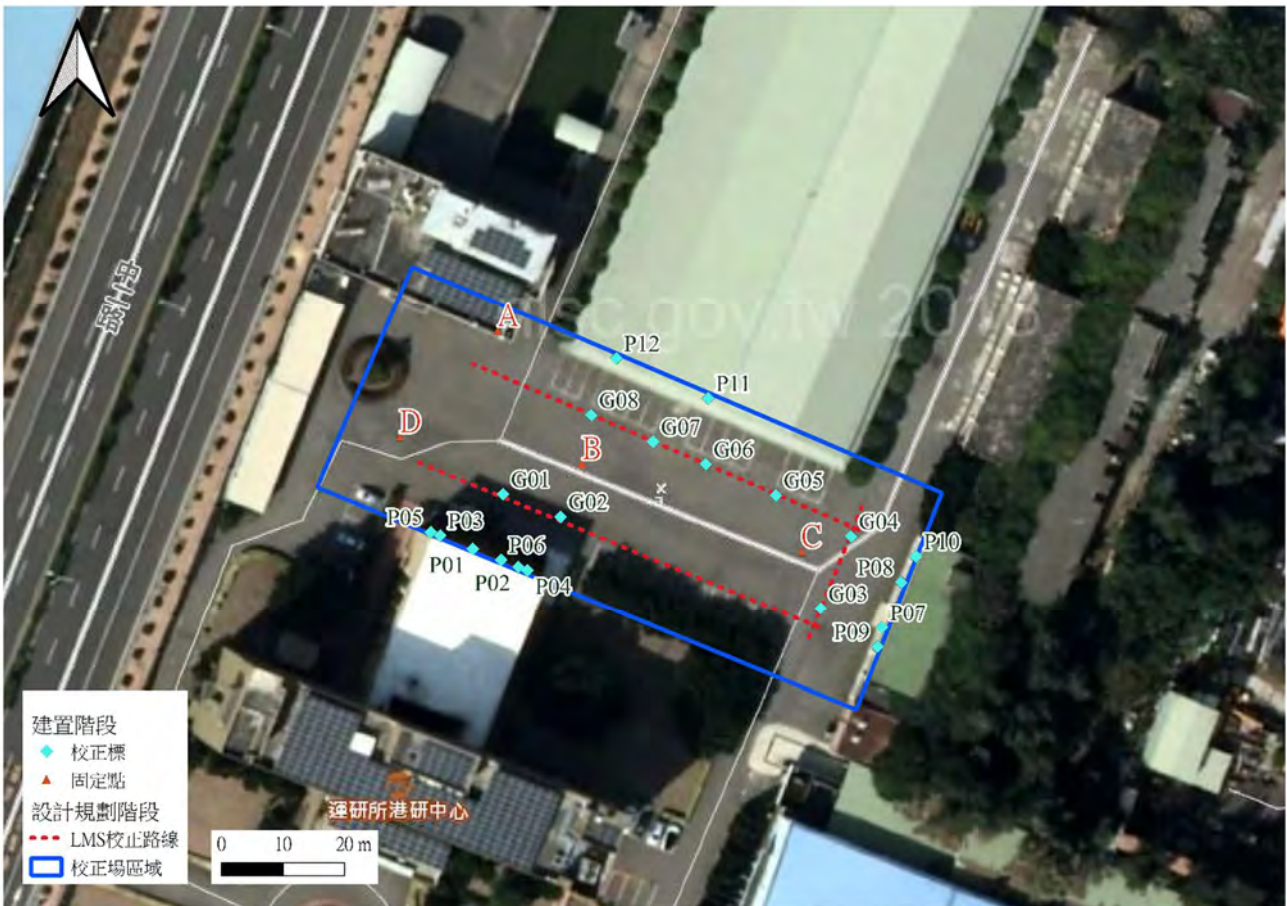


圖 3-69 校正標位置測量成果

經實測建置完成之校正標位置，可以確認校正場之掃描路線與牆面校正標連線之水平距離如圖 3-70 所示，以目前掃描路徑依照地面校正標連線為路線中心的規劃，校正範圍距離可達 10 公尺~27 公尺。



圖 3-70 校正掃描路線與牆面校正標連線水平距離示意圖

### 三、 校正標安裝穩定性測試

由於本案建置的牆上校正標為磁吸式設計，為確認校正標經重覆安裝之穩定性，於 109 年 11 月 19 日進行相關測試，測試目的與方式如下：

全測站儀架設於固定點 B，後視方向為固定點 C，測試校正標選擇較低的 P12（圖 3-71）與約 2 樓高的 P04（圖 3-72）。



圖 3-71 校正標重覆安裝穩定性測試—P12



圖 3-72 校正標重覆安裝穩定性測試—P04

## 1. 重覆安裝校正標之位置穩定性

- (1) P12 校正標連續拆裝 30 次，並觀測 30 組數據，計算出 30 組坐標，計算 30 組坐標與平均值之差值，利用 30 組差值計算標準差 STD (n-1 方法) 與 RMSE。
  - A. 平面坐標最大差值為 7mm，STD 為 1.5mm，RMSE 為 2.6mm。
  - B. 高程坐標最大差值為 8mm，STD 為 3.6mm，RMSE 為 3.5mm。
  - C. 三維坐標最大差值為 9mm，STD 為 2.2mm，RMSE 為 4.4mm。
- (2) P04 校正標連續拆裝 30 次，並觀測 30 組數據，計算出 30 組坐標，計算 30 組坐標與平均值之差值，利用 30 組差值計算標準差 STD (n-1 方法) 與 RMSE。
  - A. 平面坐標最大差值為 3mm，STD 為 0.6mm，RMS 為 1.6mm。
  - B. 高程坐標最大差值為 5mm，STD 為 2.0mm，RMS 為 2.0mm。
  - C. 三維坐標最大差值為 5mm，STD 為 1.0mm，RMS 為 2.5mm。

經上述測試可以確認牆面磁吸式校正標設計良好，可經久重覆拆裝，牆面 4 顆強力磁鐵與校正標背面之 4 顆強力磁鐵相對位置設置準確，校正標以磁吸式安裝有良好的自動置中效果，惟兩次拆裝間最大位移量可能達到 2 公分，建議每次校正作業皆需以全測站儀觀測校正標中心，得到參考值坐標。

## 2. 安裝於牆面之校正標，長時間之位置穩定性

- (1) P12 校正標安裝後，放置超過 75 分鐘，觀測 3 組數據（第 1 組與第 3 組觀測間隔 75 分鐘），計算出 3 組坐標，N 坐標與 E 坐標最大差異量為 1mm，高程坐標無差異，可視為無位移。
- (2) P04 校正標安裝後，放置超過 30 分鐘，觀測 2 組數據（2 組觀測間隔 30 分鐘），計算出 2 組坐標，N 坐標與 E 坐標最大差異量為 1mm，高程坐標無差異，可視為無位移。

經上述測試可以確認校正標安裝後十分穩固，無位移現象，符合校正作業之使用需求。

## 第四章 校正方法確認

### 第一節 校正作業說明

國土測繪中心於 108 年辦理光達測繪車率定作業相關之研究，已有初步成果，本案為接續研究成果，辦理光達測繪車校正方法確認。

光達測繪車的光達系統包含雷射掃描儀，由 GNSS/IMU 整合系統以提供位置和姿態，光達點雲的三維坐標是透過整合每個感測器之觀測量經過直接地理定位所求得；國土測繪中心 108 年的工作總報告(<https://www.nlsc.gov.tw/uploadfile/BR285605.pdf>)中已蒐集國內外相關文獻，並透過實際率定、檢驗場量測結果以證明可行性。

由於光達測繪車校正與率定為目標不同之活動，率定需於透空良好且具有地面、牆面等可供比對的率定標，透過率定活動求得光達測繪車固定臂與軸角之率定值，可得到較為精確的軌跡與點雲成果；校正活動的目的則是在校正場地進行掃描，產出點雲後進行校正標中心坐標量測，透過量測值與參考值之比較，來確認待校件(光達測繪車)之能力。校正場地之選擇與率地場地的需求十分接近，惟使用目的不同，場地中的量測目標物分別稱之為校正標與率定標，本計畫於港研中心設置的是 LMS 校正場，場地中設置有 12 個地面校正標與 8 個牆面校正標，同時為滿足國土測繪中心需求，無償協助設置 12 個地面率定標(2 個與校正標共用)，其標型與校正標相同。

本年度為校正理論及方法確認，採用 108 年研究成果中檢驗場量測作業方式為基礎建立校正方法。

校正作業流程如圖 4-1 所示：

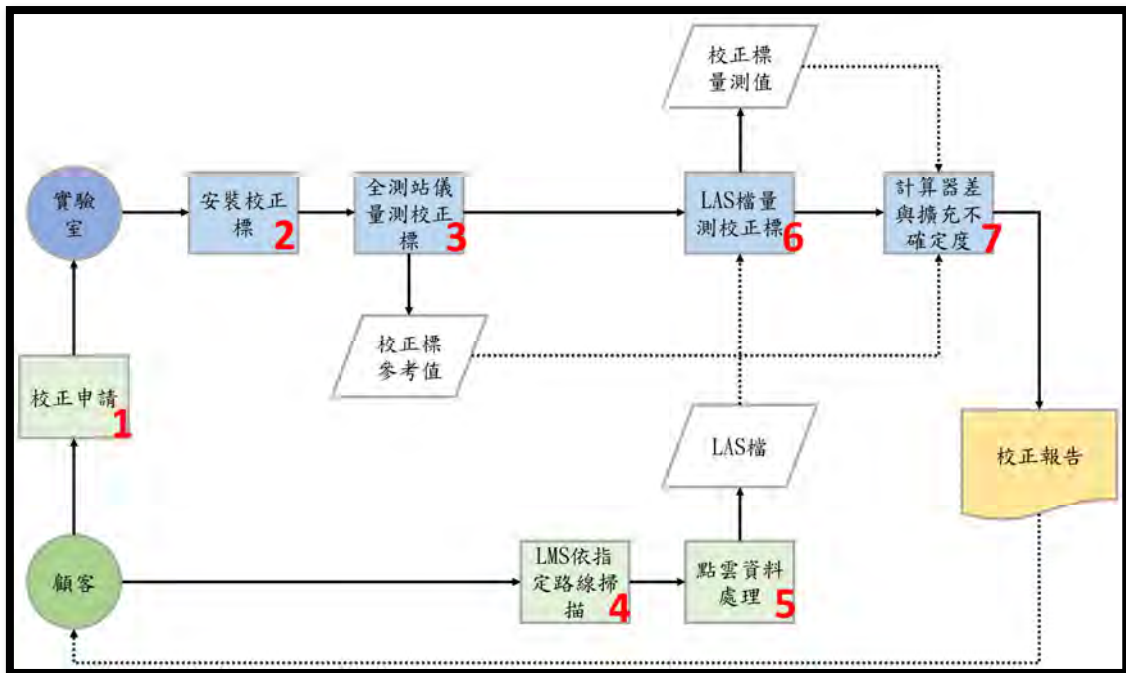


圖 4-1 校正作業流程

有關光達測繪車校正系統的校正方式原理，為應用工作標準件衛星定位儀搭配全測站儀量測的校正標坐標參考值，與待校件光達測繪車掃描點雲的坐標量測值進行比對。其中，待校件光達測繪車掃描點雲的校正標坐標量測值( $L_m$ )與工作標準件衛星定位儀定位搭配全測站儀量測的校正標坐標參考值( $L_r$ )的器差( $C_1$ )，三者關係可表示為：

$$C_1 = L_m - L_r$$

校正作業概述如下：

#### (一) 參考值之取得

1. 工作標準件為衛星定位儀與全測站儀，優先由國土測繪中心測量儀器校正實驗室之各項工作標準件中選定適合之衛星定位儀與全測站儀（需具備免稜鏡測距功能）作為本案標準件。
2. 於校正場至少設置 4 個固定控制點，先以衛星定位儀進行靜態衛星定位觀測，以確定固定控制點的坐標。
3. 其中 1 個固定控制點設置於區內大樓樓頂，其餘 3 個固定

控制點設置於校正場平面道路上，以可互相通視並觀測到所有校正標為設置原則。

4. 於地面固定控制點上架設全測站儀量測布設於牆面及地面之校正標。
5. 相關量測方式與標準件使用需參考與遵守國土測繪中心測量儀器校正實驗室相關文件規定。
6. 透過本案開發的光線法計算工具計算校正標的三維坐標，產出參考值數據檔案。

## (二)量測值之取得

1. 因光達測繪車各廠牌操作流程不一，載具車輛亦有所差異，為確保行駛路線正確性與相關儀器操作正確性，本校正活動規劃由顧客自行操作待校件（光達測繪車），依指定掃描路徑及方向進行校正場掃描作業。
2. 因光達測繪車各廠牌資料解算軟體操作流程不一，且有軟體授權限制，為確保資料解算正確性，本校正活動規劃由顧客使用光達儀器（原廠）所附之處理軟體（如：Z+F），將光達觀測資料配合率定值及軌跡成果轉出點雲通用格式（LAS 格式）後送至實驗室。
3. 實驗室人員只接受 LAS 檔案格式的點雲資料，使用 TerraSolid 等點雲處理軟體，量測各校正標三維坐標，產出量測值數據檔案。

## (三)報告之產出

1. 透過本案開發的校正成果計算工具，操作過程僅需開啟參考值與量測值等數據檔案，進行資料比對，計算器差值。
2. 透過本案開發的擴充不確定度計算工具，計算待校件的擴充不確定度。
3. 校正報告的產製過程，透過本案開發相關計算工具，操作過程僅需開啟與匯出相關數據檔案，儘量減少人為輸入的步驟，以達半自動化之操作流程，產出校正報告。

有關本案所提校正方法之方法確認，會依據 ISO17025:2017 規範 7.2.2 所規定之方法辦理。

現階段對於方法之確認技術採用規範「7.2.2.1 (d)與其它已確認的方法進行結果的比對」。經校正實作，取得光達測繪車掃描所得之校正標坐標與透過可靠的 GNSS 與全測站儀量測而得的校正標位置進行比對與成果分析以達方法之確認。

後續可以規劃依照 ISO/IEC 17043 所執行之量測稽核，申請實驗室與參考實驗室分別依照申請 TAF 認證之校正方法執行校正，稽核內容包含 GNSS 與全測站儀量測所得之校正標坐標（參考值）與利用光達測繪車掃描所得之校正標坐標（量測值），並出具校正報告，其中稽核結果  $|E_n|$  值係依據申請實驗室、參考實驗室的量測結果與對應之不確定度計算而得，當  $|E_n| \leq 1$  時，表示申請實驗室之量測結果與參考值一致，可確認本案所提出校正方法適用於評定光達測繪車之幾何特性。

依據 ISO/IEC 17043:2010，以  $|E_n|$  值來表示申請實驗室參加此次量測稽核之能力。若  $|E_n| \leq 1$ ，表示申請實驗室的量測結果與參考實驗室的量測結果一致；若  $|E_n| > 1$ ，表示申請實驗室的量測結果與參考實驗室的量測結果不一致。

$$E_n = \frac{x_{\text{lab}} - x_{\text{ref}}}{\sqrt{U_{\text{lab}}^2 + U_{\text{ref}}^2}}$$

其中， $x_{\text{lab}}$  為申請實驗室的量測結果， $x_{\text{ref}}$  為參考實驗室的量測結果， $U_{\text{lab}}$  為申請實驗室的量測結果之擴充不確定度， $U_{\text{ref}}$  為參考實驗室的量測結果之擴充不確定度，擴充不確定度係約於 95 % 信賴水準下估計所得之結果。

## 第二節 校正程序

以本案服務建議徵求書「附件 1-1 內政部國土測繪中心光達測繪車校正作業說明」為基礎，經過作業計畫規劃與審查、相關工作會議之討論與校正實作之經驗回饋，擬定校正程序如下：

### 一、校正步驟

#### 1. 校正標坐標參考值量測



(1) 固定點 A (GNSS 靜態基站) 與衛星控制點聯測相關規劃

- i. 使用國土測繪中心測量儀器校正實驗室標準件衛星定位儀接收衛星資料。
- ii. 於校正場(設於港研中心)相鄰且適用之衛星控制點之中選擇 4 點與校正場固定點 A 構成網形控制點,並進行量測,選用衛星控制點計有北側-M415(高美)、L051(港濱休憩區)、M929(沙鹿交流道)及 M906(梧棲)等 4 點(如圖 4-2);使用衛星定位儀(實驗室標準件),採衛星訊號記錄間隔為 5 秒之設定辦理同步觀測,分上、下午兩個時段聯測,每時段觀測應達 3 小時。

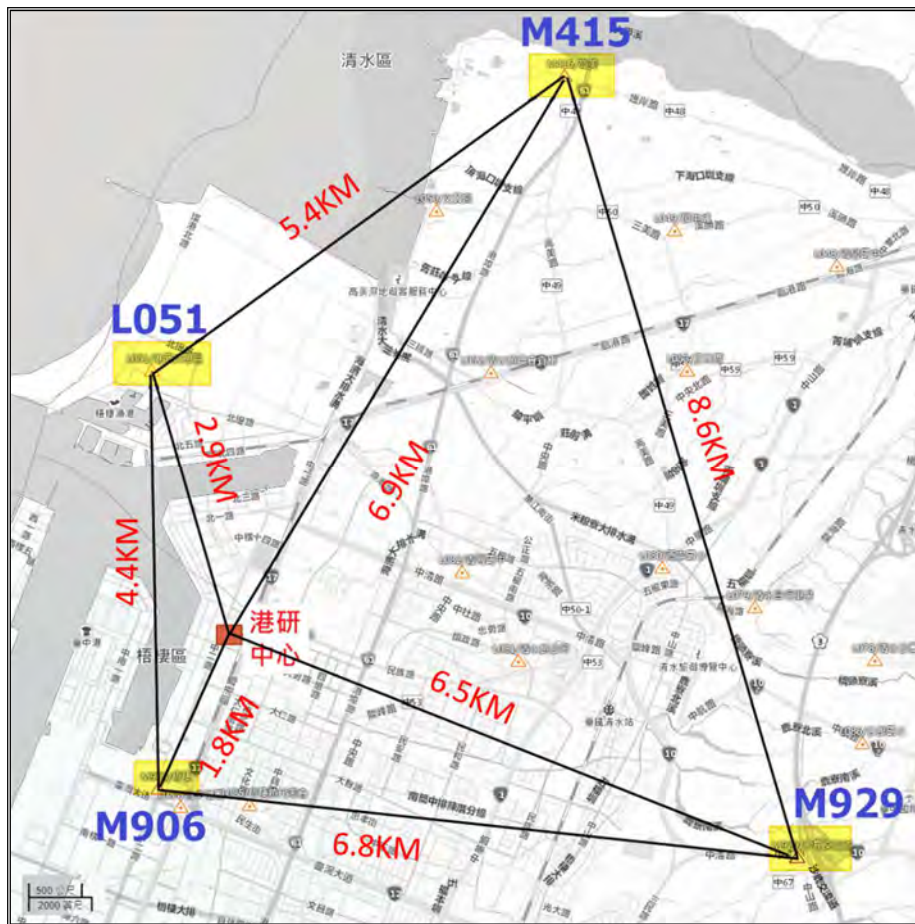


圖 4-2 固定點 A (GNSS 靜態基站) 與衛星控制點聯測網形

(2) 固定點 B、C、D (地面控制點) 衛星定位測量

- i. 使用納入工作標準件之衛星定位儀辦理地面控制點(固定點 B、C、D)測量,並同步聯測網形控制點(固定點

A)，固定點位置請參考圖 4-3。

- ii. 於固定點架設衛星定位儀，每時段連續且同步觀測時間應達 60 分鐘，2 測回，衛星訊號記錄間隔為 5 秒，觀測衛星顆數應大於 4，PDOP 值需在 6 以下。
- iii. 基線計算以軟體 MAGNET Tools 處理，並於完成基線計算後，採用嚴密網形平差方法，獲得各固定點參考坐標。

(3) 安裝牆上的磁吸式校正標共 12 個。

(4) 校正標坐標參考值量測

- i. 於固定點 B 架設全測站儀（工作標準件），以固定點 C 作為後視點，觀測牆面與地面校正標，1 測回（含正鏡及倒鏡），除牆面校正標以免稜鏡模式觀測外，其餘以稜鏡模式觀測。
- ii. 於固定點 C 架設全測站儀（工作標準件），以固定點 B 作為後視點，觀測牆面與地面校正標，1 測回（含正鏡及倒鏡），除牆面校正標以免稜鏡模式觀測外，其餘以稜鏡模式觀測。
- iii. 檢視分別架設於固定點 B 與固定點 C 所測得的坐標值，取平均作為校正標中心坐標參考值。

2. 光達測繪車（LMS）掃描作業—由顧客自行操作待校件 LMS，建議操作流程如下。

(1) 架設並開啟 GNSS 靜態基站（固定點 A）。

(2) 靜止與繞圈：依據各 LMS 待校件標準作法進行靜止與繞圈等初始化作業，以國土測繪中心 LMS 為例，開啟車載 LMS 之定位定向系統，靜止 5 分鐘，動態繞繞圓圈行駛 5 分鐘。

(3) 開啟光達系統，進行點雲資料蒐集，以車速 10km/hr 以下之速度繞行校正場進行掃描為原則，現場需至少有一名作業人員於場區進行交通管制，行駛路徑如圖 4-5 所示，需注意現場擺設之三角錐，行駛時需依照實驗室人員指示穿

越特定三角錐以確保行駛路線之完整。

- (4) 完成光達點雲資料蒐集後，依據各 LMS 待校件標準作法完成關機前作業，以國土測繪中心 LMS 為例，關閉光達系統進行系統回歸，動態繞圓圈行駛 5 分鐘，靜止 5 分鐘。
  - (5) 檢查資料及下載資料，關閉系統。
  - (6) 關閉 GNSS 靜態基站，並下載基站資料。
3. 由顧客自有軟體自行進行點雲處理，產出 LAS 檔，交付於實驗室人員。
  4. 實驗室人員使用 TerraSolid 等點雲處理軟體，針對主要掃描路段 2,7,10,14,16,21 之點雲（參閱圖 4-5），量測各校正標中心三維坐標，產出量測值數據檔案，與參考值進行比對。
  5. 產出校正報告。

## 二、校正場設計

校正場周邊為具有 3 棟建物垂直牆面之平坦地面，且四週符合透空良好條件，計有 12 個牆面校正標與 8 個地面校正標，如圖 4-3 所示。

（詳細設計請參閱第參章第二節）



圖 4-3 校正場固定點與校正標分布示意圖

### 三、校正標設計

校正標形樣式為方形，平均分為四等分以黑白顏色相間原則，牆面校正標有 60 X 60 公分與 40 X 40 公分兩種規格，地面校正標皆為 40 X 40 公分，校正標其每塊白色及黑色部分尺寸分別為 30 x 30 公分與 20 x 20 公分，如圖 4-4 所示。

(詳細設計請參閱第參章第三節)

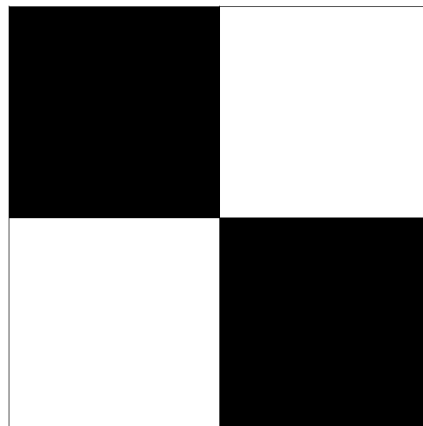


圖 4-4 校正標樣式

#### 四、掃描路徑設計

於場地規劃光達測繪車掃描路徑如圖 4-5 所示，紅色虛線為模擬車道中心線，為地面校正標之連線，約略為光達系統之中心，此設計有助於增加行駛 LMS 時之方向正確性，校正範圍距離約可達 10 公尺~27 公尺。考慮到轉彎對於軌跡精確性與光達掃描密度的影響，規劃完整的行駛路線如圖 4-5 所示，依序由路段 1 至 21，此設計可使得 LMS 於主要掃描路徑（2,7,10,14,16,21）為直行的狀態，並確保在每條掃描路徑至少往返 1 次之原則。

（詳細設計請參閱第參章第二節）



圖 4-5 掃描路徑設計

### 第三節 校正實作與成果分析

#### 一、 第一次校正實作

1. 時間：109 年 8 月 6 日
2. 地點：內政部國土測繪中心 LMS 校正場（位於交通部運輸研究所 港灣技術研究中心）
3. 待校件：內政部國土測繪中心 LMS、經緯航太科技 LMS
4. 校正人員：經緯航太科技
5. 現場作業人員：
  - 經緯航太科技：陳均昇、吳品融、胥樹棟
  - 國土測繪中心：鍾文彥（主辦）、LMS 工作團隊
6. 校正實作過程：

分別由國土測繪中心 LMS 與經緯航太科技 LMS 作為待校件（兩者規格比較請參閱表 4-1），依照本章第一節「光達測繪車（LMS）掃描作業」說明步驟進行校正實作，惟參考港研中心長官之建議，增加一條路線做測試，2 部待校件 LMS 皆同時依路線 1 與路線 2（參考圖 3-11 與 3-12）進行掃描，LMS 軌跡範圍如圖 4-6~4-9 所示，點雲檢視校正標如圖 4-10、4-11 所示。

表 4-1 國土測繪中心與經緯航太科技之光達測繪車規格比較



| 機關/廠商  | 型號   | GNSS/IMU<br>規格                         | 定位定向系統<br>精度(公尺) | 相機                         | 光達                          |              |
|--|------|--|------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------|
|  |      |  |                  |                            | 感測器                         | 掃描距離<br>(公尺) |
| <br>內政部國土測繪中心   | 自主開發 | NovAtel<br>ProPak6TM<br>/<br>iMAR-FSAS | 0.05             | 7 部                        | Pentax S-2100<br>(Z+F 9012) | 119          |
| <br>經緯航太科技股份有限公司<br><small>Z+F Profiler Scanner<br/>• 101.6萬點/秒<br/>• 掃描頻率 200Hz<br/>• 掃描距離 119 m</small> | 自主開發 | iMAR<br>iNAT-RQT40<br>03               | 0.02             | 10 部<br>1 部全景相機<br>Ladybug | Pentax S-2100<br>(Z+F 9012) | 119          |



圖 4-6 NLSC LMS 掃描軌跡—路線 1



圖 4-7 NLSC LMS 掃描軌跡—路線 2

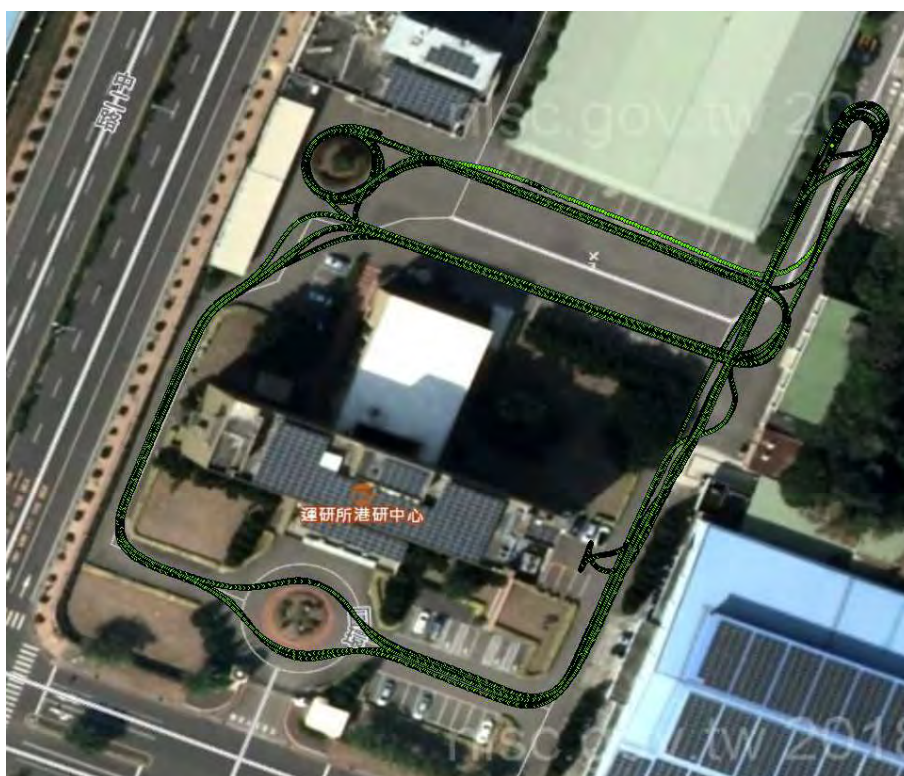


圖 4-8 Geosat LMS 掃描軌跡—路線 1



圖 4-9 Geosat LMS 掃描軌跡—路線 2



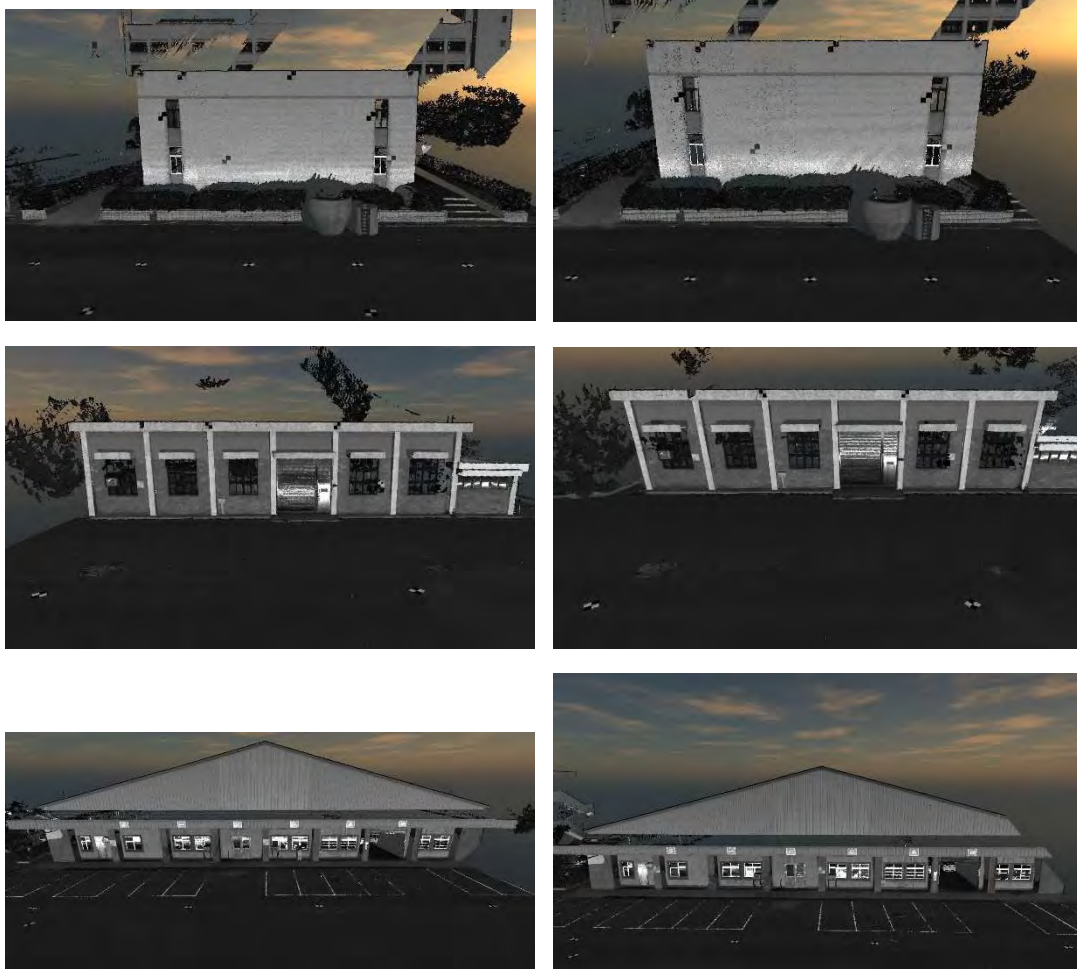


圖 4-10 NLSC LMS 掃描點雲檢視校正標 (左:路線 1 右:路線 2)



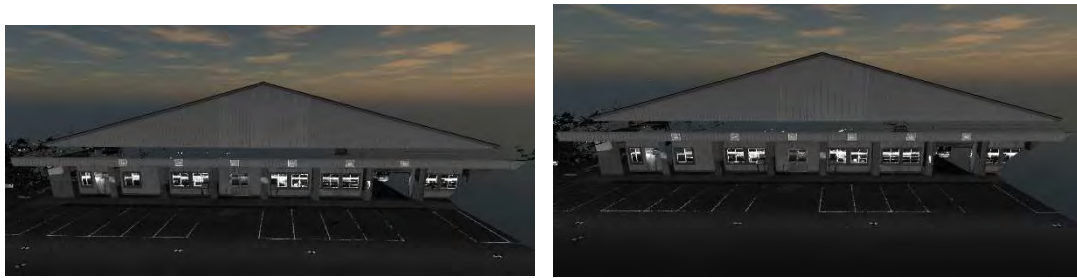


圖 4-11 Geosat LMS 掃描點雲檢視校正標（左:路線 1 右:路線 2）

經點雲檢視，掃描路線距離校正標水平距離約 10 公尺左右，校正標中心清晰可見，參考圖 3-70，校正場南北兩條掃描路徑除掃描水平距離約 10 公尺的校正標之外，可以掃描到另一側水平距離約 27 公尺的校正標，點雲檢視如圖 4-12、4-13 所示，依然清晰可見。

其中西側路段的掃描範圍約可涵蓋校正標 P07、P08、P09 與 P10，水平距離約為 85 公尺（如圖 4-14），為校正場中最遠的掃描距離，惟點雲密度不足，點雲間隔約為 10 公分，無法辨識校正標中心。（如圖 4-15）

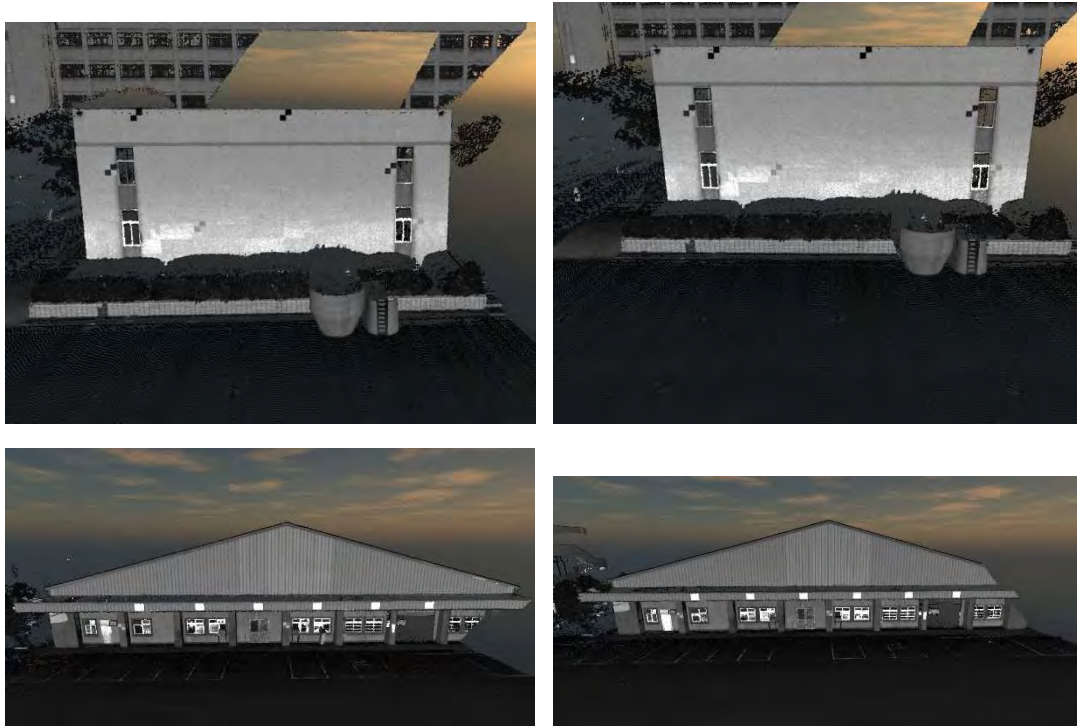


圖 4-12 NLSC LMS 掃描點雲檢視遠側的校正標（左:路線 1 右:路線 2）

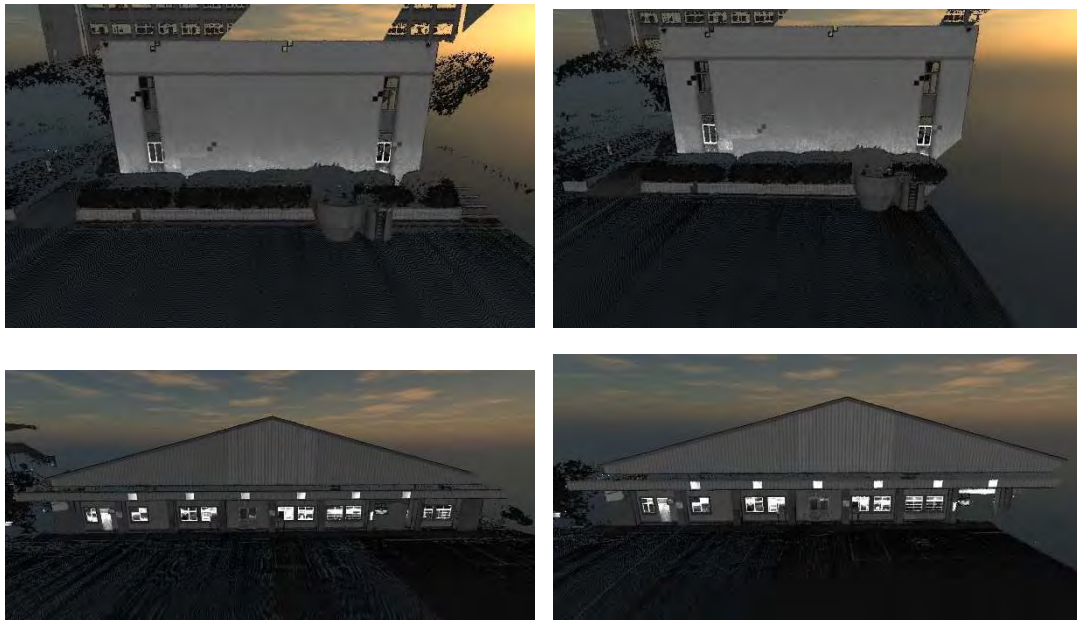


圖 4-13 Geosat LMS 掃描點雲檢視遠側的校正標 (左:路線 1 右:路線 2)

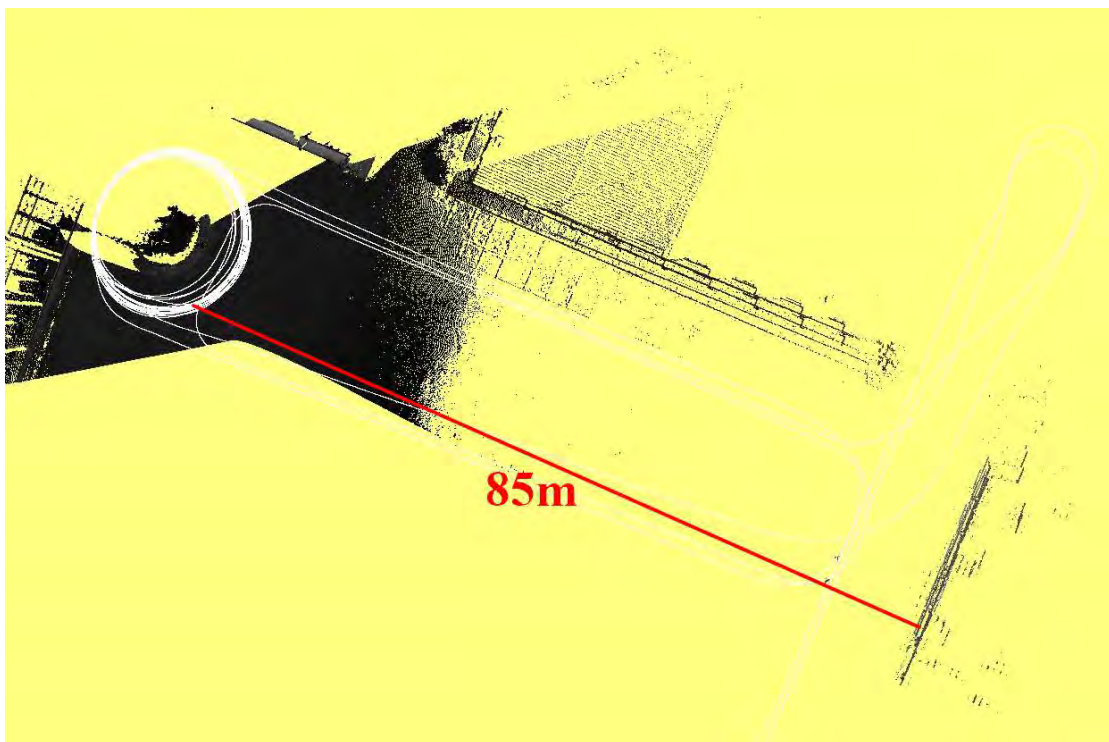


圖 4-14 校正場最遠掃描距離 (水平距離約 85m)

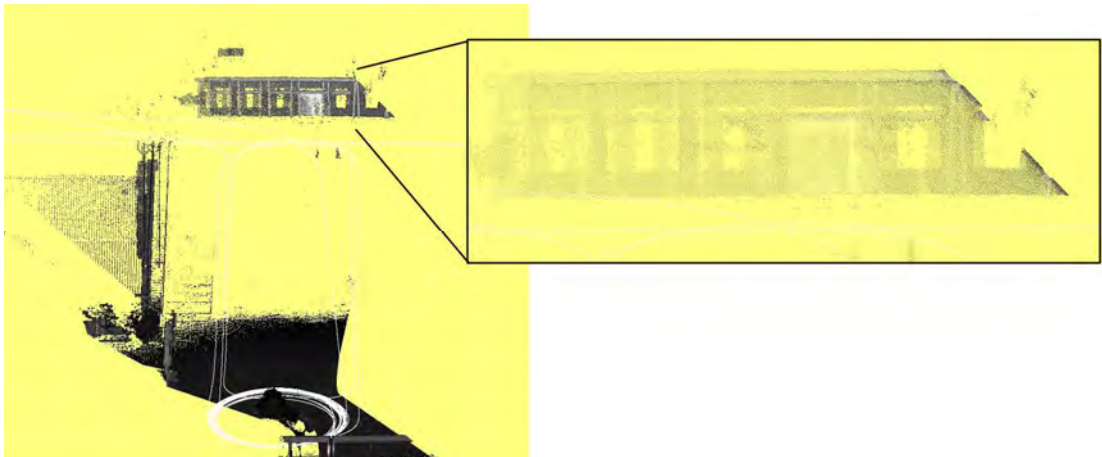


圖 4-15 點雲檢視水平距離約 85m 的校正標

依照本案規劃校正作業說明，國土測繪中心與經緯航太科技各自解算自有 LMS 的軌跡與光達掃描資料，產出 LAS 檔。

校正人員收到顧客解算的 LAS 檔後，使用 Terrasolid 與 AutoCAD 等點雲處理軟體量測校正標，得到校正標三維坐標量測值，可以與校正標參考值進行比對。

## 二、 第一次校正成果分析

比對校正標量測值與參考值，產出校正報告的器差報表如下所示。

表 4-2 NLSC LMS 校正報告－器差報表-平面方向（路線 1）

| 校正標編號 | 校正標類型       | 橫坐標器差<br>(mm) | 縱坐標器差<br>(mm) |
|-------|-------------|---------------|---------------|
| G01   | 地面          | 2             | 14            |
| G02   | 地面          | -5            | 18            |
| G03   | 地面          | -9            | 7             |
| G04   | 地面          | 3             | 10            |
| G05   | 地面          | 2             | 32            |
| G06   | 地面          | -3            | 36            |
| G07   | 地面          | -2            | 21            |
| G08   | 地面          | -6            | 15            |
| P01   | 牆面，水平距離 10m | 21            | 12            |
| P02   | 牆面，水平距離 10m | 23            | 19            |
| P03   | 牆面，水平距離 10m | -12           | -9            |

|     |             |     |     |
|-----|-------------|-----|-----|
| P04 | 牆面，水平距離 10m | 12  | 9   |
| P05 | 牆面，水平距離 10m | 52  | 24  |
| P06 | 牆面，水平距離 10m | 10  | 4   |
| P07 | 牆面，水平距離 10m | 17  | 23  |
| P08 | 牆面，水平距離 10m | 21  | 19  |
| P09 | 牆面，水平距離 10m | 14  | 28  |
| P10 | 牆面，水平距離 10m | 24  | 26  |
| P11 | 牆面，水平距離 10m | -25 | 27  |
| P12 | 牆面，水平距離 10m | -20 | 27  |
| P01 | 牆面，水平距離 27m | 44  | -4  |
| P02 | 牆面，水平距離 27m | 42  | 4   |
| P03 | 牆面，水平距離 27m | 8   | -21 |
| P04 | 牆面，水平距離 27m | 32  | 1   |
| P05 | 牆面，水平距離 27m | 82  | 8   |
| P06 | 牆面，水平距離 27m | 29  | -6  |
| P11 | 牆面，水平距離 27m | -21 | 24  |
| P12 | 牆面，水平距離 27m | -22 | 30  |

表 4-3 NLSC LMS 校正報告－器差報表-高程方向（路線 1）

| 校正標編號 | 校正標類型       | 高程器差<br>(mm) |
|-------|-------------|--------------|
| G01   | 地面          | 18           |
| G02   | 地面          | 23           |
| G03   | 地面          | 12           |
| G04   | 地面          | 17           |
| G05   | 地面          | 24           |
| G06   | 地面          | 23           |
| G07   | 地面          | 19           |
| G08   | 地面          | 21           |
| P01   | 牆面，水平距離 10m | 21           |
| P02   | 牆面，水平距離 10m | 15           |
| P03   | 牆面，水平距離 10m | 30           |
| P04   | 牆面，水平距離 10m | 21           |

|     |             |    |
|-----|-------------|----|
| P05 | 牆面，水平距離 10m | 15 |
| P06 | 牆面，水平距離 10m | 20 |
| P07 | 牆面，水平距離 10m | 6  |
| P08 | 牆面，水平距離 10m | 18 |
| P09 | 牆面，水平距離 10m | 24 |
| P10 | 牆面，水平距離 10m | 23 |
| P11 | 牆面，水平距離 10m | 27 |
| P12 | 牆面，水平距離 10m | 15 |
| P01 | 牆面，水平距離 27m | 12 |
| P02 | 牆面，水平距離 27m | 9  |
| P03 | 牆面，水平距離 27m | 28 |
| P04 | 牆面，水平距離 27m | 31 |
| P05 | 牆面，水平距離 27m | 23 |
| P06 | 牆面，水平距離 27m | 19 |
| P11 | 牆面，水平距離 27m | 23 |
| P12 | 牆面，水平距離 27m | 26 |

表 4-4 NLSC LMS 校正報告－器差報表-平面方向（路線 2）

| 校正標編號 | 校正標類型       | 橫坐標器差<br>(mm) | 縱坐標器差<br>(mm) |
|-------|-------------|---------------|---------------|
| G01   | 地面          | -4            | 27            |
| G02   | 地面          | -2            | 19            |
| G03   | 地面          | 0             | 17            |
| G04   | 地面          | 0             | 18            |
| G05   | 地面          | 5             | 30            |
| G06   | 地面          | 3             | 32            |
| G07   | 地面          | -3            | 16            |
| G08   | 地面          | -7            | 19            |
| P01   | 牆面，水平距離 10m | 9             | 19            |
| P02   | 牆面，水平距離 10m | 15            | 30            |
| P03   | 牆面，水平距離 10m | -37           | 5             |
| P04   | 牆面，水平距離 10m | 8             | 18            |

|     |             |     |     |
|-----|-------------|-----|-----|
| P05 | 牆面，水平距離 10m | 30  | 38  |
| P06 | 牆面，水平距離 10m | -4  | 16  |
| P07 | 牆面，水平距離 10m | 10  | 33  |
| P08 | 牆面，水平距離 10m | 16  | 33  |
| P09 | 牆面，水平距離 10m | 10  | 28  |
| P10 | 牆面，水平距離 10m | 20  | 29  |
| P11 | 牆面，水平距離 10m | -12 | 22  |
| P12 | 牆面，水平距離 10m | -9  | 26  |
| P01 | 牆面，水平距離 27m | 19  | 13  |
| P02 | 牆面，水平距離 27m | 27  | 17  |
| P03 | 牆面，水平距離 27m | -7  | -11 |
| P04 | 牆面，水平距離 27m | 20  | 5   |
| P05 | 牆面，水平距離 27m | 66  | 20  |
| P06 | 牆面，水平距離 27m | 26  | -4  |
| P11 | 牆面，水平距離 27m | 2   | 19  |
| P12 | 牆面，水平距離 27m | 4   | 29  |

表 4-5 NLSC LMS 校正報告－器差報表-高程方向（路線 2）

| 校正標編號 | 校正標類型       | 高程器差<br>(mm) |
|-------|-------------|--------------|
| G01   | 地面          | 14           |
| G02   | 地面          | 12           |
| G03   | 地面          | 14           |
| G04   | 地面          | 20           |
| G05   | 地面          | 14           |
| G06   | 地面          | 12           |
| G07   | 地面          | 17           |
| G08   | 地面          | 15           |
| P01   | 牆面，水平距離 10m | 9            |
| P02   | 牆面，水平距離 10m | 8            |
| P03   | 牆面，水平距離 10m | 19           |
| P04   | 牆面，水平距離 10m | 12           |

|     |             |    |
|-----|-------------|----|
| P05 | 牆面，水平距離 10m | 8  |
| P06 | 牆面，水平距離 10m | 19 |
| P07 | 牆面，水平距離 10m | 27 |
| P08 | 牆面，水平距離 10m | 15 |
| P09 | 牆面，水平距離 10m | 15 |
| P10 | 牆面，水平距離 10m | 20 |
| P11 | 牆面，水平距離 10m | 17 |
| P12 | 牆面，水平距離 10m | 12 |
| P01 | 牆面，水平距離 27m | 11 |
| P02 | 牆面，水平距離 27m | 4  |
| P03 | 牆面，水平距離 27m | 9  |
| P04 | 牆面，水平距離 27m | 16 |
| P05 | 牆面，水平距離 27m | 4  |
| P06 | 牆面，水平距離 27m | 6  |
| P11 | 牆面，水平距離 27m | 9  |
| P12 | 牆面，水平距離 27m | 3  |

表 4-6 Geosat LMS 校正報告－器差報表-平面方向（路線 1）

| 校正標編號 | 校正標類型       | 橫坐標器差<br>(mm) | 縱坐標器差<br>(mm) |
|-------|-------------|---------------|---------------|
| G01   | 地面          | 6             | 12            |
| G02   | 地面          | -3            | 14            |
| G03   | 地面          | -2            | 4             |
| G04   | 地面          | 9             | 9             |
| G05   | 地面          | -4            | 27            |
| G06   | 地面          | -4            | 24            |
| G07   | 地面          | 8             | 14            |
| G08   | 地面          | -7            | 20            |
| P01   | 牆面，水平距離 10m | 20            | 3             |
| P02   | 牆面，水平距離 10m | 28            | -6            |
| P03   | 牆面，水平距離 10m | -6            | -19           |
| P04   | 牆面，水平距離 10m | 19            | 3             |



|     |             |        |     |
|-----|-------------|--------|-----|
| P05 | 牆面，水平距離 10m | 57     | 14  |
| P06 | 牆面，水平距離 10m | 13     | -4  |
| P07 | 牆面，水平距離 10m | 15     | 25  |
| P08 | 牆面，水平距離 10m | 24     | 27  |
| P09 | 牆面，水平距離 10m | 18     | 26  |
| P10 | 牆面，水平距離 10m | 34     | 23  |
| P11 | 牆面，水平距離 10m | -20    | 23  |
| P12 | 牆面，水平距離 10m | -15    | 33  |
| P01 | 牆面，水平距離 27m | 106    | -35 |
| P02 | 牆面，水平距離 27m | 52     | 1   |
| P03 | 牆面，水平距離 27m | 點雲無法量測 |     |
| P04 | 牆面，水平距離 27m | 48     | -13 |
| P05 | 牆面，水平距離 27m | 點雲無法量測 |     |
| P06 | 牆面，水平距離 27m | 37     | -12 |
| P11 | 牆面，水平距離 27m | -47    | 41  |
| P12 | 牆面，水平距離 27m | -50    | 46  |

表 4-7 Geosat LMS 校正報告－器差報表-高程方向（路線 1）

| 校正標編號 | 校正標類型       | 高程器差<br>(mm) |
|-------|-------------|--------------|
| G01   | 地面          | 57           |
| G02   | 地面          | 57           |
| G03   | 地面          | 65           |
| G04   | 地面          | 70           |
| G05   | 地面          | 59           |
| G06   | 地面          | 58           |
| G07   | 地面          | 60           |
| G08   | 地面          | 59           |
| P01   | 牆面，水平距離 10m | 62           |
| P02   | 牆面，水平距離 10m | 53           |
| P03   | 牆面，水平距離 10m | 68           |

|     |             |        |
|-----|-------------|--------|
| P04 | 牆面，水平距離 10m | 63     |
| P05 | 牆面，水平距離 10m | 56     |
| P06 | 牆面，水平距離 10m | 59     |
| P07 | 牆面，水平距離 10m | 77     |
| P08 | 牆面，水平距離 10m | 73     |
| P09 | 牆面，水平距離 10m | 64     |
| P10 | 牆面，水平距離 10m | 55     |
| P11 | 牆面，水平距離 10m | 53     |
| P12 | 牆面，水平距離 10m | 51     |
| P01 | 牆面，水平距離 27m | 46     |
| P02 | 牆面，水平距離 27m | 53     |
| P03 | 牆面，水平距離 27m | 點雲無法量測 |
| P04 | 牆面，水平距離 27m | 60     |
| P05 | 牆面，水平距離 27m | 點雲無法量測 |
| P06 | 牆面，水平距離 27m | 53     |
| P11 | 牆面，水平距離 27m | 50     |
| P12 | 牆面，水平距離 27m | 31     |

表 4-8 Geosat LMS 校正報告—器差報表-平面方向（路線 2）

| 校正標編號 | 校正標類型       | 橫坐標器差<br>(mm) | 縱坐標器差<br>(mm) |
|-------|-------------|---------------|---------------|
| G01   | 地面          | 6             | 22            |
| G02   | 地面          | 11            | 15            |
| G03   | 地面          | -7            | 12            |
| G04   | 地面          | 7             | 12            |
| G05   | 地面          | 22            | 15            |
| G06   | 地面          | 16            | 20            |
| G07   | 地面          | 22            | 9             |
| G08   | 地面          | 10            | 8             |
| P01   | 牆面，水平距離 10m | 51            | -4            |
| P02   | 牆面，水平距離 10m | 52            | 9             |
| P03   | 牆面，水平距離 10m | 18            | -18           |
| P04   | 牆面，水平距離 10m | 43            | -4            |
| P05   | 牆面，水平距離 10m | 76            | 19            |

|     |             |        |     |
|-----|-------------|--------|-----|
| P06 | 牆面，水平距離 10m | 41     | -7  |
| P07 | 牆面，水平距離 10m | 23     | 49  |
| P08 | 牆面，水平距離 10m | 26     | 43  |
| P09 | 牆面，水平距離 10m | 29     | 47  |
| P10 | 牆面，水平距離 10m | 45     | 47  |
| P11 | 牆面，水平距離 10m | -16    | 41  |
| P12 | 牆面，水平距離 10m | -14    | 45  |
| P01 | 牆面，水平距離 27m | 129    | -35 |
| P02 | 牆面，水平距離 27m | 118    | -27 |
| P03 | 牆面，水平距離 27m | 點雲無法量測 |     |
| P04 | 牆面，水平距離 27m | 120    | -41 |
| P05 | 牆面，水平距離 27m | 點雲無法量測 |     |
| P06 | 牆面，水平距離 27m | 109    | -41 |
| P11 | 牆面，水平距離 27m | -85    | 53  |
| P12 | 牆面，水平距離 27m | -87    | 70  |

表 4-9 Geosat LMS 校正報告－器差報表-高程方向（路線 2）

| 校正標編號 | 校正標類型       | 高程器差<br>(mm) |
|-------|-------------|--------------|
| G01   | 地面          | 55           |
| G02   | 地面          | 57           |
| G03   | 地面          | 63           |
| G04   | 地面          | 67           |
| G05   | 地面          | 6            |
| G06   | 地面          | 6            |
| G07   | 地面          | 10           |
| G08   | 地面          | 14           |
| P01   | 牆面，水平距離 10m | 52           |
| P02   | 牆面，水平距離 10m | 37           |
| P03   | 牆面，水平距離 10m | 60           |
| P04   | 牆面，水平距離 10m | 53           |
| P05   | 牆面，水平距離 10m | 48           |
| P06   | 牆面，水平距離 10m | 52           |
| P07   | 牆面，水平距離 10m | 62           |

|     |             |        |
|-----|-------------|--------|
| P08 | 牆面，水平距離 10m | 60     |
| P09 | 牆面，水平距離 10m | 63     |
| P10 | 牆面，水平距離 10m | 54     |
| P11 | 牆面，水平距離 10m | 1      |
| P12 | 牆面，水平距離 10m | 1      |
| P01 | 牆面，水平距離 27m | -6     |
| P02 | 牆面，水平距離 27m | -5     |
| P03 | 牆面，水平距離 27m | 點雲無法量測 |
| P04 | 牆面，水平距離 27m | -5     |
| P05 | 牆面，水平距離 27m | 點雲無法量測 |
| P06 | 牆面，水平距離 27m | 17     |
| P11 | 牆面，水平距離 27m | 49     |
| P12 | 牆面，水平距離 27m | 54     |

本校正場的設計規格，掃描路線與校正標的相對關係，對於校正標與 LMS 間的掃描距離可以區分為地面標（距離取決於待校件 LMS 光達離地高度）、水平距離 10 公尺與水平距離 27 公尺三類，與器差報表中揭露掃描距離以利顧客評估器差值的意義。

檢視國土測繪中心與經緯航太的 LMS 分別於路線 1 與路線 2 的校正結果（器差報表），國土測繪中心 LMS 與經緯航太 LMS 在水平距離 10 公尺內的水平方向器差值很接近，水平距離 27 公尺的水平方向器差值與全部距離的高程方向的器差值則是國土測繪中心 LMS 較佳，造成此現象的原因分析如下：

- 雖然光達設備相同，但定位定向系統不同，硬體安裝方式與載具車輛亦不相同，GNSS 天線盤部分的差異可能造成高程方向的差異。
- 車輛行駛方式不同，檢視點雲資料可以發現經緯航太 LMS 與路線 1 與 2 皆會有 2 個水平距離 27 公尺的牆面校正標(P03 與 P05) 無法量測，分析為車輛未完全依照規劃路線行駛，有提早轉彎的現象導致無法確實完成該處校正標掃描，水平距離 27 公尺的 P01 雖可量測，但出現偏大的異常器差值現象，顯示轉彎處校正標位置的點雲品質不佳，甚至無法量測；在國土測繪中心 LMS 的掃描點雲中也可以發現類似的趨勢，

於路線 1 與 2 的 P03 與 P05 (水平距離 27 公尺) 可以量測，但位置最靠近轉彎處的 P05，其水平器差明顯偏大，為異常器差值，皆為轉彎處掃描品質不佳所致。

- 點雲資料處理方式相同，國土測繪中心與經緯航太皆使用 Z+F SynCAT 處理光達原始資料產製 LAS 檔，差異點為代入的率定參數不同，國土測繪中心 LMS 率定的成果較佳。

從上述分析原因與目前制訂的校正作業程序可以發現，校正報告驗證的標的實為 LMS 硬體+駕駛方式+點雲解算方式的整體量測成果。

有關校正報告的應用，顧客拿到校正報告後可檢視器差值與擴充不確定度來評估送校的待校件整體測量成果，如顧客想使用校正數據評估送校的 LMS 是否可以執行高精地圖 (HD MAP) 的測製作業，參考高精地圖檢核與驗證指引文件，其中提到利用光達數化向量資料之絕對精度，平面位置較差需小於 20 公分，三維較差需小於 30 公分，以本次校正實作成果來說，顧客可透過校正報告了解送件的 LMS 可滿足高精地圖的測製需求。

因此分析本校正場之實用性，提供的校正能量具有相當之商業價值。

除校正報告之外，另外以校正標參考值與點雲量測值較差進行精度分析，產生精度報表如下：

表 4-10 NLSC LMS 精度分析 (路線 1)

|                   |          |          |
|-------------------|----------|----------|
| 地面(8 點)           | 平面精度(公尺) | 三維精度(公尺) |
| AVG               | 0.020    | 0.028    |
| STD               | 0.009    | 0.009    |
| RMS               | 0.022    | 0.030    |
|                   |          |          |
| 牆面，水平距離 10m(12 點) | 平面精度(公尺) | 三維精度(公尺) |
| AVG               | 0.029    | 0.036    |
| STD               | 0.012    | 0.010    |
| RMS               | 0.031    | 0.037    |
|                   |          |          |
| 牆面，水平距離 27m(8 點)  | 平面精度(公尺) | 三維精度(公尺) |

|     |       |       |
|-----|-------|-------|
| AVG | 0.040 | 0.047 |
| STD | 0.018 | 0.016 |
| RMS | 0.044 | 0.049 |

表 4-11 NLSC LMS 精度分析 (路線 2)

| 地面(8 點)           | 平面精度(公尺) | 三維精度(公尺) |
|-------------------|----------|----------|
| AVG               | 0.023    | 0.028    |
| STD               | 0.006    | 0.005    |
| RMS               | 0.023    | 0.028    |
|                   |          |          |
| 牆面，水平距離 10m(12 點) | 平面精度(公尺) | 三維精度(公尺) |
| AVG               | 0.031    | 0.035    |
| STD               | 0.009    | 0.009    |
| RMS               | 0.032    | 0.036    |
|                   |          |          |
| 牆面，水平距離 27m(8 點)  | 平面精度(公尺) | 三維精度(公尺) |
| AVG               | 0.029    | 0.031    |
| STD               | 0.017    | 0.016    |
| RMS               | 0.033    | 0.034    |

表 4-12 Geosat LMS 精度分析 (路線 1)

| 地面(8 點)           | 平面精度(公尺) | 三維精度(公尺) |
|-------------------|----------|----------|
| AVG               | 0.017    | 0.063    |
| STD               | 0.007    | 0.004    |
| RMS               | 0.018    | 0.064    |
|                   |          |          |
| 牆面，水平距離 10m(12 點) | 平面精度(公尺) | 三維精度(公尺) |
| AVG               | 0.030    | 0.069    |
| STD               | 0.012    | 0.008    |
| RMS               | 0.033    | 0.070    |
|                   |          |          |
| 牆面，水平距離 27m(6 點)  | 平面精度(公尺) | 三維精度(公尺) |
| AVG               | 0.064    | 0.082    |
| STD               | 0.025    | 0.019    |

|     |       |       |
|-----|-------|-------|
| RMS | 0.068 | 0.084 |
|-----|-------|-------|

表 4-13 Geosat LMS 精度分析 (路線 2)

| 地面(8 點)           | 平面精度(公尺) | 三維精度(公尺) |
|-------------------|----------|----------|
| AVG               | 0.020    | 0.044    |
| STD               | 0.006    | 0.021    |
| RMS               | 0.020    | 0.048    |
|                   |          |          |
| 牆面，水平距離 10m(12 點) | 平面精度(公尺) | 三維精度(公尺) |
| AVG               | 0.051    | 0.071    |
| STD               | 0.013    | 0.015    |
| RMS               | 0.052    | 0.072    |
|                   |          |          |
| 牆面，水平距離 27m(6 點)  | 平面精度(公尺) | 三維精度(公尺) |
| AVG               | 0.118    | 0.123    |
| STD               | 0.012    | 0.007    |
| RMS               | 0.119    | 0.123    |

在路線的評估上，駕駛依照路線 1 與 2 行駛，迴轉的次數 (3:5) 與急轉彎的次數 (1:2)，惟路線 2 的路程較短，相較於路線 1 約可減少 2 分鐘的掃描時間；在經緯航太 LMS 的點雲成果上，器差值與精度分析是路線 1 的數據較佳，但在國土測繪中心 LMS 上則無顯著差異，考量到經緯航太 LMS 的駕駛對於場地原本就較不熟悉，路線 2 的迴轉次數與急轉彎次數較多，可能增加行駛時的不穩定因素，造成掃描點雲品質較差。

考量路線行駛難易度，兩條路線各有優缺點，本團隊考量作業時間與場地主管單位的需求，建議採用路線 2 作為未來校正活動的掃描行駛路徑，並為確保送校的 LMS 皆可正確的行駛於規劃路線上，預計於校正活動時於路線轉彎處擺放三角錐 (圖 4-16)，LMS 需直線行駛超越三角錐後方可轉彎，確保 LMS 行駛路線之正確，同時於校正作業時配合交管人員維持場內人員與行車安全。



圖 4-16 於行駛路線轉彎處擺放三角錐

### 三、 第二次校正實作

1. 時間：109 年 11 月 18 日、11 月 25 日
2. 地點：內政部國土測繪中心 LMS 校正場（位於交通部運輸研究所港灣技術研究中心）
3. 待校件：內政部國土測繪中心 LMS
4. 校正人員：國土測繪中心實驗室相關授權人員、經緯航太科技工程師
5. 現場作業人員：
  - 經緯航太科技：陳均昇、吳品融、曾詠翰
  - 國土測繪中心：鍾文彥（主辦）、LMS 工作團隊、中區測量隊
6. 校正實作過程：

前述第一次校正實作係於校正場設置完成時進行，固定點採



eGNSS 測量，校正標參考值使用較為簡易的位置量測成果，為完善本案提出 LMS 校正系統之不確定度評估，依照本章第二節所研擬之校正程序，進行第二次校正實作，簡述過程如下。

(1) 校正標坐標參考值量測

i. 固定點 A (GNSS 靜態基站) 與衛星控制點聯測

於 11 月 25 日進行，上下午各觀測 1 個時段，1 個時段 3 小時。

ii. 固定點 B、C、D (地面控制點) 衛星定位測量

於 11 月 25 日進行，上下午各觀測 1 個時段，1 個時段 1 小時。

iii. 安裝牆上的磁吸式校正標

於 11 月 18 日進行，共安裝牆上校正標 12 個。

iv. 全測站儀量測校正標坐標參考值

於 11 月 18 日進行，分別架設全測站儀於固定點 B 與 C (互為後視點)，1 測回觀測校正標，2 測站測得坐標取平均作為校正標參考值。



圖 4-17 校正標坐標參考值量測作業－衛星控制點聯測 (M906)



圖 4-18 校正標坐標參考值量測作業－固定點衛星定位測量



圖 4-19 校正標坐標參考值量測作業－安裝牆上磁吸式校正標



圖 4-20 校正標坐標參考值量測作業－全測站量測校正標參考坐標

## (2) 光達測繪車 (LMS) 掃描作業

先於現場轉彎處擺放三角錐 (圖 4-16)，並與駕駛充份說明行駛路線，由校正人員 (本階段由經緯航太工程師暫代) 坐於 LMS 副駕駛座引導，依序依照路線 1 與路線 2 進行掃描，掃描軌跡分別如圖 4-21、4-22 所示，點雲檢視校正標如圖 4-23 所示。

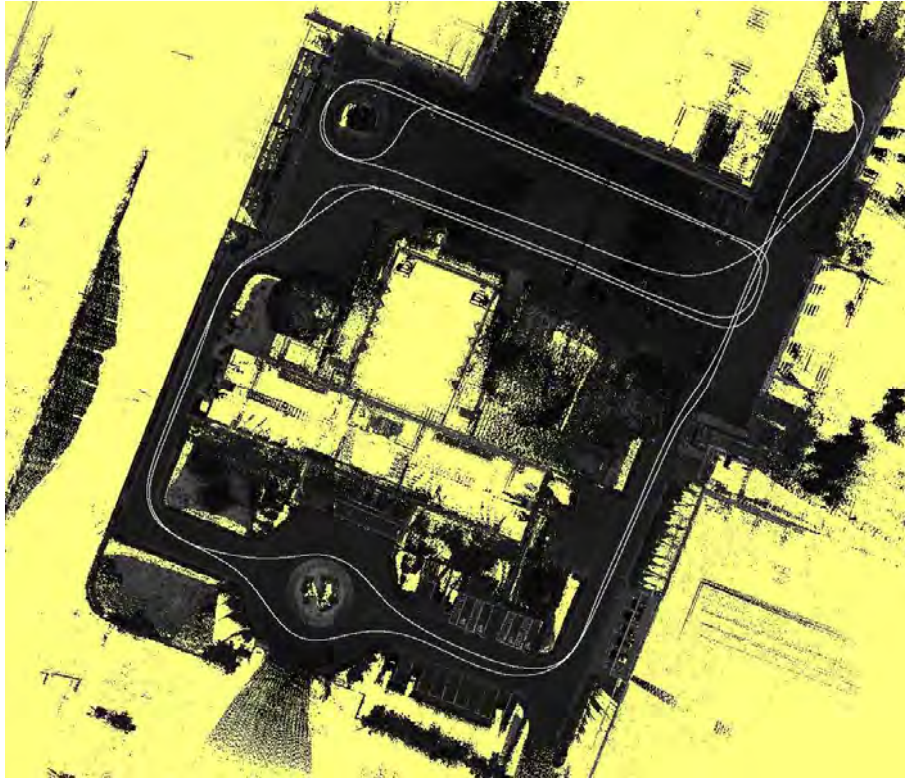


圖 4-21 NLSC LMS 第 2 次校正實作掃描軌跡—路線 1

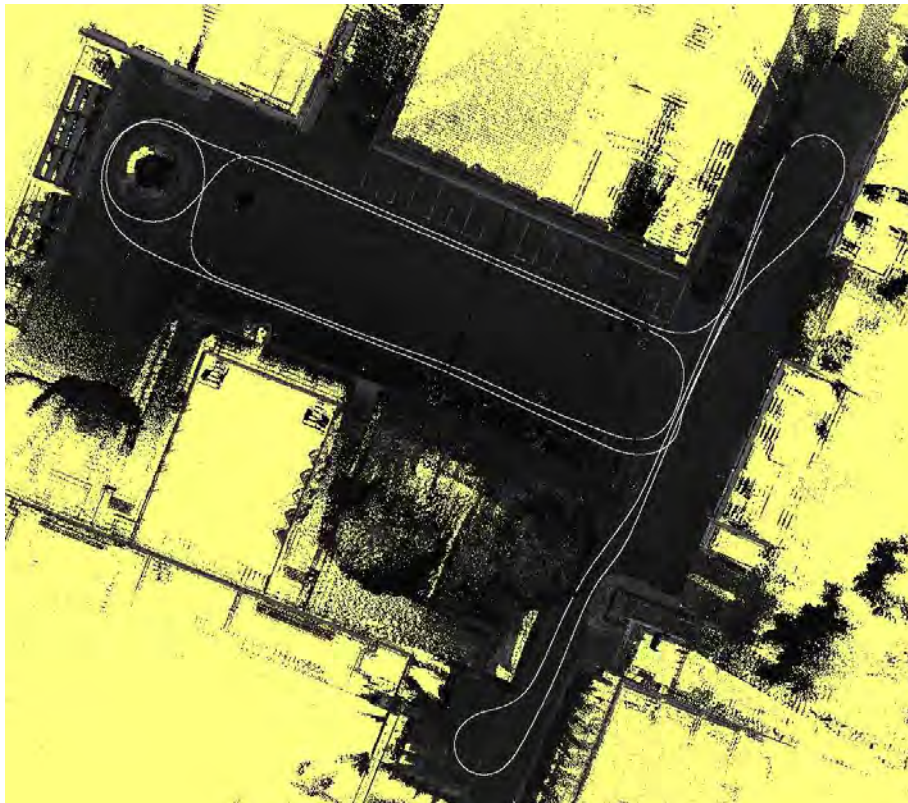
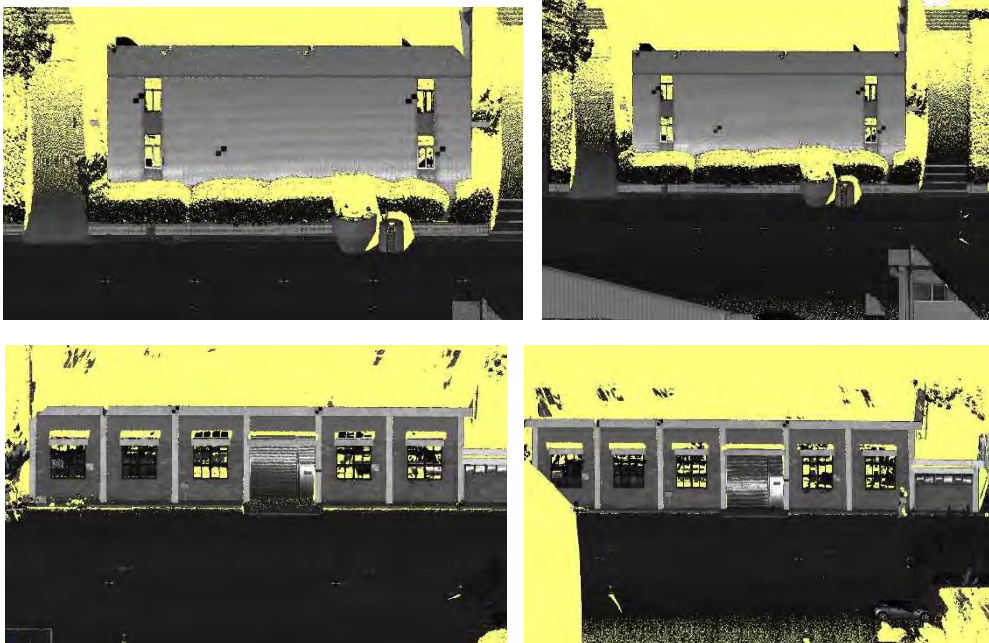


圖 4-22 NLSC LMS 第 2 次校正實作掃描軌跡—路線 2



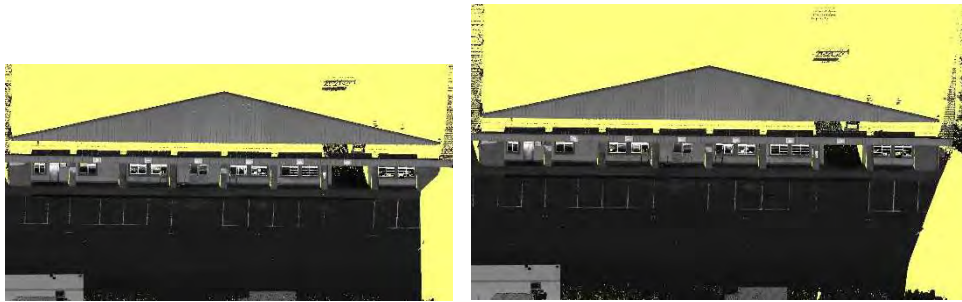


圖 4-23 NLSC LMS 第 2 次校正實作掃描點雲檢視校正標 (左:路線 1 右:路線 2)

依校正程序執行步驟，以待校件 LMS 原廠或慣用的工具軟體解算軌跡與處理光達掃描資料，產出 LAS 檔。

校正人員收到顧客解算的 LAS 檔後，使用 Terrasolid 與 AutoCAD 等點雲處理軟體量測校正標，得到校正標三維坐標量測值，可以與校正標參考值進行比對。

#### 四、 第二次校正成果分析

比對校正標量測值與參考值，計算器差，其中擴充不確定評估與計算方式請參閱第伍章第一節，研擬校正報告（草案），摘錄器差報表如下所示，完整校正報告（草案）請參閱附錄十二。

第二次校正實作的成果與第一次差異不大，顯示校正場與校正作業程序具有相當的穩定性。比較兩次校正的精度（器差均方根值），第二次實作的成果略差，可能原因為 LMS 當天作業時 GNSS 衛星接收器訊號不佳所致，後續已於第 4 次保養維護作業更新衛星接收器韌體，於 110 年度 TAF 認證前尚須累積 2 次校正報告，可再進一步比較校正成果與精度分析成果是否具有的一致性。

另檢視器差報表，可以發現於校正場地設置三角錐控制行駛路線後，於路線 1 的校正結果可以發現已降低轉彎處校正標（P01、P03、P05）的異常器差值現象，惟於路線 2 的校正成果，該處校正標的水平器差仍然偏大，但已有效降低器差值，顯示控制行駛路線之重要性，後續可以再修正三角錐擺放的位置，使其轉彎處的掃描品質能提高。

表 4-14 NLSC LMS 第 2 次校正實作校正報告—器差報表-平面方向 (路線 1)

| 序號 | 校正標編號 | 校正標類型<br>地面/牆面(水平距離) | 橫坐標器差<br>(mm)<br>$E_m - E_r$ | 縱坐標器差<br>(mm)<br>$N_m - N_r$ | 平面方向器差(mm)<br>$\Delta S = ((E_m - E_r)^2 + (N_m - N_r)^2)^{0.5}$ | 平面方向擴充不確定度<br>(mm) |
|----|-------|----------------------|------------------------------|------------------------------|--|--------------------|
| 1  | G01   | 地面                   | 27                           | 32                           | 42   | 96                 |
| 2  | G02   | 地面                   | 24                           | 56                           | 61   | 96                 |
| 3  | G03   | 地面                   | -30                          | 38                           | 48   | 96                 |
| 4  | G04   | 地面                   | -27                          | 18                           | 33   | 96                 |
| 5  | G05   | 地面                   | -34                          | 24                           | 41   | 96                 |
| 6  | G06   | 地面                   | -20                          | 7                            | 21   | 96                 |
| 7  | G07   | 地面                   | -16                          | -3                           | 16   | 96                 |
| 8  | G08   | 地面                   | 8                            | -18                          | 19   | 96                 |
| 9  | P01   | 水平距離<br>10m          | -1                           | 27                           | 28   | 96                 |
| 10 | P02   | 水平距離<br>10m          | -7                           | 25                           | 26   | 96                 |
| 11 | P03   | 水平距離<br>10m          | -8                           | 27                           | 29   | 96                 |
| 12 | P04   | 水平距離<br>10m          | -3                           | 27                           | 27   | 96                 |
| 13 | P05   | 水平距離<br>10m          | -17                          | 22                           | 29   | 96                 |
| 14 | P06   | 水平距離<br>10m          | -12                          | 28                           | 30   | 96                 |
| 15 | P07   | 水平距離                 | 26                           | 1                            | 26   | 96                 |



| 序號 | 校正標編號 | 校正標類型<br>地面/牆面(水平距離) | 橫坐標器差 (mm)<br>$E_m - E_r$ | 縱坐標器差 (mm)<br>$N_m - N_r$ | 平面方向器差(mm)<br>$\Delta S = ((E_m - E_r)^2 + (N_m - N_r)^2)^{0.5}$ | 平面方向擴充不確定度 (mm) |
|----|-------|----------------------|---------------------------|---------------------------|--|-----------------|
|    |       | 10m                  |                           |                           |  |                 |
| 16 | P08   | 水平距離<br>10m          | 33                        | 1                         | 33   | 96              |
| 17 | P09   | 水平距離<br>10m          | 1                         | 22                        | 23   | 96              |
| 18 | P10   | 水平距離<br>10m          | 4                         | 15                        | 16   | 96              |
| 19 | P11   | 水平距離<br>10m          | 11                        | 12                        | 17   | 96              |
| 20 | P12   | 水平距離<br>10m          | 6                         | 15                        | 16   | 96              |
| 21 | P01   | 水平距離<br>27m          | 0                         | 7                         | 7  | 96              |
| 22 | P02   | 水平距離<br>27m          | 7                         | 1                         | 7  | 96              |
| 23 | P03   | 水平距離<br>27m          | -3                        | 6                         | 6  | 96              |
| 24 | P04   | 水平距離<br>27m          | 7                         | 11                        | 13   | 96              |
| 25 | P05   | 水平距離<br>27m          | -11                       | 13                        | 17   | 96              |
| 26 | P06   | 水平距離<br>27m          | 10                        | 14                        | 17   | 96              |
| 27 | P11   | 水平距離<br>27m          | 22                        | 15                        | 27   | 96              |



| 序號 | 校正標<br>編號 | 校正標類<br>型<br>地面/牆<br>面(水平<br>距離) | 橫坐標<br>器差<br>(mm)<br>$E_m - E_r$ | 縱坐標<br>器差<br>(mm)<br>$N_m - N_r$ | 平面方向器差(mm)<br>$\Delta S = ((E_m - E_r)^2 + (N_m - N_r)^2)^{0.5}$ | 平面方向<br>擴充不確<br>定度<br>(mm) |
|----|-----------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------|
| 28 | P12       | 水平距離<br>27m                      | 37                               | 9                                | 38   | 96                         |

平面方向器差均方根值：28 mm

表 4-15 NLSC LMS 第 2 次校正實作校正報告－器差報表-高程方向（路線 1）

| 序號 | 校正標<br>編號 | 校正標類型<br>地面/牆面(水平距離) | 高程方向器差(mm)<br>$h_m - h_r$ | 高程方向<br>擴充不確定度(mm) |
|----|-----------|----------------------|---------------------------|--------------------|
| 1  | G01       | 地面                   | -13                       | 98                 |
| 2  | G02       | 地面                   | -5                        | 98                 |
| 3  | G03       | 地面                   | -15                       | 98                 |
| 4  | G04       | 地面                   | -11                       | 98                 |
| 5  | G05       | 地面                   | -16                       | 98                 |
| 6  | G06       | 地面                   | -19                       | 98                 |
| 7  | G07       | 地面                   | -14                       | 98                 |
| 8  | G08       | 地面                   | -13                       | 98                 |
| 9  | P01       | 水平距離 10m             | -44                       | 98                 |
| 10 | P02       | 水平距離 10m             | -46                       | 98                 |
| 11 | P03       | 水平距離 10m             | -33                       | 98                 |
| 12 | P04       | 水平距離 10m             | -23                       | 98                 |

| 序號 | 校正標<br>編號 | 校正標類型<br>地面/牆面(水平距離) | 高程方向器差(mm)<br>$h_m-h_r$ | 高程方向<br>擴充不確定度(mm) |
|----|-----------|----------------------|-------------------------|--------------------|
| 13 | P05       | 水平距離 10m             | -24                     | 98                 |
| 14 | P06       | 水平距離 10m             | -17                     | 98                 |
| 15 | P07       | 水平距離 10m             | -34                     | 98                 |
| 16 | P08       | 水平距離 10m             | -41                     | 98                 |
| 17 | P09       | 水平距離 10m             | -30                     | 98                 |
| 18 | P10       | 水平距離 10m             | -19                     | 98                 |
| 19 | P11       | 水平距離 10m             | -34                     | 98                 |
| 20 | P12       | 水平距離 10m             | 45                      | 98                 |
| 21 | P01       | 水平距離 27m             | -60                     | 98                 |
| 22 | P02       | 水平距離 27m             | -71                     | 98                 |
| 23 | P03       | 水平距離 27m             | -37                     | 98                 |
| 24 | P04       | 水平距離 27m             | -48                     | 98                 |
| 25 | P05       | 水平距離 27m             | -32                     | 98                 |
| 26 | P06       | 水平距離 27m             | -35                     | 98                 |
| 27 | P11       | 水平距離 27m             | -15                     | 98                 |
| 28 | P12       | 水平距離 27m             | 76                      | 98                 |

高程方向器差均方根值：46 mm

表 4-16 NLSC LMS 第 2 次校正實作校正報告—器差報表-平面方向 (路線 2)

| 序號 | 校正標<br>編號 | 校正標<br>類型<br>地面/牆<br>面(水平<br>距離) | 橫坐標<br>器差<br>(mm)<br>$E_m - E_r$ | 縱坐標<br>器差<br>(mm)<br>$N_m - N_r$ | 平面方向器差(mm)<br>$\Delta S = ((E_m - E_r)^2 + (N_m - N_r)^2)^{0.5}$ | 平面方向<br>擴充不確定<br>度(mm) |
|----|-----------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|------------------------|
| 1  | G01       | 地面                               | 33                               | 30                               | 44   | 96                     |
| 2  | G02       | 地面                               | 18                               | 53                               | 56   | 96                     |
| 3  | G03       | 地面                               | -27                              | 35                               | 44   | 96                     |
| 4  | G04       | 地面                               | -33                              | 24                               | 41   | 96                     |
| 5  | G05       | 地面                               | -32                              | 27                               | 42   | 96                     |
| 6  | G06       | 地面                               | -41                              | 20                               | 46   | 96                     |
| 7  | G07       | 地面                               | -34                              | 13                               | 36   | 96                     |
| 8  | G08       | 地面                               | -12                              | 1                                | 12   | 96                     |
| 9  | P01       | 水平距<br>離 10m                     | -4                               | 17                               | 17   | 96                     |
| 10 | P02       | 水平距<br>離 10m                     | -14                              | 30                               | 33   | 96                     |
| 11 | P03       | 水平距<br>離 10m                     | -21                              | 28                               | 35   | 96                     |
| 12 | P04       | 水平距<br>離 10m                     | -20                              | 30                               | 36   | 96                     |
| 13 | P05       | 水平距<br>離 10m                     | -22                              | 24                               | 33   | 96                     |
| 14 | P06       | 水平距<br>離 10m                     | -24                              | 30                               | 38   | 96                     |
| 15 | P07       | 水平距                              | -4                               | 11                               | 12   | 96                     |

| 序號 | 校正標<br>編號 | 校正標<br>類型<br>地面/牆<br>面(水平<br>距離) | 橫坐標<br>器差<br>(mm)<br>$E_m - E_r$ | 縱坐標<br>器差<br>(mm)<br>$N_m - N_r$ | 平面方向器差(mm)<br>$\Delta S = ((E_m - E_r)^2 + (N_m - N_r)^2)^{0.5}$ | 平面方向<br>擴充不確定<br>度(mm) |
|----|-----------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|------------------------|
|    |           | 離 10m                            |                                  |                                  |  |                        |
| 16 | P08       | 水平距<br>離 10m                     | 9                                | -9                               | 13   | 96                     |
| 17 | P09       | 水平距<br>離 10m                     | -3                               | 4                                | 5  | 96                     |
| 18 | P10       | 水平距<br>離 10m                     | -6                               | 3                                | 7  | 96                     |
| 19 | P11       | 水平距<br>離 10m                     | 2                                | 19                               | 19   | 96                     |
| 20 | P12       | 水平距<br>離 10m                     | 4                                | 25                               | 25   | 96                     |
| 21 | P01       | 水平距<br>離 27m                     | -40                              | 37                               | 55   | 96                     |
| 22 | P02       | 水平距<br>離 27m                     | -33                              | 27                               | 43   | 96                     |
| 23 | P03       | 水平距<br>離 27m                     | -29                              | 29                               | 41   | 96                     |
| 24 | P04       | 水平距<br>離 27m                     | -22                              | 29                               | 36   | 96                     |
| 25 | P05       | 水平距<br>離 27m                     | -48                              | 39                               | 61   | 96                     |
| 26 | P06       | 水平距<br>離 27m                     | -47                              | 41                               | 63   | 96                     |
| 27 | P11       | 水平距<br>離 27m                     | 55                               | 0                                | 55   | 96                     |

| 序號 | 校正標<br>編號 | 校正標<br>類型<br>地面/牆<br>面(水平<br>距離) | 橫坐標<br>器差<br>(mm)<br>$E_m - E_r$ | 縱坐標<br>器差<br>(mm)<br>$N_m - N_r$ | 平面方向器差(mm)<br>$\Delta S = ((E_m - E_r)^2 + (N_m - N_r)^2)^{0.5}$ | 平面方向<br>擴充不確定<br>度(mm) |
|----|-----------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|------------------------|
| 28 | P12       | 水平距離<br>27m                      | 64                               | 2                                | 64   | 96                     |

平面方向器差均方根值：40 mm

表 4-17 NLSC LMS 第 2 次校正實作校正報告－器差報表-高程方向（路線 2）

| 序號 | 校正標<br>編號 | 校正標類型<br>地面/牆面(水平距離) | 高程方向器差(mm)<br>$h_m - h_r$ | 高程方向<br>擴充不確定度(mm) |
|----|-----------|----------------------|---------------------------|--------------------|
| 1  | G01       | 地面                   | -11                       | 98                 |
| 2  | G02       | 地面                   | -17                       | 98                 |
| 3  | G03       | 地面                   | -15                       | 98                 |
| 4  | G04       | 地面                   | -11                       | 98                 |
| 5  | G05       | 地面                   | 2                         | 98                 |
| 6  | G06       | 地面                   | 16                        | 98                 |
| 7  | G07       | 地面                   | 29                        | 98                 |
| 8  | G08       | 地面                   | 35                        | 98                 |
| 9  | P01       | 水平距離 10m             | -51                       | 98                 |
| 10 | P02       | 水平距離 10m             | -48                       | 98                 |
| 11 | P03       | 水平距離 10m             | -21                       | 98                 |
| 12 | P04       | 水平距離 10m             | -35                       | 98                 |
| 13 | P05       | 水平距離 10m             | -5                        | 98                 |

| 序號 | 校正標<br>編號 | 校正標類型<br>地面/牆面(水平距離) | 高程方向器差(mm)<br>$h_m-h_r$ | 高程方向<br>擴充不確定度(mm) |
|----|-----------|----------------------|-------------------------|--------------------|
| 14 | P06       | 水平距離 10m             | -21                     | 98                 |
| 15 | P07       | 水平距離 10m             | -31                     | 98                 |
| 16 | P08       | 水平距離 10m             | -38                     | 98                 |
| 17 | P09       | 水平距離 10m             | -18                     | 98                 |
| 18 | P10       | 水平距離 10m             | -10                     | 98                 |
| 19 | P11       | 水平距離 10m             | 19                      | 98                 |
| 20 | P12       | 水平距離 10m             | 107                     | 98                 |
| 21 | P01       | 水平距離 27m             | 1                       | 98                 |
| 22 | P02       | 水平距離 27m             | -11                     | 98                 |
| 23 | P03       | 水平距離 27m             | -11                     | 98                 |
| 24 | P04       | 水平距離 27m             | 5                       | 98                 |
| 25 | P05       | 水平距離 27m             | 10                      | 98                 |
| 26 | P06       | 水平距離 27m             | 17                      | 98                 |
| 27 | P11       | 水平距離 27m             | -12                     | 98                 |
| 28 | P12       | 水平距離 27m             | 52                      | 98                 |

高程方向器差均方根值：51 mm

## 第四節 全測站儀免稜鏡測距追溯程序

有關全測站儀以免稜鏡方式測量校正標之量測實驗室追溯程序，參照 ISO17025:2017 6.5.3「當計量追溯在技術上無法追溯至國際單位制(SI)時，實驗室應證明計量追溯性至適當參考基準。」規定，利用國土測繪中心電子測距儀校正場，以實驗室標準件 Leica TM30 及稜鏡量測所得之標準值，與工作標準件及免稜鏡反射版測量結果進行比對，來確保追溯有效性，未來則規劃每 3 年系統評估時辦理。

參考國土測繪中心 104 年自行研究報告—「全站儀免稜鏡測距校正量測不確定度評估之研究」，規劃免稜鏡量測追溯作業程序如下：

### 一、 作業程序

#### 1. 環境壓力及大氣壓力觀測

- (1) 將溫度計及壓力計置於陰涼處開啟，依操作經驗，為讓儀器穩定並適應環境，至少需 10 分鐘後始可進行觀測。
- (2) 於陰涼處開啟工作件之儀器箱（包含反射稜鏡與反射板），讓儀器穩定並適應環境，10 分鐘後始可開始進行校正作業。
- (3) 使用工作件進行參考標準距離量測及每部校正件校正作業觀測前，應觀測環境溫度及絕對壓力，並將觀測值輸入儀器及填載於觀測記錄表。

#### 2. 設置求心基座：架設反射稜鏡與反射板之樁位均應先整置求心基座，於定平後始可架設反射稜鏡與反射板施測。

#### 3. 加常數查核

- (1) 說明：依實驗室校正經驗，影響校正可能的最大誤差來源為電子測距儀加常數，當儀器存在加常數，將直接影響每段標準距離，並影響校正結果正確性，因此執行此項查核，以驗證參考標準件加常數是穩定的，並確保校正結果的正確性。
- (2) 時機：每季執行校正之參考標準距離量測作業前。
- (3) 方法：將參考標準件整置於 31 m（或 59 m 或 77 m）處基樁，檢查儀器之各項常數並記錄於『電子測距儀加常數查核紀錄表』，將環境溫度及壓力輸入儀器，依該表完成所有觀測，並

紀錄觀測結果，據以計算加常數，其值應在量測品保之管制範圍內，若否則應停止校正並查明原因。

#### 4. 實驗室標準件參考標準距離量測

實驗室標準件以反射稜鏡模式進行距離量測，依照 LMS 校正場規格，觀測至 95 m 即可滿足需求。

- (1) 觀測至 95 m：將工作件整置於 0 m 處基樁，分別照準整置於 5 m、23 m、31 m、59 m、77 m 及 95 m 處之反射稜鏡；接著將工作件整置於 5 m 處基樁，分別照準整置於 23 m、31 m、59 m、77 m 及 95 m 處之反射稜鏡，每段距離正、倒鏡各觀測 3 次，將平距記錄於『反射稜鏡測距參考標準距離觀測紀錄表』，觀測組合圖如圖 4-24。

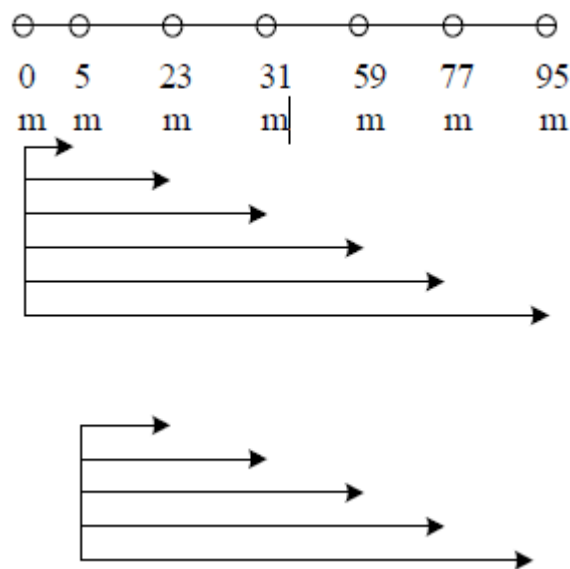


圖 4-24 電子測距儀校正場觀測組合圖

- (2) 各段參考標準距離值應在基樁穩定性管制範圍內，若否則應停止比對，查明原因。

#### 5. 工作件參考標準距離量測

工作件以反射稜鏡模式進行距離量測，依照 LMS 校正場規格，觀測至 95 m 即可滿足需求。

- (1) 觀測至 95 m：將工作件整置於 0 m 處基樁，分別照準整置於 5 m、23 m、31 m、59 m、77 m 及 95 m 處之反射稜鏡；接著



將工作件整置於 5 m 處基樁，分別照準整置於 23 m、31 m、59 m、77 m 及 95 m 處之反射稜鏡，每段距離正、倒鏡各觀測 3 次，將平距記錄於『反射稜鏡測距參考標準距離觀測紀錄表』，觀測組合圖如圖 4-24。

(2) 各段參考標準距離值應在基樁穩定性管制範圍內，若否應停止比對，查明原因。

6. 於求心基座架設反射板(貼附校正標相同材質之 PVC 霧面膜)

7. 待比對距離量測

工作件以免稜鏡模式進行距離量測，依照 LMS 校正場規格，觀測至 95 m 即可滿足需求。

(1) 觀測至 95 m：將工作件整置於 0 m 處基樁，分別照準整置於 5 m、23 m、31 m、59 m、77 m 及 95 m 處之反射板；接著將工作件整置於 5 m 處基樁，分別照準整置於 23 m、31 m、59 m、77 m 及 95 m 處之反射板，每段距離正、倒鏡各觀測 3 次，將平距記錄於『免稜鏡測距待比對距離觀測紀錄表』，觀測組合圖如圖 4-24。

8. 資料分析，比對實驗室標準件與工作件兩種測距結果具有一致性(常數差)，確認免稜鏡量測追溯有效性。

## 二、 比對結果與分析

109 年 11 月 19 日於國土測繪中心電子測距儀校正場進行全測站儀免稜鏡量測之追溯程序，使用之實驗室標準件、工作標準件與相關配件如表 4-18 所示。

表 4-18 精密測距系統

| 名稱      | 廠牌    | 型/序號 | 數量 | 規格                             | 功能   | 備註     |
|---------|-------|------|----|--------------------------------|------|--------|
| 精密電子測距儀 | Leica | TM30 | 1  | 稜鏡測距精度：<br>0.6mm+1ppm<br>免稜鏡測距 | 量測距離 | 實驗室標準件 |

|                     |                               |                      |   |   |                    |                      |
|---------------------|-------------------------------|----------------------|---|---|--------------------|----------------------|
|                     |                               |                      |   | 精度：<br>2mm+ 2ppm                                      |                    |                      |
| 精密<br>電子<br>測距<br>儀 | Sokkia                        | SET3-30RK3           | 1 | 稜鏡測距精<br>度：<br>2mm+ 2ppm<br>免稜鏡測距<br>精度：<br>3mm+ 2ppm | 量測<br>距離           | 工作<br>標準<br>件        |
| 反射<br>稜鏡            | Leica                         |                      | 1 |   | 距離<br>量測<br>附件     | 量測<br>參考<br>標準<br>距離 |
| 反射<br>板             | -                             | -                    | 1 | 貼附與校正<br>標同材質之<br>黑白標 PVC<br>霧面膜                      | 距離<br>量測<br>附件     | 量測<br>待比<br>對距<br>離  |
| 溫室<br>度計            | rotronic                      | HP21<br>60937078     | 1 | $\pm 0.2^{\circ}\text{C} / \pm$<br>$1.0\% \text{ rh}$ | 溫溼<br>度<br>量測      |                      |
| 氣壓<br>計             | Meriam                        | A1500MH<br>179700-Y1 | 1 | $\pm (0.5 + 0.25$<br>$\% \times \text{讀數})$           | 壓力<br>量<br>測       | -                    |
| 求心<br>基座            | Sokkia /<br>Leica /<br>Topcon | -                    | 6 | 定平精度<br>$60'' / 2 \text{ mm}$<br>(含)<br>以上            | 距離<br>量<br>測附<br>件 | -                    |

依照前述免稜鏡量測追溯作業程序，比對實驗室標準件（稜鏡測距）、工作標準件（稜鏡測距）與工作標準件（免稜鏡測距）之測距成果（如表 4-19），在工作標準件的免稜鏡測距模式下，於各基樁的

測距數據與稜鏡測距模式下之測距成果差異約為 1mm 上下，分析其差值 ( ) STD 為 0.001m，RMS 為 0.002m，顯示免稜鏡測距所得距離尚在其標示精度範圍  $\pm(3\text{mm}+2\text{ppm})$  內，且免稜鏡測距所得距離作為參考值量測使用應為可行。

表 4-19 測距成果比對

| 基樁     | 實驗室標準件<br>(稜鏡測距)D <sub>1</sub><br>(m) | 工作標準件<br>(稜鏡測距)D <sub>2</sub><br>(m) | 工作標準件<br>(免稜鏡測距)D <sub>3</sub><br>(m) | D <sub>2</sub> -D <sub>1</sub><br>(m) | D <sub>3</sub> -D <sub>2</sub><br>(m) | D <sub>3</sub> -D <sub>1</sub><br>(m) |
|--------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 0M-5M  | 4.9979                                | 4.997                                | 4.996                                 | -0.001                                | -0.001                                | -0.002                                |
| 0M-23M | 23.0276                               | 23.026                               | 23.024                                | -0.001                                | -0.002                                | -0.003                                |
| 0M-31M | 30.9890                               | 30.988                               | 30.987                                | -0.002                                | -0.001                                | -0.002                                |
| 0M-59M | 59.0145                               | 59.014                               | 59.014                                | -0.001                                | 0.001                                 | 0.000                                 |
| 0M-77M | 77.0180                               | 77.017                               | 77.017                                | -0.001                                | 0.000                                 | -0.001                                |
| 0M-95M | 95.0183                               | 95.018                               | 95.018                                | -0.001                                | 0.001                                 | 0.000                                 |
| 5M-23M | 18.0292                               | 18.028                               | 18.028                                | -0.001                                | -0.001                                | -0.002                                |
| 5M-31M | 25.9909                               | 25.990                               | 25.990                                | -0.001                                | 0.000                                 | -0.001                                |
| 5M-59M | 54.0163                               | 54.015                               | 54.016                                | -0.001                                | 0.001                                 | 0.000                                 |
| 5M-77M | 72.0198                               | 72.018                               | 72.019                                | -0.001                                | 0.001                                 | -0.001                                |
| 5M-95M | 90.0203                               | 90.019                               | 90.020                                | -0.001                                | 0.001                                 | 0.000                                 |

## 第五章 TAF 校正領域認證作業先期評估

### 第一節 不確定度評估及計算

依國際標準組織建議評估方法，將各項誤差來源分為 A 類及 B 類不確定度，並予以量化。其中，A 類以統計方法評估，B 類用其他方法評估，兩者皆以假設性機率分布為基礎，估得各標準不確定度，依特定信賴水準與有效自由度，決定涵蓋因子，計算擴充不確定度。有關各項校正作業誤差來源及校正系統之擴充不確定度，分析說明如下：

#### 一、 建立量測方程式

光達測繪車校正系統的校正方式原理，係應用工作標準件衛星定位儀及全測站儀引測固定點至校正標中心坐標為參考值，與校正件光達測繪車掃描點雲的校正標中心坐標量測值進行比對。其中，校正件所得的坐標量測值( $L_m$ )與工作標準件所得的坐標參考值( $L_r$ )的器差( $Diff_1$ )，三者關係可表示為：

$$Diff_1 = L_m - L_r \quad (5-1)$$

$Diff_1$  為二者量測器差值，

$L_m$  為光達測繪車掃描點雲的坐標量測值，

$L_r$  為工作標準件經緯儀定位的坐標參考值，

所以  $Diff_1$  的組合標準不確定度

$$u(Diff_1) = [u(L_r)^2 + u(L_m)^2]^{1/2} \quad (5-2)$$

式中：

$u(L_r)$  表示工作標準件量測標準不確定度。

$u(L_m)$  表示來自校正件量測之標準不確定度。

參考值  $L_r$  為校正標中心三維坐標，係應用衛星定位儀同步觀測網形控制點及固定點，先透過強制附合於網形控制點之平差，解算固定點之三維坐標，再利用全測站儀，以光線法引測至校正標，獲得三維坐標。

$$L_r = L_{CT} + L_{BS} + L_{TS} \quad (5-5)$$

$L_{CT}$ ：於 ECEF 坐標系統中，自地心至網形控制點的向量。

$L_{BS}$ ：自網形控制點至固定點的向量。

$L_{TS}$ ：自固定點至校正標中心的向量。

則  $L_r$  的組合標準不確定度為：

$$u(L_r) = ((u(L_{CT}))^2 + u(L_{BS})^2 + u(L_{TS})^2)^{1/2} \quad (5-6)$$

結合 (5-2)、(5-5) 及 (2-6) 式，則  $Diff_i$  的組合標準不確定度為：

$$u(Diff_1) = \left( u(L_{CT})^2 + u(L_{BS})^2 + u(L_{TS})^2 + \frac{u(L_{LD})^2}{n} \right)^{1/2} \quad (5-7)$$

其中  $L_{CT}$  及  $L_{BS}$  均為衛星定位測量成果，其組合標準不確定度可表示如下：

$$u(L_{CT})^2 = u(x_{1a})^2 + u(x_{2a})^2 + u(x_{3a})^2 + u(x_{4a})^2 + u(x_{5a})^2 + u(x_{6a})^2 \quad (5-8)$$

$$u(L_{BS})^2 = u(x_{1b})^2 + u(x_{2b})^2 + u(x_{3b})^2 + u(x_{4b})^2 + u(x_{5b})^2 + u(x_{6b})^2 \quad (5-9)$$

其中：

$u(x_1)$ ：為衛星定位系統量測重複性誤差之標準不確定度。

$u(x_2)$ ：為衛星定位儀整置定心定平及儀器高度量測誤差

組合之標準不確定度。

$u(x_3)$ ：為衛星定位儀相位中心偏移量之標準不確定度。

$u(x_4)$ ：為 IGS 衛星軌道誤差之標準不確定度。

$u(x_5)$ ：為氣象修正模式改正誤差之標準不確定度。

$u(x_6)$ ：為衛星定位儀來自校正追溯誤差之標準不確定度。

$L_{TS}$  係使用全測站儀量測成果，固定點的誤差由前述  $L_{CT}$  及  $L_{BS}$  而來，故本項的誤差來源為定心定平、儀器及稜鏡量高誤差及全測站儀設備本身的量測誤差等來源，則其組合標準不確定度可表示如下：

$$u(L_{TS})^2 = u(x_{1c})^2 + u(x_{2c})^2 + u(x_{3c})^2 \quad (5-9)$$

其中：

$u(x_{1c})$ ：為全測站儀整置定心定平之標準不確定度。

$u(x_{2c})$ ：為儀器及稜鏡高度量測組合之標準不確定度。

$u(x_{3c})$ ：為全測站儀設備本身的量測誤差之標準不確定度。

$L_{LD}$  係校正件的量測結果，其數學模型可表示如下：

$$L_{LD} = x_p^e = x_b^e + R_e^b \left( x_s^b + R_b^s \cdot \rho \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \sin \theta \\ \cos \theta \end{bmatrix} \right) \quad (5-10)$$

$$= (x_b^e + R_e^b \cdot x_s^b) + (R_e^b \cdot R_b^s) \cdot \rho \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \sin \theta \\ \cos \theta \end{bmatrix}$$

$$= x_{POS} + f(\omega, \phi, \kappa, \rho, \theta)$$

$$= x_{POS} + x_{OBS}$$

其中：

$x_{POS} = (x_b^e + R_e^b \cdot x_s^b)$ ，係於 ECEF 坐標系統中，自地心至校正件系統原點的向量。

$$x_{OBS} = f(\omega, \phi, \kappa, \rho, \theta) = (R_e^b \cdot R_b^s) \cdot \rho \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \sin \theta \\ \cos \theta \end{bmatrix}$$
，係於

ECEF 坐標系統中，自校正件中心至目標物之向量。

$\omega$  (Omega)：繞系統  $x$  軸方向的旋轉角度。

$\phi$  (Phi)：繞系統  $y$  軸方向的旋轉角度。

$\kappa$  (Kappa)：繞系統  $z$  軸方向的旋轉角度。

則其標準組合不確定度，可表示為下式：

$$u(L_{LD})^2 = u(x_{POS})^2 + u(x_{OBS})^2 \quad (5-11)$$

綜上所述， $Diff_1$  的組合標準不確定度由(5-7)式參考(5-8)、(5-9)、(5-10)及(5-11)式，可整理其函式與影響因子如下：

$$u(Diff_1) = f(x_{1a}, x_{2a}, x_{3a}, x_{4a}, x_{5a}, x_{6a}, x_{1b}, x_{2b}, x_{3b}, x_{4b}, x_{5b}, x_{6b}, x_{1c}, x_{2c}, x_{3c}, x_{POS}, \omega, \phi, \kappa, \rho, \theta) \quad (5-12)$$

## 二、不確定度分析程序

光達測繪車校正場系統單元包括網形控制點觀測網的衛星定位測量、固定點相對於網形控制點的衛星定位測量、固定點至校正標的全測站儀測量、校正件的雷射掃描測量。本文件相關數據計算均採電腦浮點數計算，為方便閱讀，文件內相關數據均經過小數位數捨位處

理呈現，將與實際運算結果存有捨位誤差，實際以文件最終計算結果為準。

在本系統中，影響衛星定位儀測量的主要誤差來源有：量測定位重複性、整置定平及定心、衛星定位儀接收儀相位中心偏移量、IGS 衛星軌道、氣象修正模式及改正以及衛星定位儀來自校正追溯的誤差等誤差來源。茲分析影響量，並說明如下：

#### 1. 網形控制點觀測網之不確定度來源分析

- (1) 網形控制點觀測定位重複性  $u(x_1)$ ：選用 4 個網形控制點(目前選用 M415、L051、M906、M929)，於 2020 年 11 月 25 日，分上、下午兩個時段聯測，每個時段同步觀測觀測 3 小時。以 L051 地心坐標經過投影計算為投影坐標(N, E, h)，作為校正場坐標起算點，分析計算其他 3 個網形控制點坐標。觀測定位重複性分析，以每 1 小時為 1 組數據，3 個網形控制點總共觀測 18 個大地投影坐標資料(N, E, h)。3 個網形控制點分別計算 3 個點的坐標平均值(the mean of N/E/h)，觀測資料各減去對應的平均值後的較差量，計算各軸向較差量的標準差，N 軸向標準差  $\sigma_N = 6.700 \text{ mm}$ 、E 軸向標準差  $\sigma_E = 8.900 \text{ mm}$ 、h 軸向標準差  $\sigma_h = 19.000 \text{ mm}$ 。在 68.3%信賴水準下，計算組合標準差，平面方向量測定位重複性不確定度  $u(x_{INE}) = [(6.7^2 + 8.9^2)/2]^{1/2} = 7.877 \text{ mm}$ ；h 方向量測定位重複性不確定度  $u(x_{Ih}) = 19.000 \text{ mm}$ 。平面方向自由度  $v_{INE} = 2 \times (18 - 1) = 34$ ；高程方向自由度  $v_{Ih} = 17$ 。
- (2) 整置定平及定心、儀器高度量測：網形控制點整置衛星定位儀天線盤，天線盤並實施定平，並量測儀器高度。其合成影響量估計單向度最大為 2.000 mm，假設為矩形分佈，則定平、定心及儀器高量測的標準不確定度  $u(x_2) = 2.000 / (3)^{1/2} = 1.155 \text{ mm}$ ，估算其相對不確定性為 20%，自由度  $v_2 = (1/2) \times (20/100)^{-2} = 12.5 \doteq 12$ 。
- (3) 相位中心偏移量：衛星定位測量觀測值是以接收儀天線的相位中心位置為準，而本校正系統使用廠牌天線型號的相位中心與幾何中心，經過相位中心偏移修正後單向度平均差異約為 0.3 mm，假設為矩形分佈，則相位中心偏移量的標準不確定度  $u(x_3)$



$= 0.3 / (3)^{1/2} = 0.173 \text{ mm}$ ，估算其相對不確定性為 25 %，自由度  $\nu_{x_3} = (1/2) \times (25/100)^{-2} = 8$ 。

(4) IGS 衛星軌道：GNSS 衛星星曆 (GNSS Satellite Ephemeris) 從 IGS 取得精密軌道 (Final Orbits)，估計準確度在 5 cm 內。在處理 GNSS 觀測資料時，其對單向度基線所造成的影響量等於 5 cm 除以衛星距離約 20000 km，約為  $0.0025 \times 10^{-6} \times D$ ，假設為矩形分布，距離 D 以平均基線距離 3.5 km 代入，影響量為  $0.0025 \times 10^{-6} \times 3.5 \times 10^6 = 0.00875 \text{ mm}$ ，則 IGS 衛星軌道的標準不確定度  $u(x_4) = 0.00875 / 3^{1/2} = 0.005 \text{ mm}$ ，估算其相對不確定性為 20 %，則自由度  $\nu_4 = (1/2) \times (20/100)^{-2} = 12.5 \doteq 12$ 。

(5) 氣象修正模式及改正：GNSS 訊號在對流層的折射量乃與訊號傳播路徑上的空氣折射率有關，對單向度基線所造成的影響量，約為  $0.002 \times 10^{-6} \times D$ ，假設為矩形分布，距離 D 以 3.5km 代入，影響量為  $0.002 \times 10^{-6} \times 3.5 \times 10^6 = 0.007 \text{ mm}$ ，則氣象修正模式及改正的標準不確定度  $u(x_5) = 0.007/3^{1/2} = 0.004 \text{ mm}$ ，估算其相對不確定度為 20%，則自由度： $\nu_5 = (1/2) \times (20/100)^{-2} = 12.5 \doteq 12$ 。

(6) 來自校正追溯誤差：網形控制點觀測網使用的工作標準件 (618-00316) 校正係追溯自國土測繪中心測量儀器校正實驗室 (校正報告：109 年 10 月 23 日，編號 D200549A)，其校正報告內對於超短基線靜態相對定位之擴充不確定度為 8.8 mm，對應 95 %信賴水準之涵蓋因子為 2.79，自由度為 100，則來自追溯之標準不確定度  $u(x_6) = 8.8 / 2.79 = 3.2 \text{ mm}$ 。

綜整上述相關數據，網形控制點觀測網坐標之不確定度分析表，平面方向如表 5-1，高程方向如表 5-2。

表 5-1 網形控制點平面坐標之不確定度分析表

| 不確定度源                     | 估計量<br>(a) | 分配<br>係數<br>(b) | 標準不確定<br>度<br>(c) = (a) ÷ (b) | 靈敏<br>係數<br>(d) | 不確定度分<br>量<br>(e) = (c) × (d) | 自由<br>度 |
|---------------------------|------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|---------|
| 平面量測定位重複性<br><i>x1aNE</i> | 5.2 mm     | 1               | 5.2 mm                        | 1               | 5.2 mm                        | 34      |

| 不確定度源   | 估計量<br>(a) | 分配<br>係數<br>(b) | 標準不確定<br>度<br>(c) = (a) ÷ (b) | 靈敏<br>係數<br>(d) | 不確定度分<br>量<br>(e) = (c) × (d) | 自由<br>度 |
|---|------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|---------|
| 整置定心定平及量高 $x_{2a}$  | 2.0 mm     | $\sqrt{3}$      | 1.2 mm                        | 1               | 1.2 mm                        | 12      |
| 相位中心偏移量 $x_{3a}$  | 0.3 mm     | $\sqrt{3}$      | 0.2 mm                        | 1               | 0.2 mm                        | 8       |
| IGS 衛星軌道 $x_{4a}$   | 0.0 mm     | $\sqrt{3}$      | 0.0 mm                        | 1               | 0.0 mm                        | 12      |
| 氣象修正模式改正 $x_{5a}$   | 0.0 mm     | $\sqrt{3}$      | 0.0 mm                        | 1               | 0.0 mm                        | 12      |
| 來自校正追溯誤差 $x_{6aNE}$   | 3.2 mm     | 1               | 3.2 mm                        | 1               | 3.2 mm                        | 100     |
| 組合標準不確定度<br>$u(L_{CT-NE}) = \sqrt{5.2^2 + 1.2^2 + 0.2^2 + 0.0^2 + 0.0^2 + 3.2^2} = 6.2 \text{ mm}$ $v_{CT-NE} = \frac{5.8^4}{\left(\frac{5.2^4}{34}\right) + \left(\frac{1.2^4}{12}\right) + \left(\frac{0.2^4}{8}\right) + \left(\frac{0.0^4}{12}\right) + \left(\frac{0.0^4}{12}\right) + \left(\frac{3.2^4}{100}\right)}$ $= 66.1$ |            |                 |                               |                 |                               |         |

表 5-2 網形控制點高程方向坐標之不確定度分析表

| 不確定度源               | 估計量<br>(a) | 分配<br>係數<br>(b) | 標準不確定<br>度<br>(c) = (a) ÷ (b) | 靈敏<br>係數<br>(d) | 不確定度分<br>量<br>(e) = (c) × (d) | 自由<br>度 |
|---------------------|------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|---------|
| 高程量測定位重複性 $x_{1ah}$ | 12.2 mm    | 1               | 12.2 mm                       | 1               | 12.2 mm                       | 17      |
| 整置定心定平及量高 $x_{2a}$  | 2.0 mm     | $\sqrt{3}$      | 1.2 mm                        | 1               | 1.2 mm                        | 12      |
| 相位中心偏移量 $x_{3a}$    | 0.3 mm     | $\sqrt{3}$      | 0.2 mm                        | 1               | 0.2 mm                        | 8       |
| IGS 衛星軌道 $x_{4a}$   | 0.0 mm     | $\sqrt{3}$      | 0.0 mm                        | 1               | 0.0 mm                        | 12      |
| 氣象修正模式改正 $x_{5a}$   | 0.0 mm     | $\sqrt{3}$      | 0.0 mm                        | 1               | 0.0 mm                        | 12      |

| 不確定度源   | 估計量<br>(a) | 分配<br>係數<br>(b) | 標準不確定<br>度<br>(c) = (a) ÷ (b) | 靈敏<br>係數<br>(d) | 不確定度分<br>量<br>(e) = (c) × (d) | 自由<br>度 |
|---|------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|---------|
| 來自校正追溯誤差 $x_{6ah}$  | 3.2 mm     | 1               | 3.2 mm                        | 1               | 3.9 mm                        | 100     |
| 組合標準不確定度<br>$u(L_{CT-h}) = \sqrt{12.2^2 + 1.2^2 + 0.2^2 + 0.0^2 + 0.0^2 + 3.2^2} = 12.7 \text{ mm}$ $v_{CT-h} = \frac{12.5^4}{\left(\frac{12.2^4}{17}\right) + \left(\frac{1.2^4}{12}\right) + \left(\frac{0.2^4}{8}\right) + \left(\frac{0.0^4}{12}\right) + \left(\frac{0.0^4}{12}\right) + \left(\frac{3.2^4}{100}\right)} = 19.8$ |            |                 |                               |                 |                               |         |

## 2. 固定點相對於網形控制點之不確定度來源分析

- (1) 固定點量測定位重複性  $u(x_{1b})$ : 數據量測於 2020 年 11 月 25 日, 施測方法以 4 組衛星定位儀並組合網形控制測量點同步量測數據, 構成衛星定位觀測網絡。其中, 4 個固定點重複量測 2 次, 共有  $4 \times 2 = 8$  組觀測資料分析。由 4 個固定點的重複量測值計算 4 個平均值, 8 組測觀測資料各減去對應的平均值後的較差量。計算較差量標準差, N 軸向標準差  $\sigma_N = 3.500 \text{ mm}$ 、E 軸向標準差  $\sigma_E = 3.400 \text{ mm}$ 、h 軸向標準差  $\sigma_h = 10.600 \text{ mm}$ 。在 68.3% 信賴水準下, 計組合標準差, 平面方向量測定位重複性不確定度  $u(x_{1bNE}) = [(3.5^2 + 3.4^2)/2]^{1/2} = 3.450 \text{ mm}$ ; h 方向量測定位重複性不確定度  $u(x_{1bh}) = 10.600 \text{ mm}$ 。平面方向自由度  $v_{1bNE} = 2 \times (8 - 1) = 14$ ; 高程方向自由度  $v_{1bh} = 7$ 。
- (2) 整置定平及定心、儀器高度量測: 於固定點上整置衛星定位儀, 實施定平, 並量測儀器高度。其合成影響量估計單向度最大為  $2.000 \text{ mm}$ , 假設為矩形分佈, 則定平、定心及儀器高度量測的標準不確定度  $u(x_{2b}) = 2.000 / (3)^{1/2} = 1.155 \text{ mm}$ , 估算其相對不確定性為 20%, 自由度  $v_{2b} = (1/2) \times (20/100)^{-2} = 12.5 \div 12$ 。
- (3) 相位中心偏移量: 同原理, 相位中心偏移修正後單向度平均差異約為  $0.300 \text{ mm}$ , 假設為矩形分佈, 則相位中心偏移量的標準不確定度  $u(x_{3b}) = 0.3 / (3)^{1/2} = 0.173 \text{ mm}$ , 估算其相對不確定性為 25%, 自由度  $v_{3b} = (1/2) \times (25/100)^{-2} = 8$ 。

- (4) IGS 衛星軌道：同原理，誤差源影響約為  $0.003 \times 10^{-6} \times D$ ，假設為矩形分布，距離  $D$  以平均基線距離 3.5 km 代入，影響量為  $0.003 \times 10^{-6} \times 3.5 \times 10^6 = 0.00875$  mm，則 IGS 衛星軌道的標準不確定度  $u(x_{4b}) = 0.00875 / 3^{1/2} = 0.005$  mm，估算其相對不確定性為 20%，則自由度  $\nu_{4b} = (1/2) \times (20/100)^{-2} = 12.5 \doteq 12$ 。
- (5) 氣象修正模式及改正：同原理，對單向度基線所造成的影響量，約為  $0.002 \times 10^{-6} \times D$ ，假設為矩形分布，距離  $D$  以 3.5km 代入，影響量為  $0.002 \times 10^{-6} \times 3.5 \times 10^6 = 0.007$  mm，則氣象修正模式及改正的標準不確定度  $u(x_{5b}) = 0.007/3^{1/2} = 0.004$  mm，估算其相對不確定度為 20%，則自由度  $\nu_{5b} = (1/2) \times (20/100)^{-2} = 12.5 \doteq 12$ 。
- (6) 來自校正追溯誤差：固定點使用的工作標準件（618-00316）校正係追溯自國土測繪中心測量儀器校正實驗室（校正報告：109 年 10 月 23 日，編號 D200549A），其校正報告內對於超短基線靜態相對定位之擴充不確定度為 8.8 mm，對應 95% 信賴水準之涵蓋因子為 2.79，自由度為 100，則來自追溯之標準不確定度  $u(x_6) = 8.8 / 2.79 = 3.2$  mm。

綜整上述相關數據，固定點相對於網形控制點坐標之不確定度分析表，平面方向如表 5-3，高程方向如表 5-4。

表 5-3 固定點相對於網形控制點之不確定度分析表(平面方向)

| 不確定度源                | 估計量<br>(a) | 分配係數<br>(b) | 標準不確定度<br>(c) = (a) ÷ (b) | 靈敏係數(d) | 不確定度分量<br>(e) = (c) × (d) | 自由度 |
|----------------------|------------|-------------|---------------------------|---------|---------------------------|-----|
| 平面量測定位重複性 $x_{1bNE}$ | 3.3 mm     | 1           | 3.3 mm                    | 1       | 3.3 mm                    | 14  |
| 整置定心定平及量高 $x_{2b}$   | 2.0 mm     | $\sqrt{3}$  | 1.2 mm                    | 1       | 1.2 mm                    | 12  |
| 相位中心偏移量 $x_{3b}$     | 0.3 mm     | $\sqrt{3}$  | 0.2 mm                    | 1       | 0.2 mm                    | 8   |
| IGS 衛星軌道 $x_{4b}$    | 0.0 mm     | $\sqrt{3}$  | 0.0 mm                    | 1       | 0.0 mm                    | 12  |
| 氣象修正模式改正 $x_{5b}$    | 0.0 mm     | $\sqrt{3}$  | 0.0 mm                    | 1       | 0.0 mm                    | 12  |

| 不確定度源   | 估計量<br>(a) | 分配<br>係數<br>(b) | 標準不確定<br>度<br>(c) = (a) ÷ (b) | 靈敏係<br>數(d) | 不確定度分量<br>(e) = (c) × (d) | 自由<br>度 |
|---|------------|-----------------|-------------------------------|-------------|---------------------------|---------|
| 來自校正追溯誤差 $x_{6bNE}$   | 3.2 mm     | 1               | 3.2 mm                        | 1           | 3.2 mm                    | 100     |
| 組合標準不確定度<br>$u(L_{BS-NE}) = \sqrt{3.3^2 + 1.2^2 + 0.2^2 + 0.0^2 + 0.0^2 + 3.2^2} = 4.8 \text{ mm}$ $v_{BS-NE} = \frac{4.2^4}{\left(\frac{3.3^4}{84}\right) + \left(\frac{1.2^4}{12}\right) + \left(\frac{0.2^4}{8}\right) + \left(\frac{0.0^4}{12}\right) + \left(\frac{0.0^4}{12}\right) + \left(\frac{3.2^4}{100}\right)} = 52.7$ |            |                 |                               |             |                           |         |

表 5-4 固定點相對於網形控制點之不確定度分析表(高程方向)

| 不確定度源   | 估計量<br>(a) | 分配<br>係數<br>(b) | 標準不確定<br>度<br>(c) = (a) ÷ (b) | 靈敏係<br>數(d) | 不確定度分量<br>(e) = (c) × (d) | 自由<br>度 |
|---|------------|-----------------|-------------------------------|-------------|---------------------------|---------|
| 高程量測定位重複性 $x_{1h}$  | 6.5 mm     | 1               | 6.5 mm                        | 1           | 6.5 mm                    | 7       |
| 整置定心定平及量高 $x_{2b}$  | 2.0 mm     | $\sqrt{3}$      | 1.2 mm                        | 1           | 1.2 mm                    | 12      |
| 相位中心偏移量 $x_{3b}$  | 0.3 mm     | $\sqrt{3}$      | 0.2 mm                        | 1           | 0.2 mm                    | 8       |
| IGS 衛星軌道 $x_{4b}$   | 0.0 mm     | $\sqrt{3}$      | 0.0 mm                        | 1           | 0.0 mm                    | 12      |
| 氣象修正模式改正 $x_{5b}$   | 0.0 mm     | $\sqrt{3}$      | 0.0 mm                        | 1           | 0.0 mm                    | 12      |
| 來自校正追溯誤差 $x_{6bh}$  | 3.2 mm     | 1               | 3.2 mm                        | 1           | 3.2 mm                    | 100     |
| 組合標準不確定度<br>$u(L_{BS-h}) = \sqrt{6.5^2 + 1.2^2 + 0.2^2 + 0.0^2 + 0.0^2 + 3.2^2} = 7.3 \text{ mm}$ $v_{BS-h} = \frac{7.0^4}{\left(\frac{6.5^4}{42}\right) + \left(\frac{1.2^4}{12}\right) + \left(\frac{0.2^4}{8}\right) + \left(\frac{0.0^4}{12}\right) + \left(\frac{0.0^4}{12}\right) + \left(\frac{3.2^4}{100}\right)} = 11.4$ |            |                 |                               |             |                           |         |

### 3. 固定點至校正標全測站儀測量之不確定度來源分析

#### (1) 整置定心定平誤差 $x_{1c}$ ：

於固定點上整置全測站儀，實施定心定平，其合成影響量估計最大為 2.0 mm，假設為矩形分布，分配係數為 $\sqrt{3}$ ，則定心定平誤差的標準不確定度  $u(x_{1c}) = 2.0 / \sqrt{3} = 1.2$  mm，估算其相對不確定性為 20%，自由度  $\nu_{1c} = (1/2) \times (20/100)^{-2} = 12.5 \doteq 12$ 。

#### (2) 儀器及稜鏡高度量測誤差 $x_{2c}$ ：

有關使用鋼捲尺量測高度之誤差，其合成影響量估計單向度最大為 2.0 mm，假設為矩形分佈，分配係數為 $\sqrt{3}$ ，則量測的高度標準不確定度  $u(h_r) = 2.0 / \sqrt{3} = 1.2$  mm，估算其相對不確定性為 20%，自由度  $\nu_r = (1/2) \times (20/100)^{-2} = 12.5 \doteq 12$ 。量測儀器及稜鏡高度僅影響高程部分，平面部分影響甚小可忽略，故  $u(x_{2cNE}) = 0.0$  mm， $u(x_{2ch}) = \sqrt{u(h_f)^2 + u(h_i)^2} = \sqrt{(1.2)^2 + (1.2)^2} = 1.6$ 。

則自由度為，

$$\begin{aligned} \nu_{2ch} &= \frac{u(x_{2ch})^4}{\left(\frac{u(h_f)^4}{12}\right) + \left(\frac{u(h_i)^4}{12}\right)} \\ &= \frac{1.6330^4}{\left(\frac{1.2^4}{12}\right) + \left(\frac{1.2^4}{12}\right)} = 25.0 \end{aligned}$$

#### (3) 全測站儀的量測誤差 $x_{3c}$ ：

由全測站儀所得量測值可分為：斜距 $D_{AB}$ 、方位角 $\theta_{AB}$ 、天頂距 $\phi_{AB}$ 等 3 種；而此 3 種量測值又由器示值 (dispaly)、來自校正追溯修正量 (trace) 及最小刻度修正量 (scale) 組成，而器示值的不確定度來自於量測重複性的誤差，則整體量測值的觀測方程式可表示如下：

$$x_{3c} = D_{Total} \begin{bmatrix} \sin(\phi_{Total}) \sin(\theta_{Total}) \\ \sin(\phi_{Total}) \cos(\theta_{Total}) \\ \cos(\phi_{Total}) \end{bmatrix} \quad (5-13)$$

$$\text{而} \begin{cases} D_{Total} = D_{display} + D_{trace} + D_{scale} \\ \phi_{Total} = \phi_{display} + \phi_{trace} + \phi_{scale} \\ \theta_{Total} = \theta_{display} + \theta_{trace} + \theta_{scale} \end{cases} \quad (5-14)$$

a. 量測重複性之不確定度  $u(D_{display})$ 、 $u(\phi_{display})$ 、 $u(\theta_{display})$ ：

屬 A 類評估，分別於 109 年 11 月針對校正標中心點，使用全測站儀進行觀測。於單一次作業中針對同一校正標進行重複觀測所得之坐標稱為 1 筆成果。本評估期間共獲得 32 筆重複觀測成果；各筆成果與該組平均值計算其變異數之平均後，取其平方根值得  $u(D_{display}) = 1.1 \text{ mm}$ ，自由度  $v_{Dd} = (32 - 1) = 31$ ； $u(\phi_{display}) = 27.1''$ ，自由度  $v_{\phi d} = (32 - 1) = 31$ ； $u(\theta_{display}) = 27.1''$ ，自由度  $v_{\theta d} = (32 - 1) = 31$ 。

b. 來自校正追溯之不確定度  $u(D_{trace})$ 、 $u(\phi_{trace})$ 、 $u(\theta_{trace})$ ：

屬 B 類評估，使用的工作標準件為 SOKKIA SET330R3，校正係追溯自國土測繪中心測量儀器校正實驗室（測距校正報告：109 年 6 月 19 日，編號 A202006160102；測角校正報告：109 年 6 月 17 日，編號 C202006160102），其測距校正報告，在 95 % 信賴水準，擴充不確定度為  $[2.1 \text{ mm} + 2.2 \text{ mm} \times 10^{-6} \times D]$ ，D 為距離公里數，本校正場內使用全測站儀測距長度不超過 0.12 km，則擴充不確定度計算值為 2.10 mm，涵蓋因子為 1.98，則標準不確定度  $u(D_{trace}) = 1.1 \text{ mm}$ ，自由度  $v_{Dt} = 71$ ；其測角校正報告，在 95 % 信賴水準，擴充不確定度為 1.6''，涵蓋因子為 1.96，則標準不確定度  $u(\phi_{trace}) = 1.0''$ ， $u(\theta_{trace}) = 1.0''$ ，自由度  $v_{\phi t} = v_{\theta t} = 73$ 。

c. 來自最小刻度之不確定度  $u(D_{scale})$ 、 $u(\phi_{scale})$ 、 $u(\theta_{scale})$ ：

屬 B 類評估，使用的工作標準件為 SOKKIA SET330R3，其測距之最小刻度為 1 mm，假設為矩形分布，分配係數  $\sqrt{3}$ ，則測距最小刻度誤差之標準不確定度  $u(D_{scale}) = 1 / \sqrt{3} = 0.6 \text{ mm}$ ，估算其相對不確定性為 20 %，自由度  $v_{Ds} = (1 / 2) \times (20 / 100)^{-2} = 12.5 \doteq 12$ ；測角最小刻度為 1''，假設為矩形分布，分配係數  $\sqrt{3}$ ，則測角最小刻度誤差之標準不確定度  $u(\phi_{scale}) = u(\theta_{scale}) = 1 / \sqrt{3} = 0.6''$ ，估算其相對不確定性為 20 %，自由度  $v_{\phi s} = v_{\theta s} = (1 / 2) \times (20 / 100)^{-2} = 12.5 \doteq 12$ 。

d. 計算全測站儀的量測誤差之組合標準不確定度 $u(x_{3c})$ ：

本評估時採保守估計假設方位角與天頂距之均測角為 $45^\circ$ ，因三角函數計算時，於 $45^\circ$ 將獲得最大數值，測距數值使用本校正場實際作業之最長距離約 0.12 km。

首先計算器示值經校正追溯及最小刻度改正後之量測值的組合標準不確定度 $u(D_{Total})$ 、 $u(\phi_{Total})$ 、 $u(\theta_{Total})$ ，參考 (5-14) 式，則其不確定度如下所示：

$$\begin{cases} u(D_{Total}) = (u(D_{display})^2 + u(D_{trace})^2 + u(D_{scale})^2)^{1/2} \\ u(\phi_{Total}) = (u(\phi_{display})^2 + u(\phi_{trace})^2 + u(\phi_{scale})^2)^{1/2} \\ u(\theta_{Total}) = (u(\theta_{display})^2 + u(\theta_{trace})^2 + u(\theta_{scale})^2)^{1/2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} u(D_{Total}) = (1.1^2 + 1.1^2 + 0.6^2)^{1/2} = 1.7 \text{ mm} \\ u(\phi_{Total}) = (27.1^2 + 1.0^2 + 0.6^2)^{1/2} = 27.1'' \\ u(\theta_{Total}) = (27.1^2 + 1.0^2 + 0.6^2)^{1/2} = 27.1'' \end{cases}$$

其自由度分別為

$$\begin{aligned} v_D &= \frac{u(D_{Total})^4}{\left(\frac{u(D_{display})^4}{v_{Dd}}\right) + \left(\frac{u(D_{trace})^4}{v_{Dt}}\right) + \left(\frac{u(D_{scale})^4}{v_{Ds}}\right)} \\ &= \frac{1.7^4}{\left(\frac{1.1^4}{31}\right) + \left(\frac{1.1^4}{71}\right) + \left(\frac{0.6^4}{12}\right)} \\ &= 106 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_\phi = v_\theta &= \frac{u(\phi_{Total})^4}{\left(\frac{u(\phi_{display})^4}{v_{\phi d}}\right) + \left(\frac{u(\phi_{trace})^4}{v_{\phi t}}\right) + \left(\frac{u(\phi_{scale})^4}{v_{\phi s}}\right)} \\ &= \frac{27.1^4}{\left(\frac{27.1^4}{31}\right) + \left(\frac{1.0^4}{73}\right) + \left(\frac{0.6^4}{12}\right)} \end{aligned}$$



= 31

依據 (5-13) 式，則全測站儀的量測誤差  $x_{3c}$  之不確定度可表示如下：

$$\begin{aligned}
 E_{3c} &= D_{Total} \cdot \sin(\phi_{Total}) \cdot \sin(\theta_{Total}) \\
 u(E_{3c}) &= \left( (C_{ED})^2 \cdot u(D_{Total})^2 + (C_{E\phi})^2 \right. \\
 &\quad \left. \cdot u(\phi_{Total})^2 + (C_{E\theta})^2 \cdot u(\theta_{Total})^2 \right)^{1/2} \\
 &= \left( \left( \frac{\partial(E_{3c})}{\partial D_{Total}} \right)^2 \cdot u(D_{Total})^2 + \left( \frac{\partial(E_{3c})}{\partial \phi_{Total}} \right)^2 \right. \\
 &\quad \left. \cdot u(\phi_{Total})^2 + \left( \frac{\partial(E_{3c})}{\partial \theta_{Total}} \right)^2 \right. \\
 &\quad \left. \cdot u(\theta_{Total})^2 \right)^{1/2} \\
 &= \left( (\sin(\phi_{Total}) \cdot \sin(\theta_{Total}))^2 \cdot u(D_{Total})^2 \right. \\
 &\quad \left. + (D_{Total} \cdot \cos(\phi_{Total}) \cdot \sin(\theta_{Total}))^2 \cdot u(\phi_{Total})^2 \right. \\
 &\quad \left. + (D_{Total} \cdot \sin(\phi_{Total}) \cdot \cos(\theta_{Total}))^2 \cdot u(\theta_{Total})^2 \right)^{1/2} \\
 &= \left( (\sin 45^\circ \cdot \sin 45^\circ)^2 \cdot u(D_{Total})^2 \right. \\
 &\quad \left. + (0.12 \times 10^6 \cdot \cos 45^\circ \cdot \sin 45^\circ)^2 \cdot u(\phi_{Total})^2 \right. \\
 &\quad \left. + (0.12 \times 10^6 \cdot \sin 45^\circ \cdot \cos 45^\circ)^2 \cdot u(\theta_{Total})^2 \right)^{1/2} \\
 &= 11.2mm
 \end{aligned}$$

則自由度，

$$\begin{aligned}
 v_{E_{3c}} &= \frac{u(E_{3c})^4}{\left( \frac{(C_{ED} \cdot u(D_{Total}))^4}{v_D} \right) + \left( \frac{(C_{E\phi} \cdot u(\phi_{Total}))^4}{v_\phi} \right) + \left( \frac{(C_{E\theta} \cdot u(\theta_{Total}))^4}{v_\theta} \right)}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{11.2^4}{\left(\frac{(0.5 \times 1.7)^4}{31}\right) + 2 \times \left(\frac{(0.12 \times 10^6 \times 0.5 \times 27.1/206265)^4}{31}\right)}$$

$$= 63$$

同理可證，

$$N_{3c} = D_{Total} \cdot \sin(\phi_{Total}) \cdot \cos(\theta_{Total})$$

$$u(N_{3c}) = \left( (C_{ND})^2 \cdot u(D_{Total})^2 + (C_{N\phi})^2 \cdot u(\phi_{Total})^2 + (C_{N\theta})^2 \cdot u(\theta_{Total})^2 \right)^{1/2}$$

$$= \left( \left( \frac{\partial(N_{3c})}{\partial D_{Total}} \right)^2 \cdot u(D_{Total})^2 + \left( \frac{\partial(N_{3c})}{\partial \phi_{Total}} \right)^2 \cdot u(\phi_{Total})^2 + \left( \frac{\partial(N_{3c})}{\partial \theta_{Total}} \right)^2 \cdot u(\theta_{Total})^2 \right)^{1/2}$$

$$= \left( (\sin(\phi_{Total}) \cdot \cos(\theta_{Total}))^2 \cdot u(D_{Total})^2 + (D_{Total} \cdot \cos(\phi_{Total}) \cdot \cos(\theta_{Total}))^2 \cdot u(\phi_{Total})^2 + (-D_{Total} \cdot \sin(\phi_{Total}) \cdot \sin(\theta_{Total}))^2 \cdot u(\theta_{Total})^2 \right)^{1/2}$$

$$= \left( (\sin 45^\circ \cdot \cos 45^\circ)^2 \cdot u(D_{Total})^2 + (0.12 \times 10^6 \cdot \cos 45^\circ \cdot \cos 45^\circ)^2 \cdot u(\phi_{Total})^2 + (-0.12 \times 10^6 \cdot \sin 45^\circ \cdot \sin 45^\circ)^2 \cdot u(\theta_{Total})^2 \right)^{1/2} = 11.2mm$$

則自由度，

$$v_{N3c} = \frac{u(N_{3c})^4}{\left(\frac{(C_{ND} \cdot u(D_{Total}))^4}{v_D}\right) + \left(\frac{(C_{N\phi} \cdot u(\phi_{Total}))^4}{v_\phi}\right) + \left(\frac{(C_{N\theta} \cdot u(\theta_{Total}))^4}{v_\theta}\right)}$$

$$= \frac{11.2^4}{\left(\frac{(0.5 \times 1.7)^4}{31}\right) + 2 \times \left(\frac{(0.12 \times 10^6 \times 0.5 \times 27.1/206265)^4}{31}\right)}$$

$$= 63$$

則全測站儀的平面方向量測誤差之組合標準不確定度，如下式：

$$\begin{aligned} u(x_{3cNE}) &= (u(E_{3c})^2 + u(N_{3c})^2)^{1/2} \\ &= (11.2^2 + 11.2^2)^{1/2} \\ &= 15.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

則自由度，

$$\begin{aligned} v_{3cNE} &= \frac{u(x_{3cNE})^4}{\left(\frac{(1 \times u(E_{3c}))^4}{v_{E3c}}\right) + \left(\frac{(1 \times u(N_{3c}))^4}{v_{N3c}}\right)} \\ &= \frac{15.8^4}{\left(\frac{(11.2)^4}{31}\right) + \left(\frac{(11.2)^4}{31}\right)} \\ &= 61 \end{aligned}$$

高程方向：

$$\begin{aligned} x_{3ch} &= D_{Total} \cdot \cos(\phi_{Total}) \\ u(x_{3ch}) &= \left( (C_{hD})^2 \cdot u(D_{Total})^2 + (C_{h\phi})^2 \right. \\ &\quad \left. \cdot u(\phi_{Total})^2 \right)^{1/2} \\ &= \left( \left( \frac{\partial(x_{3ch})}{\partial D_{Total}} \right)^2 \cdot u(D_{Total})^2 + \left( \frac{\partial(x_{3ch})}{\partial \phi_{Total}} \right)^2 \right. \\ &\quad \left. \cdot u(\phi_{Total})^2 \right)^{1/2} \\ &= 11.1 \text{ mm} \end{aligned}$$

則自由度，

$$v_{3ch} = \frac{u(x_{3ch})^4}{\left(\frac{(C_{hD} \cdot u(D_{Total}))^4}{v_D}\right) + \left(\frac{(C_{h\phi} \cdot u(\phi_{Total}))^4}{v_\phi}\right)}$$



$$= \frac{11.1^4}{\left(\frac{(0.7 \times 1.7)^4}{31}\right) + \left(\frac{(-0.12 \times 10^6 \times 0.7 \times 27.1/206265)^4}{31}\right)}$$

$$= 31$$

綜整上述相關數據，固定點至校正物的全測站儀測量之不確定度分析表，平面方向如表 5-5，高程方向如表 5-6。

表 5-5 固定點至校正物的全測站儀測量之不確定度分析表(平面方向)

| 不確定度源   | 估計量<br>(a) | 分配<br>係數<br>(b) | 標準不確定度<br>(c) = (a) ÷ (b) | 靈敏係<br>數(d) | 不確定度分量<br>(e) = (c) × (d) | 自由<br>度 |
|---|------------|-----------------|---------------------------|-------------|---------------------------|---------|
| 整置定心定平誤差 $x_{lc}$   | 2.0 mm     | $\sqrt{3}$      | 1.2 mm                    | 1           | 1.2 mm                    | 12      |
| 儀器及稜鏡高度量測誤<br>差 $x_{2cNE}$  | 0.0 mm     | $\sqrt{3}$      | 0.0 mm                    | 1           | 0.0 mm                    | 12      |
| 全測站儀的量測誤差<br>$x_{3cNE}$   | 15.8<br>mm | 1               | 15.8 mm                   | 1           | 15.8 mm                   | 31      |
| 組合標準不確定度<br>$u(L_{TS-NE}) = \sqrt{1.2^2 + 0^2 + 15.8^2} = 15.8 \text{ mm}$ $v_{TS-NE} = \frac{15.8^4}{\left(\frac{1.2^4}{12}\right) + \left(\frac{0^4}{12}\right) + \left(\frac{15.8^4}{31}\right)} = 31$ |            |                 |                           |             |                           |         |

表 5-6 固定點至校正物的全測站儀測量之不確定度分析表(高程方向)

| 不確定度源             | 估計量<br>(a) | 分配<br>係數<br>(b) | 標準不確定度<br>(c) = (a) ÷ (b) | 靈敏係<br>數(d) | 不確定度分量<br>(e) = (c) × (d) | 自由<br>度 |
|-------------------|------------|-----------------|---------------------------|-------------|---------------------------|---------|
| 整置定心定平誤差 $x_{lc}$ | 2.0 mm     | $\sqrt{3}$      | 1.2 mm                    | 1           | 1.2 mm                    | 12      |

| 不確定度源   | 估計量<br>(a) | 分配<br>係數<br>(b) | 標準不確定度<br>(c) = (a) ÷ (b) | 靈敏係<br>數(d) | 不確定度分量<br>(e) = (c) × (d) | 自由<br>度 |
|---|------------|-----------------|---------------------------|-------------|---------------------------|---------|
| 儀器及稜鏡高度量測誤<br>差 $x_{2ch}$   | 1.6 mm     | 1               | 1.6 mm                    | 1           | 1.6 mm                    | 25      |
| 全測站儀的量測誤差 $x_{3ch}$   | 11.1<br>mm | 1               | 11.1 mm                   | 1           | 11.1 mm                   | 31      |
| 組合標準不確定度<br>$u(L_{TS-h}) = \sqrt{1.2^2 + 1.6^2 + 11.1^2} = 11.3 \text{ mm}$ $v_{TS-h} = \frac{11.3^4}{\left(\frac{1.2^4}{12}\right) + \left(\frac{1.6^4}{25}\right) + \left(\frac{11.1^4}{31}\right)} = 23$ |            |                 |                           |             |                           |         |

#### 4. 待校件量測不確定度來源分析

待校件案例，光達測繪車：Pentax，型號：S-2100，慣性測量單元(IMU)：NovAtel，型號：IMU-FSAS，離地高 2 m，距離 100m，雷射點地面足跡尺寸約 0.05 m。GPS 後處理，GPS 主站與光達測繪車基線長 100 m，FOV/2=0.25mrad，Boresight Angle 精度 28.8”，雷射測距精度 1 mm。校正件量測值之組合標準不確定度參考 (5-11) 式，不確定度來源有：校正件系統原點定位誤差  $u(x_{POS})$ 、校正件至目標物的量測誤差  $u(x_{OBS})$  及人工篩選點雲誤差  $u(L_{filter})$  等項目。茲分析影響量，並說明如下：

##### (1) 校正件系統原點定位 $x_{POS}$ ：

本次搭配校正件係使用 NovAtel (GPS / IMU system)，根據規格說明其定位精度在 GPS 基站後解算內平面精度可達 10 mm，高程精度可達 15 mm，另校正件和移動載具間固定臂 (Lever arm) 之不確定度經估計約為 1 mm，則

$$u(x_{POS-NE}) = \sqrt{10^2 + 1^2} = 10.0 \text{ mm}$$

$$u(x_{POS-h}) = \sqrt{15^2 + 1^2} = 15.0 \text{ mm}$$

估算其相對不確定性為 20%，自由度為  $\nu_{x_{POS}} = (1/2) \times (20/100) - 2 = 12.5 \doteq 12$ 。

(2) 校正件至目標物向量  $x_{OBS}$

由 (5-11) 式可知  $x_{OBS}$  由 5 項變數所組成

$$\begin{aligned} x_{OBS} &= f(\omega, \phi, \kappa, \rho, \theta) = (R_e^b \cdot R_b^s) \cdot \rho \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \sin \theta \\ \cos \theta \end{bmatrix} \\ &= R(\omega, \phi, \kappa) \cdot \rho \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \sin \theta \\ \cos \theta \end{bmatrix} \\ &= R(\kappa) \cdot R(\phi) \cdot R(\omega) \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \rho \cdot \sin \theta \\ \rho \cdot \cos \theta \end{bmatrix} \\ &= R(\kappa) \cdot R(\phi) \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & \sin \omega \\ 0 & -\sin \omega & \cos \omega \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \rho \cdot \sin \theta \\ \rho \cdot \cos \theta \end{bmatrix} \\ &= R(\kappa) \cdot R(\phi) \\ &\quad \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \cos \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta + \sin \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta \\ -\sin \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta + \cos \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta \end{bmatrix} \\ &= R(\kappa) \cdot \begin{bmatrix} \cos \phi & 0 & -\sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \phi & 0 & \cos \phi \end{bmatrix} \\ &\quad \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \cos \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta + \sin \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta \\ -\sin \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta + \cos \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta \end{bmatrix} \\ &= R(\kappa) \cdot \begin{bmatrix} \sin \phi \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta - \sin \phi \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta \\ \cos \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta + \sin \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta \\ -\cos \phi \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta + \cos \phi \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \begin{bmatrix} \cos \kappa & \sin \kappa & 0 \\ -\sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 &\quad \cdot \begin{bmatrix} \sin \phi \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta - \sin \phi \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta \\ \cos \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta + \sin \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta \\ -\cos \phi \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta + \cos \phi \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} X_{obs} \\ Y_{obs} \\ Z_{obs} \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

其中

$$\begin{aligned}
 X_{obs} &= (\cos \kappa \cdot \sin \phi \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta - \cos \kappa \\
 &\quad \cdot \sin \phi \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta) \\
 &\quad + (\sin \kappa \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta + \sin \kappa \cdot \sin \omega \cdot \rho \\
 &\quad \cdot \cos \theta)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_{obs} &= (-\sin \kappa \cdot \sin \phi \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta + \sin \kappa \\
 &\quad \cdot \sin \phi \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta) \\
 &\quad + (\cos \kappa \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta + \cos \kappa \cdot \sin \omega \\
 &\quad \cdot \rho \cdot \cos \theta)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_{obs} &= -\cos \phi \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta + \cos \phi \cdot \cos \omega \\
 &\quad \cdot \rho \cdot \cos \theta
 \end{aligned}$$

其標準不確定度分別為

$$\begin{aligned}
 u(X_{obs}) &= \left( \left( \frac{\partial X_{obs}}{\partial \kappa} \right)^2 \cdot u(\kappa)^2 + \left( \frac{\partial X_{obs}}{\partial \phi} \right)^2 \cdot u(\phi)^2 \right. \\
 &\quad \left. + \left( \frac{\partial X_{obs}}{\partial \omega} \right)^2 \cdot u(\omega)^2 \right. \\
 &\quad \left. + \left( \frac{\partial X_{obs}}{\partial \rho} \right)^2 \cdot u(\rho)^2 + \left( \frac{\partial X_{obs}}{\partial \theta} \right)^2 \cdot u(\theta)^2 \right)^{1/2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 u(Y_{obs}) &= \left( \left( \frac{\partial Y_{obs}}{\partial \kappa} \right)^2 \cdot u(\kappa)^2 + \left( \frac{\partial Y_{obs}}{\partial \phi} \right)^2 \cdot u(\phi)^2 \right. \\
 &\quad \left. + \left( \frac{\partial Y_{obs}}{\partial \omega} \right)^2 \cdot u(\omega)^2 \right. \\
 &\quad \left. + \left( \frac{\partial Y_{obs}}{\partial \rho} \right)^2 \cdot u(\rho)^2 + \left( \frac{\partial Y_{obs}}{\partial \theta} \right)^2 \cdot u(\theta)^2 \right)^{1/2} \\
 u(Z_{obs}) &= \left( \left( \frac{\partial Z_{obs}}{\partial \phi} \right)^2 \cdot u(\phi)^2 + \left( \frac{\partial Z_{obs}}{\partial \omega} \right)^2 \cdot u(\omega)^2 \right. \\
 &\quad \left. + \left( \frac{\partial Z_{obs}}{\partial \rho} \right)^2 \cdot u(\rho)^2 + \left( \frac{\partial Z_{obs}}{\partial \theta} \right)^2 \cdot u(\theta)^2 \right)^{1/2}
 \end{aligned}$$

a. 計算各影響因子之標準不確定度及自由度

本次系統評估搭配校正件掃描之設備，係使用 NovAtel ProPak6TM / iMAR-FSAS 系統（GPS / IMU system），根據其規格說明在 Phi / Omega 方向的角度精度可達  $0.004^\circ$ ，即  $14.4''$ ；在 Kappa 方向的角度精度可達  $0.01^\circ$ ，即  $36''$ ；最小測角解析度為  $0.0038 \text{ mrad}$ ，即  $0.8''$ ；另校正件和載具間軸角（Boresight angle）之不確定度經估計為  $35''$ ，則

$$\begin{aligned}
 u(\phi) &= u(\omega) = \sqrt{14.4^2 + 0.8^2 + 35^2} = 37.9'' \\
 &= 0.18 \text{ mrad}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 u(\kappa) &= \sqrt{36^2 + 0.8^2 + 35^2} = 50.2'' \\
 &= 0.24 \text{ mrad}
 \end{aligned}$$

依本次系統評估使用校正件之儀器規格說明雷射測距精度在 1 倍標準差之下為  $20 \text{ mm}$ ，即

$$u(\rho) = 20 \text{ mm}$$

掃描角度之誤差來源，係由雷射掃描擴散現象及儀器測角解析度讀數誤差所構成，依本次系統評估使用校正件之儀器規格說明雷射擴散角最大為  $0.25 \text{ mrad}$ ，對應角度為  $51.6''$ ，評估時係以發射中心為圓



心計算向外擴散之距離，故以二分之一之雷射擴散角 25.8" 計算；另儀器規格說明測角解析度為 0.001° 等於 3.6"，假設其為矩形分布，分配係數為  $\sqrt{3}$ ，則測角解析度之標準不確定度為  $3.6 / \sqrt{3} = 2.1"$ ，則掃描角度之組合標準不確定度為

$$u(\theta) = \sqrt{25.8^2 + 2.1^2} = 25.9" = 0.13 \text{ mrad}$$

上述 5 項影響因子估算其相對不確定性均為 20%，則其自由度為  $v_{\omega} = v_{\phi} = v_{\kappa} = v_{\rho} = v_{\theta} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{100}{20}\right)^2 = 12.5 \doteq 12$ 。

#### b. 計算靈敏係數

對  $\kappa$  偏微分

$$\begin{aligned} \frac{\partial X_{obs}}{\partial \kappa} &= (-\sin \kappa \cdot \sin \phi \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta + \sin \kappa \cdot \sin \phi \cdot \cos \omega \cdot \rho \\ &\quad \cdot \cos \theta) \\ &\quad + (\cos \kappa \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta + \cos \kappa \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Y_{obs}}{\partial \kappa} &= (-\cos \kappa \cdot \sin \phi \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta + \cos \kappa \cdot \sin \phi \cdot \cos \omega \cdot \rho \\ &\quad \cdot \cos \theta) \\ &\quad - (\sin \kappa \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta + \sin \kappa \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta) \end{aligned}$$

$$\frac{\partial Z_{obs}}{\partial \kappa} = 0$$

對  $\phi$  偏微分

$$\begin{aligned} \frac{\partial X_{obs}}{\partial \phi} &= (\cos \kappa \cdot \cos \phi \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta - \cos \kappa \cdot \cos \phi \cdot \cos \omega \cdot \rho \\ &\quad \cdot \cos \theta) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Y_{obs}}{\partial \phi} &= (-\sin \kappa \cdot \cos \phi \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta + \sin \kappa \cdot \cos \phi \cdot \cos \omega \cdot \rho \\ &\quad \cdot \cos \theta) \end{aligned}$$

$$\frac{\partial Z_{obs}}{\partial \phi} = \sin \phi \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta - \sin \phi \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta$$

對  $\omega$  偏微分

$$\frac{\partial X_{obs}}{\partial \omega} = (\cos \kappa \cdot \sin \phi \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta + \cos \kappa \cdot \sin \phi \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta) - \sin \kappa \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta + \sin \kappa \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta$$

$$\frac{\partial Y_{obs}}{\partial \omega} = (-\sin \kappa \cdot \sin \phi \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta - \sin \kappa \cdot \sin \phi \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta) - \cos \kappa \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta + \cos \kappa \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta$$

$$\frac{\partial Z_{obs}}{\partial \omega} = -\cos \phi \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta - \cos \phi \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta$$

對  $\rho$  偏微分

$$\frac{\partial X_{obs}}{\partial \rho} = (\cos \kappa \cdot \sin \phi \cdot \sin \omega \cdot \sin \theta - \cos \kappa \cdot \sin \phi \cdot \cos \omega \cdot \cos \theta) + (\sin \kappa \cdot \cos \omega \cdot \sin \theta + \sin \kappa \cdot \sin \omega \cdot \cos \theta)$$

$$\frac{\partial Y_{obs}}{\partial \rho} = (-\sin \kappa \cdot \sin \phi \cdot \sin \omega \cdot \sin \theta + \sin \kappa \cdot \sin \phi \cdot \cos \omega \cdot \cos \theta) + (\cos \kappa \cdot \cos \omega \cdot \sin \theta + \cos \kappa \cdot \sin \omega \cdot \cos \theta)$$

$$\frac{\partial Z_{obs}}{\partial \rho} = -\cos \phi \cdot \sin \omega \cdot \sin \theta + \cos \phi \cdot \cos \omega \cdot \cos \theta$$

對  $\theta$  偏微分

$$\frac{\partial X_{obs}}{\partial \theta} = (\cos \kappa \cdot \sin \phi \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta + \cos \kappa \cdot \sin \phi \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta) + (\sin \kappa \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta - \sin \kappa \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta)$$

$$\frac{\partial Y_{obs}}{\partial \theta} = (-\sin \kappa \cdot \sin \phi \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta - \sin \kappa \cdot \sin \phi \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta) + (\cos \kappa \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta - \cos \kappa \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta)$$

$$\frac{\partial Z_{obs}}{\partial \theta} = -\cos \phi \cdot \sin \omega \cdot \rho \cdot \cos \theta - \cos \phi \cdot \cos \omega \cdot \rho \cdot \sin \theta$$

假設行進為理想狀態，姿態角  $\omega$ 、 $\phi$ 、 $\kappa$  均為  $0^\circ$ ，行駛中 Lidar 物距  $\rho$  最大 100m，且校正件最大掃描角為  $\pm 360^\circ$ ，則  $\sin \theta$  與  $\cos \theta$ ，最大值為 1 代入計算，則上述各式簡化如下：

$$\frac{\partial X_{obs}}{\partial \kappa} = \rho \cdot \sin \theta = 100 \cdot \sin \theta = 100 \quad , \quad \frac{\partial Y_{obs}}{\partial \kappa} = 0 \quad , \quad \frac{\partial Z_{obs}}{\partial \kappa} = 0$$

$$\frac{\partial X_{obs}}{\partial \phi} = -100 \cdot \cos \theta = -100 \quad , \quad \frac{\partial Y_{obs}}{\partial \phi} = 0 \quad , \quad \frac{\partial Z_{obs}}{\partial \phi} = 0$$

$$\frac{\partial X_{obs}}{\partial \omega} = 0 \quad , \quad \frac{\partial Y_{obs}}{\partial \omega} = 100 \cdot \cos \theta = 100 \quad , \quad \frac{\partial Z_{obs}}{\partial \omega} = -100 \cdot \sin \theta = -100$$

$$\frac{\partial X_{obs}}{\partial \rho} = 0 \quad , \quad \frac{\partial Y_{obs}}{\partial \rho} = \sin 30^\circ = 0.5 \quad , \quad \frac{\partial Z_{obs}}{\partial \rho} = \cos 30^\circ = 0.9$$

$$\frac{\partial X_{obs}}{\partial \theta} = 0 \quad , \quad \frac{\partial Y_{obs}}{\partial \theta} = 100 \cdot \cos \theta = 100 \quad , \quad \frac{\partial Z_{obs}}{\partial \theta} = -100 \cdot \sin \theta = -100$$

c. 計算  $u(X_{obs})$ 、 $u(Z_{obs})$  及自由度  $\nu_{XY_{obs}}$ 、 $\nu_{Z_{obs}}$

X 方向組合標準不確定度為，

$$\begin{aligned} u(X_{obs}) &= \left( \left( \frac{\partial X_{obs}}{\partial \kappa} \right)^2 \cdot u(\kappa)^2 + \left( \frac{\partial X_{obs}}{\partial \phi} \right)^2 \cdot u(\phi)^2 + \left( \frac{\partial X_{obs}}{\partial \omega} \right)^2 \cdot u(\omega)^2 \right. \\ &\quad \left. + \left( \frac{\partial X_{obs}}{\partial \rho} \right)^2 \cdot u(\rho)^2 + \left( \frac{\partial X_{obs}}{\partial \theta} \right)^2 \cdot u(\theta)^2 \right)^{1/2} \\ &= \left( (100)^2 \cdot 0.24^2 + (-100)^2 \cdot 0.18^2 + (0)^2 \cdot 0.18^2 \right. \\ &\quad \left. + (0)^2 \cdot 0.02^2 + (0)^2 \cdot 0.13^2 \right)^{1/2} \\ &= 30 \end{aligned}$$

其自由度為，

$$\begin{aligned} \nu_{X_{obs}} &= \frac{30^4}{\left( \frac{100^4 \cdot 0.24^4}{12} \right) + \left( \frac{(-100)^4 \cdot 0.18^4}{12} \right) + \left( \frac{0^4 \cdot 0.18^4}{12} \right) + \left( \frac{0^4 \cdot 0.02^4}{12} \right) + \left( \frac{0^4 \cdot 0.13^4}{12} \right)} \\ &= 22.255 \approx 22 \end{aligned}$$

Y 方向組合標準不確定度為，

$$\begin{aligned} u(Y_{obs}) &= \left( \left( \frac{\partial Y_{obs}}{\partial \kappa} \right)^2 \cdot u(\kappa)^2 + \left( \frac{\partial Y_{obs}}{\partial \phi} \right)^2 \cdot u(\phi)^2 + \left( \frac{\partial Y_{obs}}{\partial \omega} \right)^2 \cdot u(\omega)^2 \right. \\ &\quad \left. + \left( \frac{\partial Y_{obs}}{\partial \rho} \right)^2 \cdot u(\rho)^2 + \left( \frac{\partial Y_{obs}}{\partial \theta} \right)^2 \cdot u(\theta)^2 \right)^{1/2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \left( (0)^2 \cdot 0.24^2 + (0)^2 \cdot 0.18^2 + (100)^2 \cdot 0.18^2 \right. \\
 &\quad \left. + (0.5)^2 \cdot 0.02^2 + (100)^2 \cdot 0.13^2 \right)^{1/2} \\
 &= 22.2
 \end{aligned}$$

其自由度為

$$\begin{aligned}
 &v_{Y_{obs}} \\
 &= \frac{22.2^4}{\left( \frac{0^4 \cdot 0.24^4}{12} \right) + \left( \frac{0^4 \cdot 0.18^4}{12} \right) + \left( \frac{100^4 \cdot 0.18^4}{12} \right) + \left( \frac{0.5^4 \cdot 0.02^4}{12} \right) + \left( \frac{100^4 \cdot 0.13^4}{12} \right)} \\
 &= 21.84 \approx 21
 \end{aligned}$$

因物體為任意方向，則平面方向由 $u(X_{obs})$ 及 $u(Y_{obs})$ 的組合標準不確定度均去最大值為，

$$\begin{aligned}
 u(XY_{obs}) &= u(Z_{obs}) = (u(X_{obs})^2 + u(Y_{obs})^2)^{1/2} \\
 &= (30^2 + 30^2)^{1/2} \\
 &= 42.4
 \end{aligned}$$

其自由度為

$$\begin{aligned}
 v_{XY_{obs}} &= v_{Z_{obs}} = \frac{42.4^4}{\left( \frac{30^4}{22} \right) + \left( \frac{30^4}{22} \right)} \\
 &= 44.51 \approx 44
 \end{aligned}$$

校正件量測不確定度來源分析表，平面方向如表 5-7，高程方向如表 5-8。

表 5-7 校正件量測不確定度來源分析表(平面方向)

| 不確定度源                       | 估計量<br>(a) | 分配<br>係數<br>(b) | 標準不確定<br>度<br>(c) = (a) ÷<br>(b) | 靈敏係數<br>(d) | 不確定度分量<br>(e) = (c) × (d) | 自由<br>度 |
|-----------------------------|------------|-----------------|----------------------------------|-------------|---------------------------|---------|
| 校正件系統原點<br>定位 $x_{POS\_XY}$ | 10.0 mm    | 1               | 10.0 mm                          | 1           | 10.0 mm                   | 12      |
| 校正件至目標物向量<br>$x_{OBS\_XY}$  | 42.4 mm    | 1               | 42.4 mm                          | 1           | 42.4 mm                   | 44      |

| 不確定度源  | 估計量<br>(a) | 分配<br>係數<br>(b) | 標準不確定<br>度<br>(c) = (a) ÷<br>(b) | 靈敏係數<br>(d) | 不確定度分量<br>(e) = (c) × (d) | 自由<br>度 |
|--|------------|-----------------|----------------------------------|-------------|---------------------------|---------|
| 組合標準不確定度<br>$u(L_{LD-NE}) = \sqrt{10.0^2 + 42.4.0^2} = 43.56 \text{ mm}$ $v_{LD-NE} = \frac{43.56^4}{\left(\frac{10.0^4}{12}\right) + \left(\frac{42.4^4}{44}\right)} = 48.48$ |            |                 |                                  |             |                           |         |

表 5-8 校正件量測不確定度來源分析表(高程方向)

| 不確定度源  | 估計量<br>(a) | 分配<br>係數<br>(b) | 標準不確定<br>度<br>(c) = (a)<br>÷ (b) | 靈敏係<br>數(d) | 不確定度<br>分量<br>(e) = (c) ×<br>(d) | 自由<br>度 |
|--|------------|-----------------|----------------------------------|-------------|----------------------------------|---------|
| 校正件系統原點定<br>位 $x_{POS_h}$  | 15.0 mm    | 1               | 15.0 mm                          | 1           | 15.0 mm                          | 12      |
| 校正件至目標物向<br>量 $x_{OBS_h}$  | 42.4 mm    | 1               | 42.4 mm                          | 1           | 42.4 mm                          | 44      |
| 組合標準不確定度<br>$u(L_{LD-h}) = \sqrt{15.0^2 + 42.4^2} = 49.98 \text{ mm}$ $v_{LD-h} = \frac{49.98^4}{\left(\frac{15.0^4}{12}\right) + \left(\frac{42.4^4}{44}\right)} = 52.58$ |            |                 |                                  |             |                                  |         |

### 三、 組合標準不確定度

將網形控制點觀測網之不確定度 $u(L_{CT})$ 、固定點相對於網形控制

點之不確定度 $u(L_{BS})$ 、固定點至校正標全測站儀測量之不確定度 $u(L_{TS})$ 、校正件量測不確定度 $u(L_{LD})$ 等 4 項依 (5-7) 式組合成標準不確定度 $u(Diff_1)$ ，則計算如下：

平面方向：

$$\begin{aligned} u(Diff_1)_{NE} &= \left( u(L_{CT-NE})^2 + u(L_{BS-NE})^2 + u(L_{TS-NE})^2 \right)^{1/2} \\ &\quad + u(L_{LD-NE})^2 \\ &= \sqrt{6.2^2 + 4.8^2 + 15.8^2 + 43.6^2} \\ &= 47.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

而自由度 $\nu_{Diff1-NE}$ 依 Welch-Satterthwaite 公式計算，則自由度

$$\begin{aligned} \nu_{Diff1-NE} &= \frac{u(Diff_1)_{NE}^4}{\left( \left( \frac{u(L_{CT-NE})^4}{\nu_{CT-NE}} \right) + \left( \frac{u(L_{BS-NE})^4}{\nu_{BS-NE}} \right) + \left( \frac{C_{TS}^4 \cdot u(L_{TS-NE})^4}{\nu_{TS-NE}} \right) \right.} \\ &\quad \left. + \left( \frac{C_{LD}^4 \cdot u(L_{LD-NE})^4}{\nu_{LD-NE}} \right) \right) \\ &= 63 \end{aligned}$$

高程方向：

$$\begin{aligned} u(Diff_1)_h &= \left( u(L_{CT-h})^2 + u(L_{BS-h})^2 + u(L_{TS-h})^2 + u(L_{LD-h})^2 \right)^{1/2} \\ &= \sqrt{12.7^2 + 7.3^2 + 11.3^2 + 45.0^2} \\ &= 48.6 \text{ mm} \end{aligned}$$

而自由度 $\nu_{Diff1-h}$ 依 Welch-Satterthwaite 公式計算，則自由度

$$\begin{aligned} \nu_{Diff1-h} &= \frac{u(Diff_1)_h^4}{\left( \left( \frac{u(L_{CT-h})^4}{\nu_{CT-h}} \right) + \left( \frac{u(L_{BS-h})^4}{\nu_{BS-h}} \right) + \left( \frac{C_{TS}^4 \cdot u(L_{TS-h})^4}{\nu_{TS-h}} \right) \right.} \\ &\quad \left. + \left( \frac{C_{LD}^4 \cdot u(L_{LD-h})^4}{\nu_{LD-h}} \right) \right) \\ &= 69 \end{aligned}$$

#### 四、 擴充不確定度

##### 1. 量測結果在平面之擴充不確定度 $U_{NE}$

取自由度 $\nu_{Diff1-NE} = 63$ ，在 95 %信賴水準，得 t 分布值為 2.00，即涵蓋因子 $k_1 = 2.00$ 。本校正系統採 95 %信賴水準，故校正量測結果平面坐標擴充不確定度 $U_{NE} = k_1 \times u(Diff_1)_{NE}$ ，則

$$U_{NE} = 2.00 \times 47.0 \approx 96 \text{ mm}$$

## 2. 量測結果在高程之擴充不確定度 $U_h$

取自由度 $\nu_{Diff1-h} = 69$ ，在 95 %信賴水準，得 t 分布值為 1.99，即涵蓋因子 $k_2 = 1.99$ 。本校正系統採 95 %信賴水準，故校正量測結果高程坐標擴充不確定度 $U_h = k_2 \times u(Diff_1)_h$ ，則

$$U_h = 1.99 \times 48.6 \approx 98 \text{ mm}$$

## 3. 最小量測不確定度

綜上所述，本校正系統所能達到的最小量測不確定度如下：

- (1) 平面方向：最小量測不確定度為 96 mm。
- (2) 高程方向：最小量測不確定度為 98 mm。

## 第二節 能力試驗活動規劃

### 一、 前言：

為符合TAF能力試驗活動要求(TAF-CNLA-R05)之規定，考量本案規劃校正系統量測品保措施與風險程度，依據國土測繪中心測量儀器校正實驗室申請項目方法及範圍進行次學科分類；並考量能力試驗/量測稽核之執行機構辦理頻率，規劃實驗室能力試驗活動(含能力試驗、量測稽核、實驗室間比對活動)參與計畫。

### 二、 實驗室申請/認可項目

表 5-9 實驗室申請/認可項目

| 項目代碼   | 校正件        | 校正項目   | 校正方法             |
|--------|------------|--------|------------------|
| KA1099 | 光達測繪車(LMS) | 車載光達校正 | 自訂[車載光達校正程序(暫定)] |

### 三、 決定次學科的考量與分類：

本校正項目屬於KA1099長度尺寸技術領域。

### 四、 風險程度之考量

1. 本校正項目非校正領域能力試驗活動指定項目，且無能力試驗辦理機構提供決定依 TAF-CNLA-R05 第 4 章要求最低頻率每 3 年參加一次量測稽核或實驗室間比對活動以確保實驗室之校正技術與品質。
2. 另外依照 TAF 能力試驗活動要求(TAF-CNLA-R05)第 4.3 節註 2 所述，當校正項目之合適的能力試驗是不存在或不可行，當現實可行的能力試驗活動不足以支持實驗室所有校正或測試品質保證時。實驗室應研究發展其它品質保證方案，以取得或維持本會(TAF)認證。

### 五、 能力實驗參與計畫一覽表

表 5-10 能力試驗參與計畫一覽表

| 項目     | 校正方法              | 參與頻率                            | 參加方式與辦理機構             | 參與紀錄 |
|--------|-------------------|---------------------------------|-----------------------|------|
| 車載光達校正 | 依自訂[車載光達校正程序(暫定)] | 每 3 年一次<br><br>(於初次申請認證前應先辦理一次) | 量測稽核/工研院量測技術發展中心(CMS) |      |

### 六、 能力試驗或實驗室間比對參與結果處理：

能力試驗或實驗室間比對結果不滿意時，依實驗室「實驗室品質手冊(文件編號：XXX)」進行不符合與矯正改善/預防措施。

### 七、 相關能力試驗辦理機構

參考能力試驗活動要求請參閱 TAF 網站公告之能力試驗執行機構。

能力試驗活動以量測稽核為主，將以工研院量測中心為參考實驗室，國土測繪中心測量儀器校正實驗室為參與實驗室，規劃量測數據



比對的方式進行。

依照 ISO/IEC 17043 所執行之量測稽核，參與實驗室與參考實驗室分別依照申請 TAF 認證之校正方法執行校正，稽核內容包含 GNSS 與全測站儀量測所得之校正標坐標（參考值）與利用光達測繪車掃描所得之校正標坐標（量測值），並出具校正報告，其中稽核結果  $|E_n|$  值係依據參與實驗室、參考實驗室的量測結果與對應之不確定度計算而得，當  $|E_n| \leq 1$  時，表示申請實驗室之量測結果與參考值一致，可確認本案所提出校正方法適用於評定光達測繪車之幾何特性。

依據 ISO/IEC 17043:2010，以  $|E_n|$  值來表示參與實驗室參加此次量測稽核之能力。若  $|E_n| \leq 1$ ，表示參與實驗室的量測結果與參考實驗室的量測結果一致；若  $|E_n| > 1$ ，表示參與實驗室的量測結果與參考實驗室的量測結果不一致。

$$E_n = \frac{x_{\text{lab}} - x_{\text{ref}}}{\sqrt{U_{\text{lab}}^2 + U_{\text{ref}}^2}}$$

其中， $x_{\text{lab}}$  為申請實驗室的量測結果， $x_{\text{ref}}$  為參考實驗室的量測結果， $U_{\text{lab}}$  為申請實驗室的量測結果之擴充不確定度， $U_{\text{ref}}$  為參考實驗室的量測結果之擴充不確定度，擴充不確定度係約於 95% 信賴水準下估計所得之結果。

然為避免量測稽核無法進行，初步研擬品質保證方案如下：

1. 仿照量測稽核方式，由實驗室提供最高等級的實驗室標準件（衛星接收儀與全測站儀）做為參考標準件，針對校正場的固定點進行衛星接收儀聯測，並架設全測站儀量測校正標中心坐標做為參考標準件參考值。
2. 使用工作標準件與待校件分別獲得之校正標中心坐標參考值與量測值。
3. 比對前述參考值、量測值與最高等級實驗室參考標準件獲得之參考值一致，達成品質保證方案。

### 第三節 模擬評鑑之規劃

為進行 TAF 認證作業，本案規劃相關工作項目以協助國土測繪中心測量儀器校正實驗室內部稽核與模擬評鑑活動。

規劃聘請 1 至 2 位具 TAF 評審員經驗與測量學術背景的專家協助進行模擬評鑑之進行。

於 110 年之模擬評鑑相關活動規劃包括

1. 教育訓練：進行內部稽核課程與評鑑技巧演練活動，規劃於 110 年 2 月份進行，至少安排 12 小時之課程。
2. 藉由工作會議方式，進行實驗室綜整性輔導活動，達成品質系統與技術運作的能力。透過上述活動規劃，並針對增項的光達測繪車校正能量進行模擬評鑑，增加實驗室同仁接受評鑑之經驗，於 3、4 月份進行至少 2 次工作會議。
3. 模擬評鑑：由外聘專家擔任模擬評審員，仿照正式認證過程，程序如下。
  - (1) 5 月初，彙整相關實驗室文件，送出模擬申請，當場模擬初訪，由外聘專家擔任初訪人員，確認文件完整性。
  - (2) 模擬評鑑 2 天，安排於 5 月。
    - i. 第一天進行品質項目審查
    - ii. 第二天進行技術項目審查，視模擬評審員建議，可能需要至校正場進行現場實作。
    - iii. 現場評鑑報告確認。
  - (3) 於 5 月底前完成模擬評鑑不符合（NC）紀錄表之回覆，由外聘專家進行改善措施確認與相關指導。

## 第陸章 校正場資料處理工具

依據校正理論及方法確認，光達測繪車校正作業過程中包含取得參考值、量測值與報告產出等處理過程，需要不同的計算工具以確保校正過程之資料正確性，有關量測值的取得，於 108 年計畫已說明使用點雲處理軟體透過量測點雲方式取得量測值的方法。有關校正報告產出需要的參考值計算、擴充不確定度計算與器差值計算等需求，本案開發校正場資料處理工具架構如圖 6-1 所示。

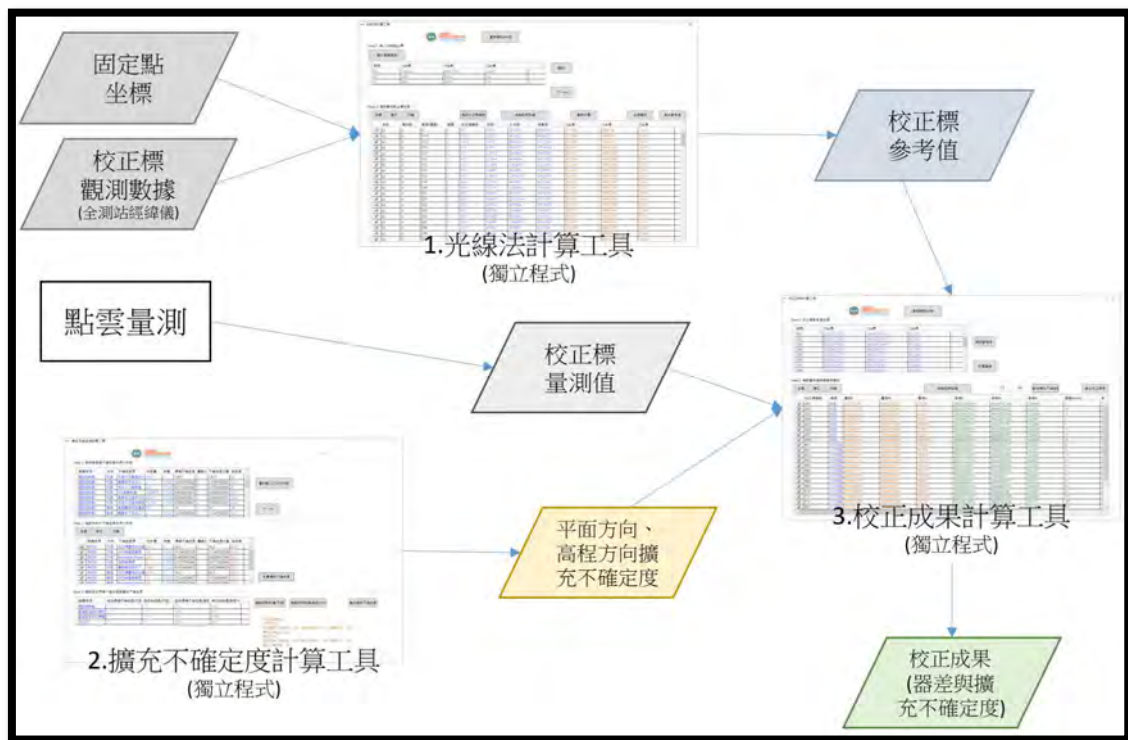


圖 6-1 校正場資料處理工具架構說明

執行環境說明如下：

1. Windows 作業系統，需有 .Net Framework 4.0 Client 執行環境，Windows 7 以後的版本均已內建 .Net Framework 4.0 以上的版本，並可向下相容。
2. 計算工具免安裝，直接開啟執行檔即可使用。

以下分別就各計算工具進行說明。

### 第一節 光線法計算工具

1. 光線法計算工具，載入控制點坐標與全測站儀觀測檔即可計

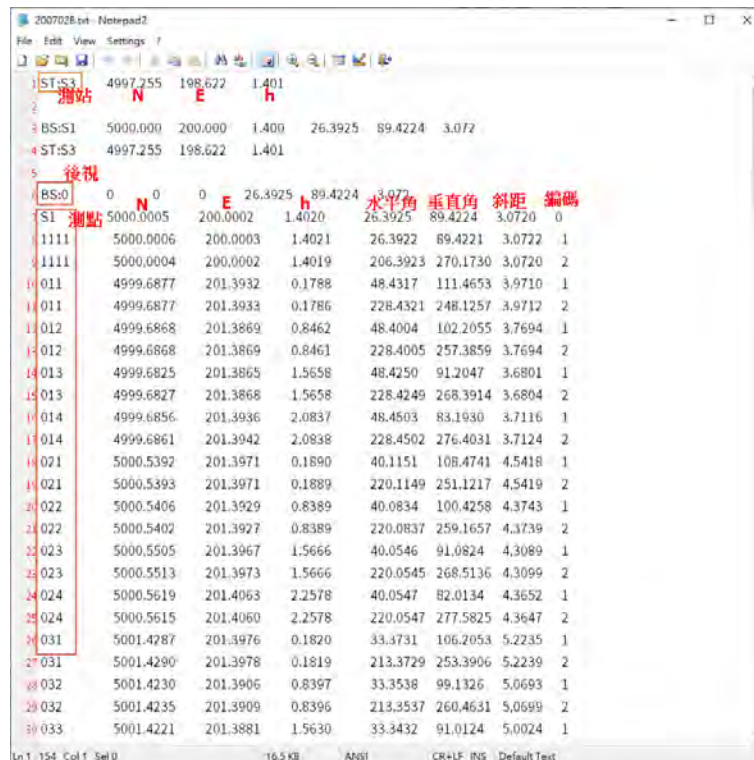
算坐標成果，可應用於校正活動參考值之取得，操作流程如圖 6-2。



圖 6-2 光線法計算工具—操作流程

2. 程式開啟初始畫面，介面會引導先「讀取觀測資料」，觀測資料格式目前為實驗室標準件自訂格式。

讀取觀測資料範例



| Station ID | N         | E        | h      | Horizontal Angle | Vertical Angle | Slope Distance | Code |
|------------|-----------|----------|--------|------------------|----------------|----------------|------|
| ST-S3      | 4997.255  | 198.622  | 1.401  |                  |                |                |      |
| BS-S1      | 5000.000  | 200.000  | 1.400  | 26.3925          | 89.4224        | 3.072          |      |
| ST-S3      | 4997.255  | 198.622  | 1.401  |                  |                |                |      |
| BS=0       | 0         | 0        | 0      | 26.3925          | 89.4224        | 3.072          |      |
| S1         | 5000.0005 | 200.0002 | 1.4020 | 26.3925          | 89.4224        | 3.0720         | 0    |
| 1111       | 5000.0006 | 200.0003 | 1.4021 | 26.3922          | 89.4221        | 3.0722         | 1    |
| 1111       | 5000.0004 | 200.0002 | 1.4019 | 206.3923         | 270.1730       | 3.0720         | 2    |
| 011        | 4999.6877 | 201.3932 | 0.1788 | 48.4317          | 111.4653       | 3.9710         | 1    |
| 011        | 4999.6877 | 201.3933 | 0.1786 | 228.4321         | 248.1257       | 3.9712         | 2    |
| 012        | 4999.6868 | 201.3869 | 0.8462 | 48.4004          | 102.2055       | 3.7694         | 1    |
| 012        | 4999.6868 | 201.3869 | 0.8461 | 228.4005         | 257.3859       | 3.7694         | 2    |
| 013        | 4999.6825 | 201.3865 | 1.5658 | 48.4250          | 91.2047        | 3.6801         | 1    |
| 013        | 4999.6827 | 201.3868 | 1.5658 | 228.4249         | 268.3914       | 3.6804         | 2    |
| 014        | 4999.6856 | 201.3936 | 2.0837 | 48.4503          | 83.1930        | 3.7116         | 1    |
| 014        | 4999.6861 | 201.3942 | 2.0838 | 228.4502         | 276.4031       | 3.7124         | 2    |
| 021        | 5000.5392 | 201.3971 | 0.1890 | 40.1151          | 108.4741       | 4.5418         | 1    |
| 021        | 5000.5393 | 201.3971 | 0.1889 | 220.1149         | 251.1217       | 4.5419         | 2    |
| 022        | 5000.5406 | 201.3929 | 0.8389 | 40.0834          | 100.4258       | 4.3743         | 1    |
| 022        | 5000.5402 | 201.3927 | 0.8389 | 220.0837         | 259.1657       | 4.3739         | 2    |
| 023        | 5000.5505 | 201.3967 | 1.5666 | 40.0546          | 91.0824        | 4.3089         | 1    |
| 023        | 5000.5513 | 201.3973 | 1.5666 | 220.0545         | 268.5136       | 4.3099         | 2    |
| 024        | 5000.5619 | 201.4063 | 2.2578 | 40.0547          | 82.0134        | 4.3652         | 1    |
| 024        | 5000.5615 | 201.4060 | 2.2578 | 220.0547         | 277.5825       | 4.3647         | 2    |
| 031        | 5001.4287 | 201.3976 | 0.1820 | 33.3731          | 106.2053       | 5.2235         | 1    |
| 031        | 5001.4290 | 201.3978 | 0.1819 | 213.3729         | 253.3906       | 5.2239         | 2    |
| 032        | 5001.4230 | 201.3906 | 0.8397 | 33.3538          | 99.1326        | 5.0693         | 1    |
| 032        | 5001.4235 | 201.3909 | 0.8396 | 213.3537         | 260.4631       | 5.0699         | 2    |
| 033        | 5001.4221 | 201.3881 | 1.5630 | 33.3432          | 91.0124        | 5.0024         | 1    |

圖 6-3 光線法計算工具—讀取觀測資料範例

3. 載入觀測資料後，「讀取」載入控制點(固定點)坐標檔，並按「下一步」得到初步計算成果。

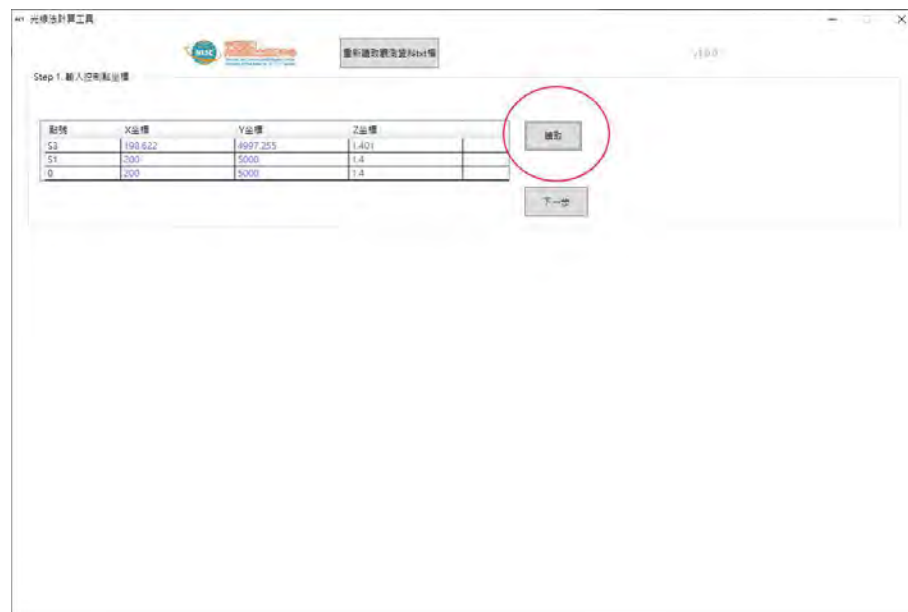


圖 6-4 光線法計算工具－讀取固定點坐標檔



圖 6-5 光線法計算工具－載入固定點坐標並計算初始坐標

- 「確認校正標編號」會自動將全測站儀設定測點名稱代入，如與校正場校正標編號不同，介面允許使用者修正；如果前一步驟的控制點坐標或名稱有錯，也可以在介面上修正或重新讀取，修改後可透過「重新計算」得到新的坐標值。
- 「複製到剪貼簿」功能可以將所有資料複製到剪貼簿，只要開啟記事簿或是 Excel 等軟體，就可以貼上觀測數據與計算結果。

6. 「坐標整併」功能為處理正倒鏡與多測回、測站，會計算出校正標中心坐標成果，作為校正系統參考值使用。



圖 6-6 光線法計算工具—正倒鏡、多測回與多測站之坐標整併

7. 「輸出參考值」功能會將最終坐標成果匯出為文字檔案，提供校正成果計算工具匯入處理。

檔案格式為 校正標編號, N, E, h

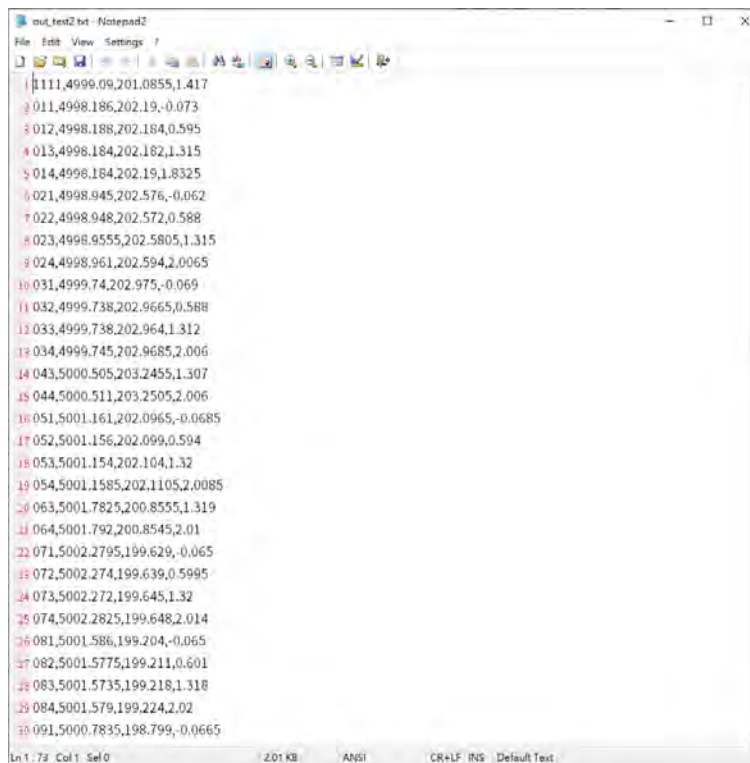


圖 6-7 光線法計算工具—校正標參考值匯出

## 第二節 擴充不確定度計算工具

1. 擴充不確定度計算工具，載入「參考值不確定度分析表」與「待校件不確定度分析表」，再視需求修正各不確定度源估計量等參數後即可計算擴充不確定度，操作流程如圖 6-8。

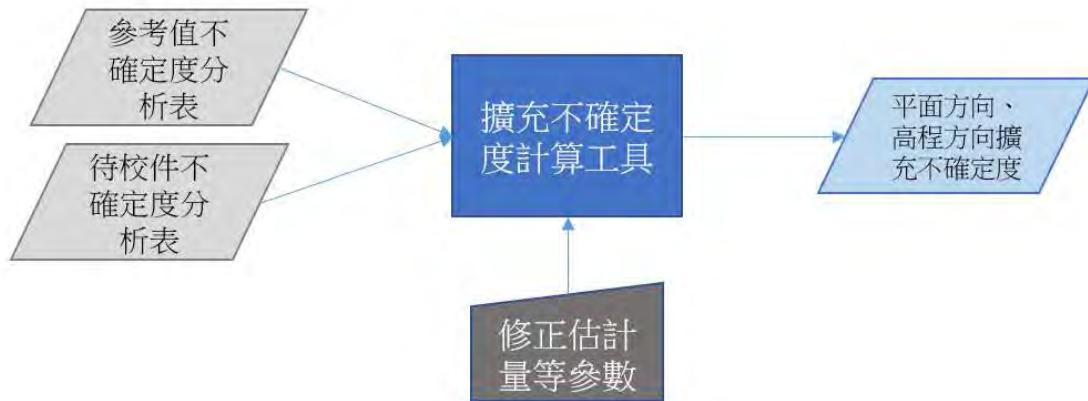


圖 6-8 擴充不確定度計算工具—操作流程

2. 程式開啟初始畫面，介面會引導先「載入參考值不確定度分析表」，可作為模板使用，自由新增/刪除不同的誤差來源與不確定度源。

參考值不確定度分析表範例，檔案欄位為 #誤差來源，方向，不確定度源，估計量，除數，靈敏係數，自由度。

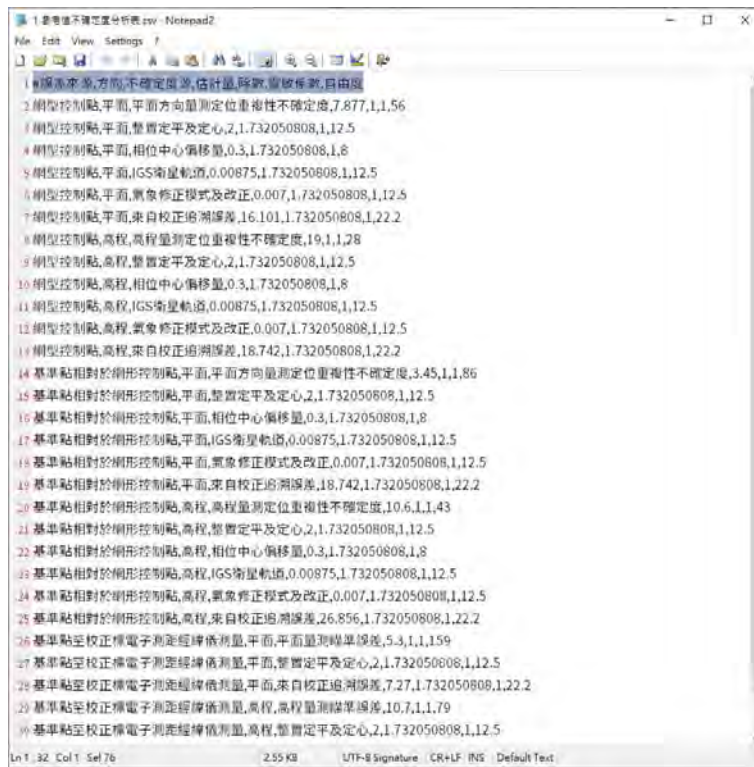


圖 6-9 擴充不確定度計算工具—參考值不確定度分析表範例

3. 載入參考值不確定度分析表後，「下一步」載入待校件不確定度分析表。



圖 6-10 擴充不確定度計算工具—載入待校件不確定度分析表範例

4. 載入待校件不確定度分析表後，介面允許使用者修正待校件的估計值等參數；確認後透過「計算擴充不確定度」得到計



算結果。



圖 6-11 擴充不確定度計算工具—可分別輸入各影響因子不確定度估計量



圖 6-12 擴充不確定度計算工具—計算成果

- 「複製到剪貼簿(平面)」與「複製到剪貼簿(高程方向)」功能可以分別將平面方向擴充不確定度與高程方向擴充不確定度數值複製到剪貼簿，只要開啟記事簿或是 Excel 等軟體，就可以貼上觀測數據與計算結果，亦可以在校正成果計算工具中貼上使用。

6. 「輸出擴充不確定度」功能會將擴充不確定度數值匯出為文字檔案。

檔案格式為 平面方向, 高程方向。

### 第三節 校正成果計算工具

1. 校正成果計算工具，載入校正標參考值（光線法計算工具產出）、校正標量測值（點雲處理工具產出）與平面、高程方向擴充不確定度（擴充不確定度計算工具產出），即可產出校正報告所需之器差報表，操作流程如圖 6-13。

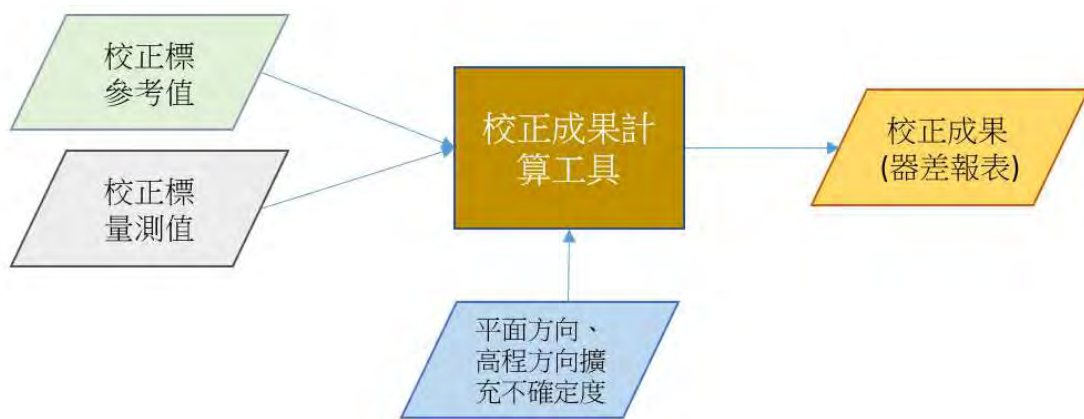


圖 6-13 校正成果計算工具—操作流程

2. 程式開啟初始畫面，介面會引導先「讀取量測值檔案」，為點雲量測校正標中心坐標成果，檔案欄位為 校正標編號, 水平距離分類, N, E, h

量測值檔案範例

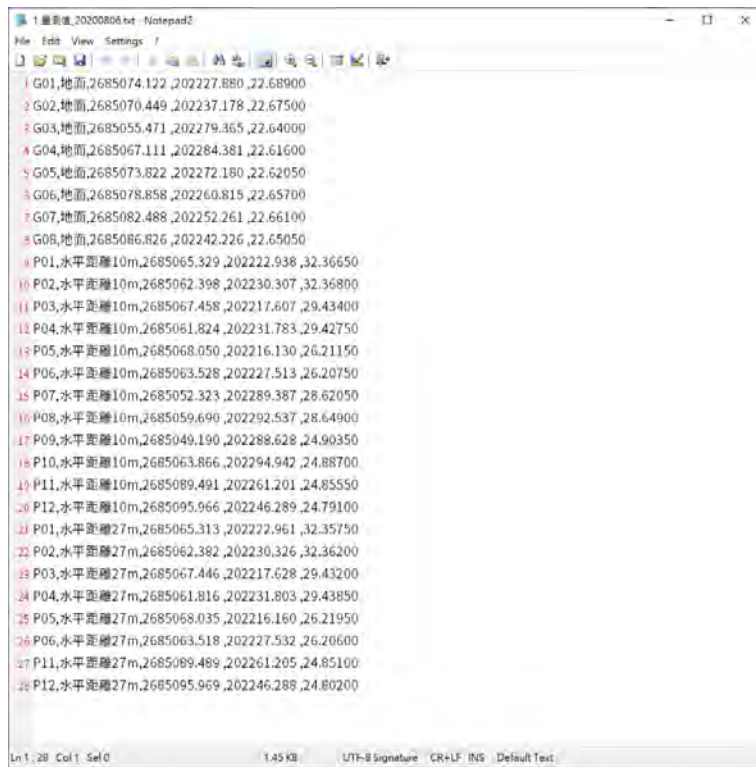


圖 6-14 校正成果計算工具—量測值檔案範例

- 載入量測值坐標檔案後，「讀取」載入參考值坐標檔，並按「計算器差」得到初步計算成果。



圖 6-15 校正成果計算工具—載入參考值檔案

校正成果計算工具

Step 1. 校正參考點設置

| 點號  | X坐標         | Y坐標         | Z坐標     |
|-----|-------------|-------------|---------|
| G01 | 202227.8779 | 2685074.108 | 22.6705 |
| G02 | 202237.1821 | 2685070.431 | 22.652  |
| G03 | 202279.3738 | 2685055.464 | 22.6285 |
| G04 | 202284.3785 | 2685067.101 | 22.599  |
| G05 | 202272.1777 | 2685073.79  | 22.5965 |
| G06 | 202260.8175 | 2685078.821 | 22.6355 |
| G07 | 202252.263  | 2685082.467 | 22.6425 |
| G08 | 202242.2315 | 2685086.811 | 22.6295 |

Step 2. 確認量測點與儀器參數

| 校正編號 | 儀器   | 儀器E         | 儀器N         | 儀器h     | 參考E         | 參考N         | 參考h     | 儀器E(mm) | 儀器N(mm) | 儀器h(mm) |
|------|------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|---------|---------|---------|---------|
| G01  | 地面   | 202227.8779 | 2685074.108 | 22.669  | 202227.8779 | 2685074.108 | 22.6705 | 2       | 14      | 60      |
| G02  | 地面   | 202237.1821 | 2685070.431 | 22.675  | 202237.1821 | 2685070.431 | 22.652  | -4      | 18      | 60      |
| G03  | 地面   | 202279.3738 | 2685055.464 | 22.64   | 202279.3738 | 2685055.464 | 22.6285 | -9      | 7       | 60      |
| G04  | 地面   | 202284.3785 | 2685067.111 | 22.616  | 202284.3785 | 2685067.101 | 22.599  | 8       | 10      | 60      |
| G05  | 地面   | 202272.1777 | 2685073.822 | 22.6205 | 202272.1777 | 2685073.79  | 22.5965 | 2       | 12      | 60      |
| G06  | 地面   | 202260.8175 | 2685078.858 | 22.617  | 202260.8175 | 2685078.821 | 22.6355 | -8      | 17      | 60      |
| G07  | 地面   | 202252.263  | 2685082.468 | 22.621  | 202252.263  | 2685082.467 | 22.6425 | -2      | 15      | 60      |
| G08  | 地面   | 202242.2315 | 2685086.826 | 22.6505 | 202242.2315 | 2685086.811 | 22.6295 | -5      | 11      | 60      |
| P01  | 水平距離 | 202222.9163 | 2685065.328 | 12.3665 | 202222.9163 | 2685065.317 | 12.346  | 22      | 20      | 60      |
| P02  | 水平距離 | 202230.2837 | 2685062.378 | 12.356  | 202230.2837 | 2685062.378 | 12.353  | 23      | 20      | 60      |
| P03  | 水平距離 | 202217.6191 | 2685067.468 | 12.404  | 202217.6191 | 2685067.467 | 12.404  | -12     | 19      | 60      |
| P04  | 水平距離 | 202231.7709 | 2685061.824 | 12.4275 | 202231.7709 | 2685061.815 | 12.407  | 12      | 19      | 60      |
| P05  | 水平距離 | 202216.078  | 2685068.026 | 12.4115 | 202216.078  | 2685068.026 | 12.4196 | 32      | 20      | 60      |
| P06  | 水平距離 | 202227.503  | 2685063.528 | 12.4075 | 202227.503  | 2685063.524 | 12.418  | 10      | 20      | 60      |
| P07  | 水平距離 | 202289.3702 | 2685052.823 | 12.6205 | 202289.3702 | 2685052.3   | 12.614  | 17      | 20      | 60      |
| P08  | 水平距離 | 202292.516  | 2685059.68  | 12.648  | 202292.516  | 2685059.671 | 12.631  | 21      | 11      | 60      |
| P09  | 水平距離 | 202288.6139 | 2685049.162 | 12.8035 | 202288.6139 | 2685049.162 | 12.8795 | 14      | 20      | 60      |
| P10  | 水平距離 | 202284.3785 | 2685063.866 | 12.857  | 202284.3785 | 2685063.84  | 12.864  | 24      | 20      | 60      |
| P11  | 水平距離 | 202281.2239 | 2685089.491 | 12.8355 | 202281.2239 | 2685089.464 | 12.828  | 18      | 20      | 60      |
| P12  | 水平距離 | 202246.289  | 2685095.956 | 12.791  | 202246.289  | 2685095.928 | 12.776  | 20      | 20      | 60      |
| P01  | 水平距離 | 202222.9163 | 2685065.318 | 12.3775 | 202222.9163 | 2685065.317 | 12.346  | 45      | 11      | 60      |

圖 6-16 校正成果計算工具—計算器差值

4. 「設定擴充不確定度」功能可以載入擴充不確定度計算工具的成果。

校正成果計算工具

Step 2. 確認量測點與儀器參數

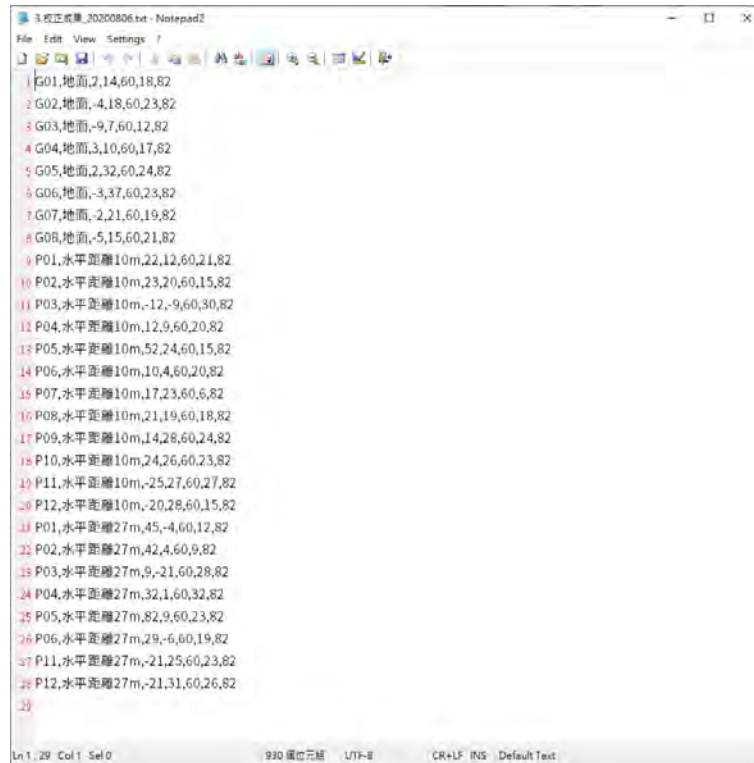
| 參考E         | 參考N         | 參考h     | 儀器E(mm) | 儀器N(mm) | 儀器h(mm) | 擴充不確定度(平面)(m) | 儀器E(mm) | 儀器N(mm) | 儀器h(mm) | 擴充不確定度(高程)(m) |
|-------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------------|---------|---------|---------|---------------|
| 202227.8779 | 2685074.108 | 22.6705 | 2       | 14      | 60      | 60            | 2       | 14      | 60      | 60            |
| 202237.1821 | 2685070.431 | 22.652  | -4      | 18      | 60      | 60            | -4      | 18      | 60      | 60            |
| 202279.3738 | 2685055.464 | 22.6285 | -9      | 7       | 60      | 60            | -9      | 7       | 60      | 60            |
| 202284.3785 | 2685067.101 | 22.599  | 8       | 10      | 60      | 60            | 8       | 10      | 60      | 60            |
| 202272.1777 | 2685073.79  | 22.5965 | 2       | 12      | 60      | 60            | 2       | 12      | 60      | 60            |
| 202260.8175 | 2685078.821 | 22.6355 | -8      | 17      | 60      | 60            | -8      | 17      | 60      | 60            |
| 202252.263  | 2685082.467 | 22.6425 | -2      | 15      | 60      | 60            | -2      | 15      | 60      | 60            |
| 202242.2315 | 2685086.811 | 22.6295 | -5      | 11      | 60      | 60            | -5      | 11      | 60      | 60            |
| 202222.9163 | 2685065.317 | 12.346  | 22      | 20      | 60      | 60            | 22      | 20      | 60      | 60            |
| 202230.2837 | 2685062.378 | 12.353  | 23      | 20      | 60      | 60            | 23      | 20      | 60      | 60            |
| 202217.6191 | 2685067.467 | 12.404  | -12     | 19      | 60      | 60            | -12     | 19      | 60      | 60            |
| 202231.7709 | 2685061.815 | 12.407  | 12      | 19      | 60      | 60            | 12      | 19      | 60      | 60            |
| 202216.078  | 2685068.026 | 12.4196 | 32      | 20      | 60      | 60            | 32      | 20      | 60      | 60            |
| 202227.503  | 2685063.524 | 12.418  | 10      | 20      | 60      | 60            | 10      | 20      | 60      | 60            |
| 202289.3702 | 2685052.3   | 12.614  | 17      | 20      | 60      | 60            | 17      | 20      | 60      | 60            |
| 202292.516  | 2685059.671 | 12.631  | 21      | 11      | 60      | 60            | 21      | 11      | 60      | 60            |
| 202288.6139 | 2685049.162 | 12.8795 | 14      | 20      | 60      | 60            | 14      | 20      | 60      | 60            |
| 202284.3785 | 2685063.84  | 12.864  | 24      | 20      | 60      | 60            | 24      | 20      | 60      | 60            |
| 202281.2239 | 2685089.464 | 12.828  | 18      | 20      | 60      | 60            | 18      | 20      | 60      | 60            |
| 202246.289  | 2685095.928 | 12.776  | 20      | 20      | 60      | 60            | 20      | 20      | 60      | 60            |
| 202222.9163 | 2685065.317 | 12.346  | 45      | 11      | 60      | 60            | 45      | 11      | 60      | 60            |

圖 6-17 校正成果計算工具—載入擴充不確定度資訊

5. 「複製到剪貼簿(平面方向)」與「複製到剪貼簿(高程方向)」功能可以分別將平面方向器差與擴充不確定度、高程方向器差與擴充不確定度數值複製到剪貼簿，只要開啟記事簿或是 Excel 等軟體，就可以貼上觀測數據與計算結果，亦可以在校正報告的校正成果表格上直接貼上。

6. 「輸出校正報表」功能會將成果匯出為文字檔案。

檔案格式為 校正標編號, 水平距離分類, 橫坐標器差, 縱坐標器差, 平面坐標擴充不確定度, 高程器差, 高程坐標擴充不確定度



```
3.校正成果_20200806.txt - Notepad2
File Edit View Settings ?
1 G01,地面,14,60,18,82
2 G02,地面,-4,18,60,23,82
3 G03,地面,-9,7,60,12,82
4 G04,地面,3,10,60,17,82
5 G05,地面,2,32,60,24,82
6 G06,地面,-3,37,60,23,82
7 G07,地面,-2,21,60,19,82
8 G08,地面,-5,15,60,21,82
9 P01,水平距離10m,22,12,60,21,82
10 P02,水平距離10m,23,20,60,15,82
11 P03,水平距離10m,-12,-9,60,30,82
12 P04,水平距離10m,12,9,60,20,82
13 P05,水平距離10m,52,24,60,15,82
14 P06,水平距離10m,10,4,60,20,82
15 P07,水平距離10m,17,23,60,6,82
16 P08,水平距離10m,21,19,60,18,82
17 P09,水平距離10m,14,28,60,24,82
18 P10,水平距離10m,24,26,60,23,82
19 P11,水平距離10m,-25,27,60,27,82
20 P12,水平距離10m,-20,28,60,15,82
21 P01,水平距離27m,45,-4,60,12,82
22 P02,水平距離27m,42,4,60,9,82
23 P03,水平距離27m,9,-21,60,28,82
24 P04,水平距離27m,32,1,60,32,82
25 P05,水平距離27m,82,9,60,23,82
26 P06,水平距離27m,29,-6,60,19,82
27 P11,水平距離27m,-21,25,60,23,82
28 P12,水平距離27m,-21,31,60,26,82
29
Ln 1, 29 Col 1 Sel 0          930 個位元組  UTF-8  CR+LF  R/S  Default Text
```

圖 6-18 校正成果計算工具—輸出校正成果

## 第柒章 光達測繪系統軟硬體設備維護

為確保本案執行順利，進行國土測繪中心之光達移動系統（LMS）軟硬體設備相關維護作業。

### 第一節 軟體維護

國土測繪中心 LMS 之軟體維護紀錄表如表 7-1 所示。

表 7-1 國土測繪中心 LMS 軟體維護紀錄表

| 軟體名稱   | 軟體說明  | 更新版本說明   |
|--|---|--|
| Geosat RTMS (Real Time Monitor System, RTMS) | LMS 即時監控系統，為經緯航太科技開發之即時監控系統，系統包含定位定向系統監控、光達設備監控及相機監控等 3 項子程式          | 已於 109 年 4 月 15 日更新，提升程式效能並新增相機張數及記憶體監看程式。                               |
| GeoPoint                                     | 定位定向資料解算軟體  | 109 年 7 月 16 日，協助移機安裝作業<br><br>109 年 9 月 30 日更新，配合外部底圖介接格式變更及提升輪速計資料解析度。 |
| NovAtel Connect (版本 1.8.0)                   | 定位定向處理軟體，NovAtel IMU 搭配之專屬軟體  | VER 2.6.3 (2020-05-25)   |
| Z+F SynCaT (版本 1.2.0)                        | 點雲處理軟體，Z+F 光達搭配之專屬軟體  | 無更新版本  |
| TerraSolid 系列軟體 (版本 019)                     | 點雲處理軟體，商用軟體，包含 TerraScan、TerraMatch、TerraModeler 及 TerraPhoto 等 4 項模組 | VER 020 (2020-03-05)<br><br>已於 109 年 4 月 21 日辦理維護約更新，授權證明請參考圖 7-1        |

填寫日期為 109/11/30



圖 7-1 TerraSolid 維護約授權證明文件

## 第二節 硬體維護

國土測繪中心 LMS 之相關硬體整理如表 7-2 所示。

表 7-2 國土測繪中心 LMS 硬體清單

| 子系統    | 內容說明   | 維護說明                             |
|--------|--|----------------------------------|
| 定位定向系統 | GNSS :<br>◆ 加拿大 NovAtel 衛星定位儀 ProPak6TM 搭配 ANT-702-GG 天線盤 2 個<br><br>IMU : | 正常使用下無耗材所需，將安排定期維護作業以確認基本功能之運作正常 |

|             |  |  |
|-------------|--|--|
|             | <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 加拿大 NovAtel 慣性量測元件 IMU-FSAS</li> </ul> <p>輪速計：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 德國 CORRSYS-DATRON 的 Incremental Wheel Pulse Transducer (WPT)</li> </ul>   |  |
| 資料擷取系統      | <p>光達設備：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Pentax 公司之 S-2100 (Z+F Profiler 9012)</li> </ul> <p>工業級數位相機：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 加拿大 Point Grey Research, Inc.所開發之 910 萬畫素彩色工業級相機 (型號為 GS3-U3-91S6C-C) 搭配日本 VS Technology 公司製造之 8mm 定焦鏡頭 (型號為 VS-0814H1)，共 7 部</li> </ul> | 正常使用下無耗材所需，將安排定期維護作業以確認基本功能之運作正常   |
| 移動測繪系統整合式平台 | 裝載衛星定位儀、天線盤、慣性量測元件、影像感測器、光達設備及 3 部控制電腦為一體式平台   | 正常使用下無耗材所需，將安排定期維護作業以確認基本功能之運作正常   |
| 電力系統        | 採用 4 顆 102AH 鋰鐵電池提供系統 8 小時以上作業電力   | 電池為耗材，將於本案執行期間評估該系列電池狀態，提出電池保養計畫以延長電池壽命  |
| 遙控測繪車       | 為電動遙控操作的小型光達測繪系統，搭載移動測繪系統整合式平台，採 2 顆 102AH 鋰鐵電池提供系統 4 小時以上作業電力，並附以 2 顆 35AH 鉛酸電池提供動力使用   | <p>電池為耗材，將於本案執行期間評估該系列電池狀態，提出電池保養計畫以延長電池壽命</p> <p>電池外之設備於正常維護下均可持續使用，將安排定期維護作業以確認基本功能之運作正常</p> |



為維持國土測繪中心 LMS 及遙控測繪車等設備之正常運作，提出保養維護作業規劃如表 7-3，評估以 1 季為一保養維護週期，1 年至少 4 次。

表 7-3 保養維護作業計畫

| 構件項目 | 項次 | 品項                                    | 執行檢查/保養內容         | 執行週期       | 更換新品建議        |
|------|----|---------------------------------------|-------------------|------------|---------------|
| 系統檢查 | 1  | 主機電腦<br>ASUS 電腦 3 部                   | 系統功能檢查            | 三個月定期檢查及保養 | 損壞即送回修理       |
|      | 2  | 像機組<br>FLIR G3 相機 7 部                 | 系統功能檢查            | 三個月定期檢查及保養 | 損壞即送回原廠修理(註三) |
|      | 3  | 同步控制器                                 | 系統功能檢查(含 LMS 輪速計) | 三個月定期檢查及保養 | 損壞即送回修理       |
|      | 4  | GNSS & IMU                            | 系統功能檢查            | 三個月定期檢查及保養 | 損壞即送回原廠修理(註四) |
|      | 5  | LiDAR                                 | 系統功能檢查            | 三個月定期檢查及保養 | 損壞即送回原廠修理(註五) |
|      | 6  | LMS 電力系統<br>鋰鐵電池 4 顆                  | 電池性能充放電測試(註二)     | 三個月定期檢查及保養 | 建議兩年即更換新品     |
|      | 7  | 電動推車系統                                | 檢查結構及功能           | 三個月定期檢查及保養 | 損壞即送回修理       |
|      | 8  | 電動推車電力系統<br>鋰鐵電池 2 顆、鉛酸電池 2 顆及外掛充電器一組 | 電池性能充放電測試(註二)     | 三個月定期檢查及保養 | 建議兩年即更換新品     |

|  |   |      |      |           |  |
|--|---|------|------|-----------|--|
| 驗車服務   | 1 | 技術支援 | 技術支援 | 依國土測繪中心需求 |  |
| <p>註一：各項目維修保養所需程序不同，可能有拆換、檢驗、功能測試、實機測試等作業故障檢修費及待料情事。</p> <p>註二：電池為消耗品即使維修完成仍不含於一般設備保固期</p> <p>註三：FLIR 原廠或台灣指定維修商</p> <p>註四：Novatel 原廠或台灣指定維修商</p> <p>註五：德國原廠或台灣指定維修商</p> |   |      |      |           |  |

本案依照需求於執行期間進行 4 次保養維護作業，制定定期保養檢查紀錄單格式如圖 7-2~7-4 所示，各次維護紀錄請參閱附錄十一，109 年度保養維護紀錄報告彙整如表 7-4。

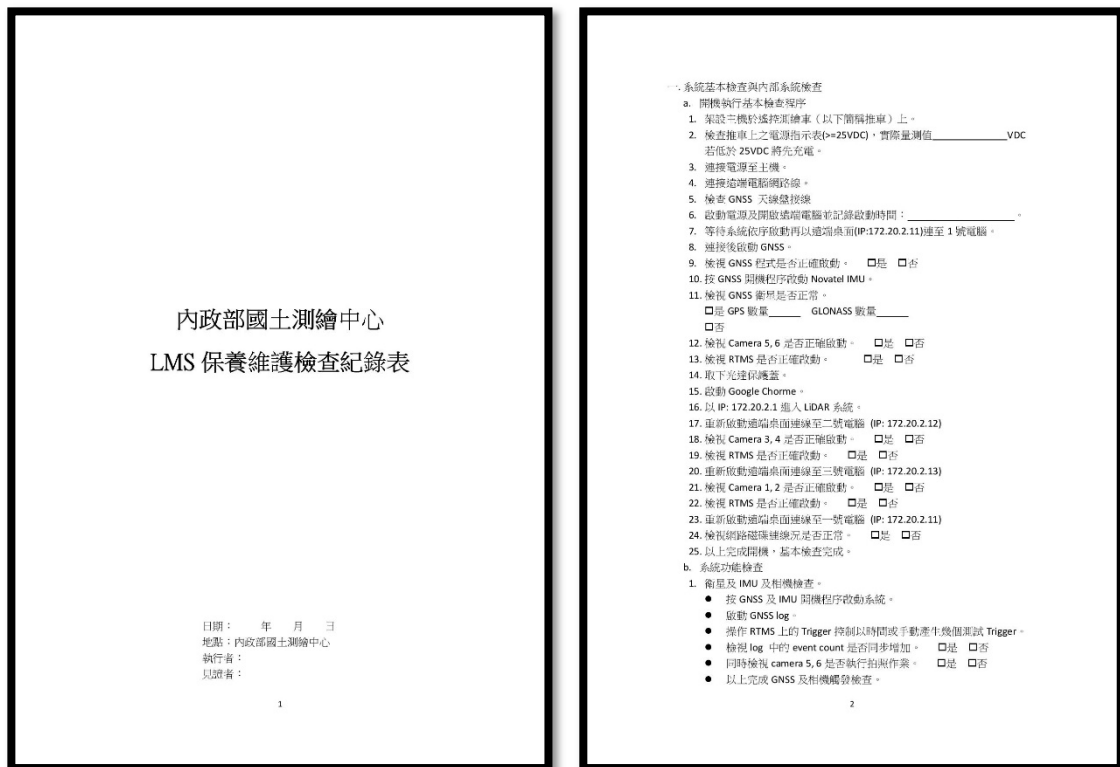


圖 7-2 定期保養檢查紀錄單—1

● 以網路攝影機檢視二號及三號電腦影片儲存槽檢視上述攝錄機制及相片。 是 否

● 以上完成檢驗。

2. 衛星訊息傳送至 LIDAR 檢查。

● 啟動 Chrome IP 172.20.2.1/gps 按 'on' 及 'update' 啟動 GPS

● 檢視 GPS 訊息 GP220 及 GP22A 是 否

● 啟動 PPS sync 以減少 pps 訊號 是 否

3. LIDAR 功能檢查

● 改至 LIDAR 主控畫面。

● 按 LIDAR 操作存檔於 t1。

● 啟動光達。

● 檢視光達啟動及自我校正。 是 否

● 檢視光達運作是否正常。 是 否

● 再確認光達運作正常後按 abort 處停止光達。

● 感測電腦啟動 FTP 連線至 LIDAR 檢視 t1.zls 檔案。 是 否

● 選擇後以網路介面傳回感測電腦。 是 否

● 以上完成檢驗

c. 以上完成三機系統檢查是否符合：\_\_\_\_\_

d. 檢驗意見：\_\_\_\_\_

e. 見證者意見：\_\_\_\_\_

簽名：\_\_\_\_\_

執行檢驗者：\_\_\_\_\_

見證者：\_\_\_\_\_

3

二. 遙控測繪車彈簧、動力系統及電力系統檢查

a. 推車動力系統及輪軸計轉發檢查

1. 將推車彈簧輪軸空。
2. 啟動無線遙控器。
3. 設定主機轉發為推車輪軸計。
4. 啟動遙控器檢驗推車馬達因遙控器彈簧左右馬達轉速不同。  
是 否
5. 啟動測繪模式檢視馬達旋轉。 是 否
6. 同時檢視是否因轉動的彈簧訊號使相機拍照。 是 否

b. 電池電力檢查

1. 啟動全系統包含 GNSS IMU 光達並以每秒一張的速度拍照。
2. 測試時間以每 15 分鐘紀錄電池電壓，共 60 分鐘，填入下表作為電池容量分析。
3. 時間：\_\_\_\_\_ 電壓：\_\_\_\_\_ VDC
4. 時間：\_\_\_\_\_ 電壓：\_\_\_\_\_ VDC
5. 時間：\_\_\_\_\_ 電壓：\_\_\_\_\_ VDC
6. 時間：\_\_\_\_\_ 電壓：\_\_\_\_\_ VDC
7. 時間：\_\_\_\_\_ 電壓：\_\_\_\_\_ VDC
8. 完成後關閉主系統。
9. 開始充電以每 15 分鐘紀錄電池電壓，填入下表作為電池容量分析以達到 26.5V 為止，此時系統電池尚需充電，待整個檢驗完成後再繼續充電。
10. 時間：\_\_\_\_\_ 電壓：\_\_\_\_\_ VDC
11. 時間：\_\_\_\_\_ 電壓：\_\_\_\_\_ VDC
12. 時間：\_\_\_\_\_ 電壓：\_\_\_\_\_ VDC
13. 時間：\_\_\_\_\_ 電壓：\_\_\_\_\_ VDC
14. 檢視推車獨立充電系統運作是否正常。 是 否

c. 推車系統綜合檢查

1. 將三機系統聯機。
2. 檢查 LMS 之電源指示表( $\geq 25VDC$ )實際量測值 \_\_\_\_\_ VDC。
3. 若 LMS 電力不足時先充電。
4. 將測繪車開出並停於測繪中心門口人行道上待車。
5. 操作測試  
正常，測試條件 \_\_\_\_\_  
異常，原因 \_\_\_\_\_
6. 以驗證推車系統完成整體綜合測試。

d. 以上完成推車系統檢查是否符合：\_\_\_\_\_

e. 檢驗意見：\_\_\_\_\_

簽名：\_\_\_\_\_

執行檢驗者：\_\_\_\_\_

見證者：\_\_\_\_\_

4

圖 7-3 定期保養檢查紀錄單—2

f. 見證者意見：\_\_\_\_\_

簽名：\_\_\_\_\_

執行檢驗者：\_\_\_\_\_

見證者：\_\_\_\_\_

5

三. LMS 測繪車基本檢查與電力系統檢查

a. 電力系統檢查

1. 檢查車上之電源指示表( $\geq 25VDC$ )實際量測值 \_\_\_\_\_ VDC。  
(若低於 25VDC 將先充電)
2. 連接電源至主機。
3. 連接感測電腦網路線。
4. 檢查 GNSS 天線無障礙。
5. 啟動電源及開啟感測電腦並記錄啟動時間：\_\_\_\_\_。
6. 按測繪程序啟動主機。
7. 啟動全系統包含 GNSS IMU 光達並以每秒一張的速度拍照。
8. 測試時間以每 15 分鐘紀錄電池電壓，共 60 分鐘，填入下表作為電池容量分析。
9. 時間：\_\_\_\_\_ 電壓：\_\_\_\_\_ VDC
10. 時間：\_\_\_\_\_ 電壓：\_\_\_\_\_ VDC
11. 時間：\_\_\_\_\_ 電壓：\_\_\_\_\_ VDC
12. 時間：\_\_\_\_\_ 電壓：\_\_\_\_\_ VDC
13. 時間：\_\_\_\_\_ 電壓：\_\_\_\_\_ VDC
14. 完成後關閉主系統。
15. 開始充電以每 15 分鐘紀錄電池電壓，填入下表作為電池容量分析以達到 26.5V 為止，此時系統電池上需充電，待整個檢驗完成後再繼續充電。
16. 時間：\_\_\_\_\_ 電壓：\_\_\_\_\_ VDC
17. 時間：\_\_\_\_\_ 電壓：\_\_\_\_\_ VDC
18. 時間：\_\_\_\_\_ 電壓：\_\_\_\_\_ VDC
19. 時間：\_\_\_\_\_ 電壓：\_\_\_\_\_ VDC

b. 系統輪軸計轉發及綜合檢查

1. 將系統測試至車頂。
2. 按外置標準程序啟動系統。
3. 檢視輪軸計是否運作正常。 是 trigger 數記錄 \_\_\_\_\_ 否

c. 以上完成 LMS 系統檢查是否符合：\_\_\_\_\_

d. 檢驗意見：\_\_\_\_\_

e. 見證者意見：\_\_\_\_\_

簽名：\_\_\_\_\_

執行檢驗者：\_\_\_\_\_

見證者：\_\_\_\_\_

6

圖 7-4 定期保養檢查紀錄單—3

表 7-4 109 年度保養維護紀錄報告

| 項次 | 保養維護作業時間        | 保養狀況  | 備註   |
|----|-----------------|---|--|
| 1  | 109 年 4 月 15 日  | LMS 保養狀況良好  |  |
| 2  | 109 年 7 月 15 日  | <p>於保養維護作業前先進行如下作業</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 更新相機配置</li> <li>2. 推車電池維修更新</li> </ol> <p>完成以上作業後進行例行保養維護作業，發現 LMS 電池充電效率降低。</p>   | <p>為增加拍照穩定性，更新相機配置為 2/2/2，均分於 3 台電腦</p> <p>後續於 109 年 8 月 12 日取回 LMS 電池進一步的檢修，並於 8 月 19 日檢還，已排除充電效率降低的狀況，並變更電壓設定，提升使用效率。</p>  |
| 3  | 109 年 9 月 29 日  | 增加外掛輪速計檢測，檢測結果正常。   |  |
| 4  | 109 年 11 月 27 日 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1.於 11 月 27 日發現 NovaTel 衛星接收器無法正常啟動，初步認定為韌體異常狀況，無法進行剩餘保養維護作業。</li> <li>2.於 12 月 8 日續辦第 4 次保養維護作業，發現 PC 連接問題，無法啟動相機。</li> <li>3.於 12 月 14 日續辦第</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1.於 12 月 7 日進行衛星接收器韌體更新，恢復正常啟動。</li> <li>2.於 12 月 9 日檢修 PC 連接問題，更換相關線材，恢復相機正常啟動。</li> <li>3.於 12 月 18 日借出 LMS，12</li> </ol> |

|  |  |                                       |  |
|--|--|---------------------------------------|--|
|  |  | <p>4 次保養維護作業，發現輪速計異常，其餘保養維護項目已完成。</p> | <p>月 19 日架高車輛檢查輪速計狀況，已排除狀況，並完成輪速計檢測，可正常運作。</p> |
|--|--|---------------------------------------|--|

歷次保養維護現場作業照片摘錄部份如圖 7-5~7-8 所示。

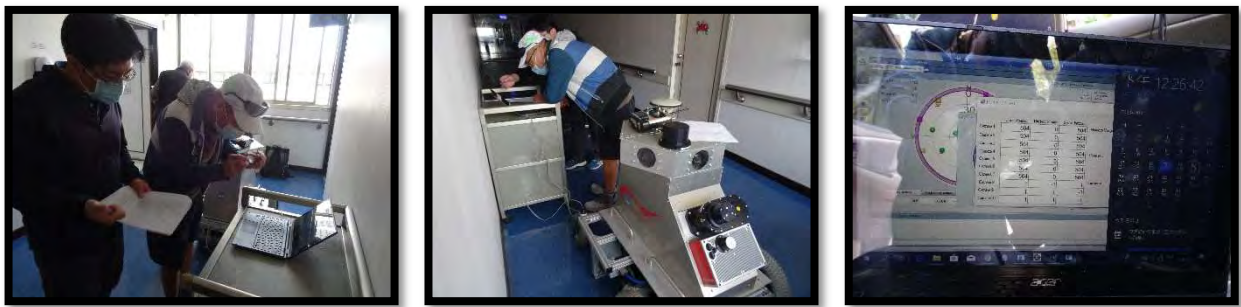


圖 7-5 第 1 次保養維護作業

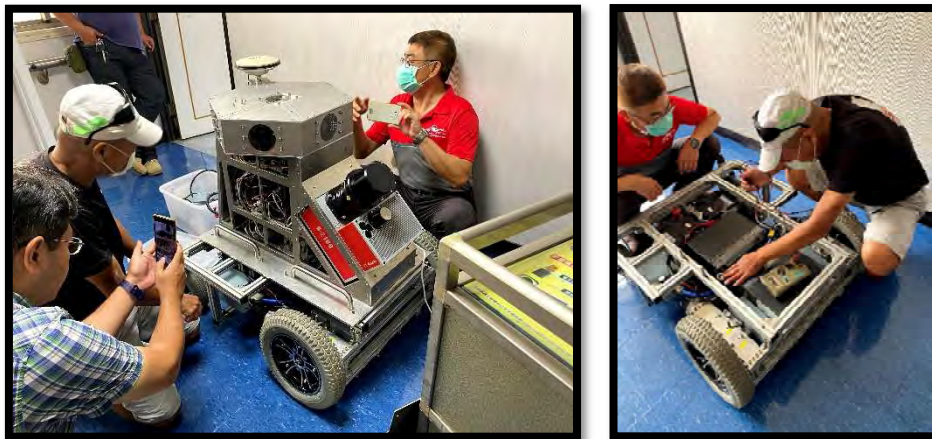


圖 7-6 第 2 次保養維護作業—相機配置變更與推車電池維修

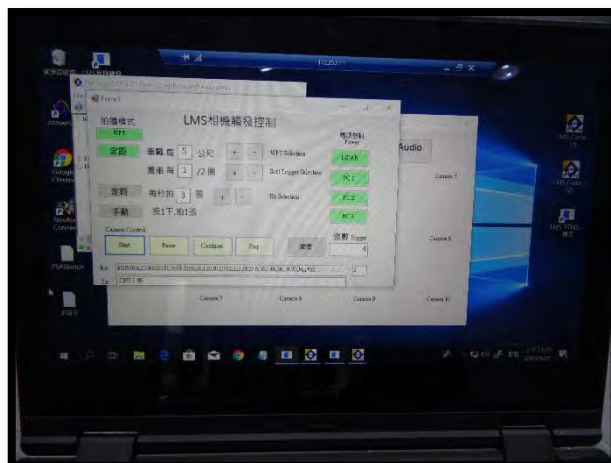


圖 7-7 第 3 次保養維護作業－外掛輪速計測試

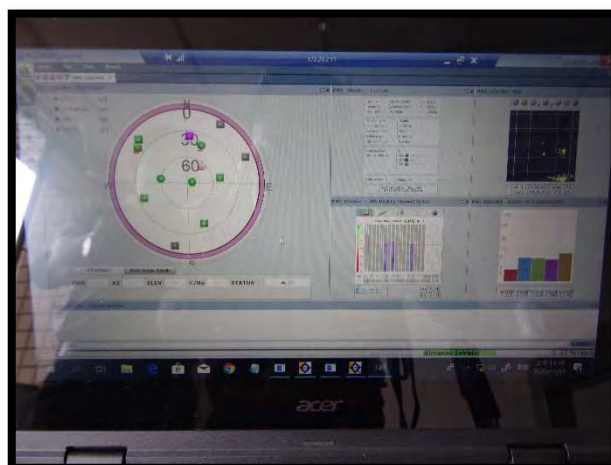


圖 7-8 第 4 次保養維護作業－Novaltel 衛星接收器啟動異常（已更新韌體恢復功能正常）



圖 7-9 第 4 次保養維護作業—輪速計檢測後運作正常

## 第捌章 結論及未來建議

### 第一節 結論

本案於 109 年辦理光達測繪車校正系統相關建置作業，簡述如下：

1. 校正理論與方法之確認。
2. 校正標材質與標形評估測試、設計與製作，於牆面設計可拆式的磁吸式安裝校正標，考量到校正場位於交通部運輸研究所港灣研究中心，該處靠近海邊、風速較強，特別加強抗風性設計，經實際安裝後，具有拆裝方便與穩固性高之特點，符合本校正作業之需求，完成 24 個可拆式牆面校正標（12 個為備用），。
3. 校正場規劃與建置，於校正場完成 12 個牆面校正標磁吸式基座與 8 個地面校正標建製，並規劃校正活動 LMS 行駛路線，於路線轉彎處設置三角錐以確保車輛行駛路線之正確。
4. 完成 2 次校正實作與成果分析。
5. TAF 校正領域認證作業先期評估，完成不確定度評估及計算、能力試驗活動與模擬評鑑之規劃。  
其中不確定度項目包含如下：
  - (1). 網形控制點觀測網之不確定度
  - (2). 基準點相對於網形控制點之不確定度
  - (3). 基準點至校正標全測站儀測量之不確定度
  - (4). 校正件量測不確定度上述 4 項組合標準不確定度，採 95% 信賴水準，以校正量測結果分別計算平面與高程坐標擴充不確定度，於平面方向為 96mm，於高程方向為 98mm。
6. 校正場資料處理工具開發，完成光線法計算工具、擴充不確定度計算工具與校正成果計算工具。
7. 完成 4 次 LMS 軟硬體保養維護作業。



8. 提出全測站儀免稜鏡追溯程序，並於國土測繪中心固定基樁校正場進行測試與比對。

有關校正場建置工作，經過網形控制點與固定點的衛星定位測量，確定校正場內固定點之坐標，後經校正標穩定性測試，於校正程序中制訂相關作業規範，於校正作業時利用固定點以全測站儀量測校正標中心參考值，並規劃光達測繪車掃描路線，經兩次校正實作，確認校正程序執行成果良好，所產出校正結果能確實反映LMS之測繪能力，經評估可應用於光達測繪車測繪案件，例如高精地圖之測製。

本案透過 TAF 校正領域認證作業先期評估，進行不確定度評估及計算、能力試驗活動與模擬評鑑之規劃，以期能通過「財團法人全國認證基金會」(Taiwan Accreditation Foundation, TAF) 認證及納入國土測繪中心測量儀器校正實驗室，達成光達測繪車校正服務之目標。

## 第二節 未來建議

為配合國土測繪中心測量儀器校正實驗室於 110 年向財團法人全國認證基金會 (TAF) 提出延展及增列認證之申辦期程，提出 110 年度作業規劃，依照規劃時程完成各次網形控制點與固定點之測量成果，以達管制圖之需求，逐步擬定與增修相關校正作業程序、校正系統評估等表單文件，並依據實際校正活動回饋經驗修正工具軟體，以進行能力試驗活動、內部稽核、管理審查與模擬評鑑等作業。

## 附錄

### 附錄一 工作總報告及 110 年度作業規劃委員審查意見回覆說明表

| 委員                    | 問題與意見(依發言順序)  | 答覆   |
|-----------------------|---|--|
| 趙<br>委<br>員<br>鍵<br>哲 | <p>一、工作總報告書</p> <p>1. 依量測稽核能力 <math>E_n</math> 公式看起來視乎沒辦法判斷精度好不好，是否使用器差指標較能反映待校件量測精度？請說明。</p> | <p>量測稽核適用在校正方法確認與能力試驗，<math>E_n</math> 值依據申請實驗室與參考實驗室的量測結果與對應之不確定度計算而得，目的在確認量測結果一致；器差值與擴充不確定度是校正報告的重要資訊，校正報告不做精度評估，僅提供相關資訊供顧客判斷待校件量測成果或精度是否符合使用需求。</p> |
|                       | <p>2. 點雲坐標量測平台現況及不確定度為何？點雲是否有重複量測？請補充。</p>  | <p>由於本校正場掃描距離不長，掃描成果的點雲密度較高，於校正標面上的點雲間隔約為 1~2cm，透過作業規範可確保軟體測量點雲坐標的一致性，點雲重複量測 2 次皆為同一點，坐標並無差異，因此點雲坐標量測平台產生的誤差來源可忽略不計。</p>                               |
|                       | <p>3. 校正場控制點 A、B、C、D，目前未說明 D 點功能。</p>   | <p>已補充說明於第參章第二節，D 點為備用固定點。</p>   |
|                       | <p>4. 校正場若發生控制點位或校正標滅失時，如何因應？</p>   | <p>目前校正場固定點(控制點)計有 ABCD 4 點，其中 A 點以鋁柱固定於女兒牆上，十分穩固，D 點則設計作為 B 點或 C 點無法使用的備用點位；12 個牆面校正標備有另外 12 個備用的可拆式校正標(板)，可避免損壞或遺失之虞，</p>                            |

|   |   |
|---|---|
|   | <p>若為牆面的磁鐵滅失，由於一組校正標之磁吸式基座計有 4 個磁鐵所組成，一組校正標磁鐵剩餘數量 2 個以上可透過特製之輔助安裝木框重新貼附磁鐵，可保持與原校正標相同位置，若剩餘數量少於 2，貼附磁鐵後之校正標與原校正標位置會有少許位移，惟本校正作業已規定於每次校正作業時皆重新測量校正標取得參考值，對於校正標之位置無管制需求；若為地面校正標滅失，需重新安裝鋼釘並以油漆繪製地面校正標。</p> <p>若滅失之情況為無法於原處進行復原，則需進行風險評估與對策，應於 110 年度進行相關品質文件制定。</p> |
| <p>5. 改變測站及前後視後所測得校正標坐標差異，如何判斷成果接受或拒絕。(例如坐標差異太大，可能就不能直接平均，要做一個門檻值之類的設定)</p> | <p>目前尚未訂定兩測站所測得校正標坐標差值之門檻值，於 110 年度撰寫校正作業程序文件時會參考國土測繪中心既有相關測量作業標準或實驗室其他校正項目之校正程序予以設定。</p>   |
| <p>6. 文字請統一網「形」；掃「描」。</p>   | <p>已修正。</p>   |
| <p>7. 第五章數學符號應再檢視及修正。</p>   | <p>已檢視後修正。</p>  |
| <p>8. P. 70，重複性測試，RMS 為何?建議改用 RMSV、STD 資料分析，另相關計算公式應該列出。</p>                | <p>為 RMSE，已補充 STD 與相關計算說明。</p>  |

|                                  |  |  |
|----------------------------------|--|--|
|                                  | <p>9. P. 77, 圖 4-3, 率定標的圖例建議拿掉, 圖上沒看到</p>  | <p>已修正。</p>  |
| <p>蔡<br/>委<br/>員<br/>展<br/>榮</p> | <p>一、工作總報告書</p> <p>1. P. I~III, 英文摘要關鍵字應與中文摘要對應, 另部分英文文法錯誤請修正。</p>   | <p>已修正。</p>  |
|                                  | <p>2. 建議補充說明此報告內容有關「校正」及「率定」與「校正標」及「率定標」之區別。</p>   | <p>已補充於第肆章第一節。</p>   |
|                                  | <p>3. P. 7, 表 2-1 的「雷射掃描儀」應訂正為「光達」。</p>  | <p>已修正。</p>  |
|                                  | <p>4. P. 9, 請寫出表 2-3「測量距離 119」單位應為公尺, 請補充。另「圖 3-3 與表 3-4」應修正為「圖 2-3 與表 2-4」。倒數第 2、3 行文字錯開, 請訂正。</p>                  | <p>已修正。</p>  |
|                                  | <p>5. 建議補充說明光達測繪車可測繪圖資種類, 如何解決遮蔽區圖資漏洞填補問題、離散點群無法提供正確地物地貌特徵(點/線)的問題、測繪車無法抵達地區的圖資取得方式及圖資接合問題, 及 LiDAR 點雲貼色彩的套合正確性。</p> | <p>新增第貳章第五節—光達測繪車應用說明, 惟限於本計畫目標為建置光達測繪車校正系統, 相關測繪應用與點雲資料處理技術非本案研究內容, 無法提供詳盡、深入的問題探討。</p> |
|                                  | <p>6. 部分詞彙的中英未對應一致, 例如 P. 11 表 2-6「穩定度(…rate)」及表 P. 14「表面模型(…, TIN)」, 請訂正。</p>                                       | <p>已修正。</p>  |

|  |  |
|--|--|
| <p>7. PP. 21-22 圖 3-7 至 3-3「示意圖」宜訂正為實景圖，如 PP. 58-59 圖 3-53 至 3-55，及 P. 84 圖 4-12 至 4-13。</p>                 | <p>已修正。</p>  |
| <p>8. 請補充說明 P. 32 表 3-3 及 P. 37 圖 3-5 的光達反射強度值的值域，即最大及最小值。</p>   | <p>已補充，光達反射強度值的值域為 0 至 255。</p>  |
| <p>9. 整本報告書各處的誤謬、錯漏字、格式不恰當之處，請一併修正。</p>  | <p>已修正。</p>  |
| <p>10. PP. 86-93，表 4-2 至 4-9，及 PP. 103-111 表 4-14 至 4-17 請補充說明部份異常器差值之原因以及「點雲無法量測」的原因。</p>                   | <p>已補充。</p>  |
| <p>11. 請補充說明 PP. 95-96 表 4-2 至 4-13 的「STD」和「RMS」的計算方法，並說明一些數據出現「三維精度(例如:0.010m)」小於「平面精度(例如:0.012m)」的合理性。</p> | <p>STD 與 RMS 皆針對校正標量測值減去參考值所得器差進行估算，STD 採 n-1 計算方法，RMS 為 RMSE。<br/>檢視所有精度分析表，所有 AVG 值與 RMS 值皆是三維精度大於平面精度，符合三維器差大於平面器差的狀況；STD 為數據離散程度的指標，若三維 STD 小於平面 STD，表示三維器差的離散程度較平面器差離散程度為小。</p> |
| <p>12. 請補上遺漏單的單位(例 P. 115 表 4-19 的 D2-D1 及 D3-D2)。</p>   | <p>已修正。</p>  |

|  |  |
|--|--|
| <p>13. 用字用詞意恰當，例如 P.117 的「點雲」?還是「點」?</p>                                     | <p>為點雲，指的是從掃描點雲測量校正標中心坐標，以於報告補充說明。</p>                             |
| <p>14. P.71「固定臂」、P.135「率定臂」請統一用詞。</p>  | <p>已統一為固定臂。</p>  |
| <p>15. 請檢查及確認公式的正確性，例如 PP.138-143。</p>                                       | <p>已修正。</p>  |
| <p>16. 建議所開發的校正場資料處理工具一自動輸出資料表頭，例如 P.149 圖 6-2 的紅字”測站”、”N”、”E”、”H”及水平角等。</p> | <p>後續配合國土測繪中心需求進行資料處理工具的資料格式與表頭修正。</p>                             |
| <p>17. 報告書附圖內容字太小，不易閱讀，請修正。</p>  | <p>已修正。</p>  |
| <p>18. 建議補充說明 P.167 圖 7-8”啟動異常”之(可能)原因。</p>                                  | <p>經儀器代理商確認為韌體過舊造成啟動異常，已於更新韌體後恢復功能正常。</p>                          |
| <p>19. 建議補充敘明 P.167 本案各項工作之具體結論(包含量化結論及經驗)。</p>                              | <p>已補充。</p>  |
| <p>20. P.173「點雲無法量測」:若所述之原因消失，是否就可「可量測」?是否已經實地測試確認?</p>                      | <p>點雲無法量測的源因為 LMS 未依照指定路徑行駛，提早轉彎所致無法掃描到該處校正標，後續作業經事前行駛路徑確認與透過校</p> |

|       |   |  |
|-------|---|--|
|       |   | 正場擺設三角錐確保行駛路徑之正確，經實地測試已可於指定路徑掃描點雲中測量相關校正標中心坐標。                                   |
|       | 21. 建議對本案標題「光達測繪車」及其「校正系統」的功能及校正項目與作業流程簡要說明及定義。           | 已補充於第肆章第一節。  |
|       | 22. 簡報有部分”新”內容(簡報 P. 63)，建議一併納入總報告之中。                     | 已補充。   |
|       | <b>二、110 年度作業規劃</b>                                       |  |
|       | 1. 請全面檢視修正規劃書之各圖號及標題。                                     | 已修正。   |
|       | 2. P. 11「校正程序(參閱第二節)」與 P. 17「第二節人力或成本需求與办理流程」未正確對應一致，請訂正。 | 已修正。   |
| 梁旭文委員 | <b>一、工作總報告書</b>   |  |
|       | 1. 第伍章部分數學符號有錯(應下標而無下標)，應再檢視及修正。                          | 已修正。   |
|       | 2. 基準點與固定點前後不一致，請統一用詞。                                    | 已修正，統一為固定點。  |
|       | 3. 鄰近校正場有其他衛星基準站為何不予使用?                                   | 對於校正程序中的固定點 A (GNSS 靜態基站) 與衛星控制點聯測相關規劃，於 110 年度進行校正作業程序文件撰寫時須與國土測繪中心測量儀器校正實驗室同仁進 |

|   |  |
|---|--|
|   | <p>行討論與評估後決定之。</p>   |
| <p>4. 校正標位置圖中字體太小不易辨識(如 P.67、P.77 等)，另率定標的有標示，有的沒有標示，建議請修正。</p> | <p>已修正。</p>  |
| <p>5. 校正標如果遺失如何因應?</p>  | <p>校正標可分為牆面可拆式校正標與地面校正標兩類。</p> <p>12 個牆面校正標備有另外 12 個備用的可拆式校正標(板)，可避免損壞或遺失之虞，若為牆面的磁鐵減失，由於一組校正標之磁吸式基座計有 4 個磁鐵所組成，一組校正標磁鐵剩餘數量 2 個以上可透過特製之輔助安裝木框重新貼附磁鐵，可保持與原校正標相同位置，若剩餘數量少於 2，貼附磁鐵後之校正標與原校正標位置會有少許位移，惟本校正作業已規定於每次校正作業時皆重新測量校正標取得參考值，對於校正標之位置無管制需求；若為地面校正標減失，需重新安裝鋼釘並以油漆繪製地面校正標。</p> <p>若減失之情況為無法於原處進行復原，則需進行風險評估與對策，應於 110 年度進行相關品質文件制定。</p> |



|               |  |   |
|---------------|--|---|
|               | <p>二、110 年度作業規劃</p> <p>1. 處理工具建議在 110 年度程式後續擴充增加自動化產出校正報告功能，避免人工填寫錯誤。</p>  | <p>已補充。</p>   |
| <p>曾耀賢召集人</p> | <p>一、工作總報告書</p> <p>1. P. 70 牆面校正標長時間穩定性，P12 安裝後放置 75 分鐘觀測 3 組數據，據以比較，文字上似 3 組數據都是在第 75 分鐘時同時觀測，實務上是否觀測第 1 組數據，經過 75 分鐘再觀測第 2 組，再經過 75 分鐘再觀測第 3 組，若是，請修正文字。</p> | <p>已修正。</p>   |
|               | <p>2. P. 78 行駛路線如圖 3-11，應修正為行駛路線如圖 4-5，另依序由路段 1 至 20 應修正為依序由路段 1 至 21。</p>   | <p>已修正。</p>   |
|               | <p>3. P. 149 圖 6-2 編號重複，又第 2 個圖 6-2 觀測資料之紀錄，似無儀器高與稜鏡高之欄位。</p>  | <p>目前光線法計算工具為搭配實驗室標準件所設計，相關儀器觀測檔為實驗室同仁所提供。後續將依照校正作業程序規劃之工作件儀器觀測檔格式進行工具修正。</p> |
|               | <p>4. P. 165 11/27 發現 NoveTel GNSS 疑似韌體異常送原廠更新韌體，最新之情形如何？</p>  | <p>已更新於第柒章—光達測繪系統軟硬體設備維護。</p>   |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | <p><b>二、110 年度作業規劃</b></p> <p>1. 本案開發之計算工具包括：光線法計算工具、擴充不確定度計算工具、校正成果計算工具，建議融入案管功能概念，每一校正案，參如 P12 架構圖所表達之工具程式與資料流關係，規劃好各項資料、產出成果、校正報告等的檔案名稱或目錄架構，以利實際辦理校正作業時資料管理的完善正確。</p>  | <p>已於 110 年度作業規劃中補充需求。</p>               |
|  | <p>2. 校正報告之格式(內容)請再詳加研析討論。109 年度總報告附錄 11 雖已有校正報告草案，以下建議請參考：</p> <p>(1)校正件之廠牌型號序號只列 Lidar，建議將如 P277 所示之掃描儀、GNSS、IMU 廠牌\型號\序號\規格均列為校正件資訊。</p> <p>(2)P74, 作業地點：車載光達校正場，建議列出校正場名稱(甲方事項)。</p> <p>(3)符合性判斷結果，表中標示出規範標準及通過與否之判斷結果，是否適宜？</p> | <p>於 110 年度校正作業程序文件會針對校正報告格式進行討論與修正。</p> |

|         | 業務單位審查意見              | 答覆   |
|---------|-----------------------|------|
| 一、<br>工 | 1. 告書封面請修正以中英文並列方式呈現。 | 已修正。 |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p>作<br/>總<br/>報<br/>告<br/>審<br/>查<br/>意<br/>見</p> | <p>2. P. 70，牆面校正標磁吸安裝最大可達 2CM，請補充誤差分析。</p>   | <p>已補充。</p>  |
|  | <p>3. P. 94，駕駛軌跡，點雲解算軟體及參數設定均影響最終不確定度的評估結果，在第 5 章先期評估中並未納入？原因為何？是否應納入？</p>   | <p>已修正分析內容，駕駛行為可透過事前約定與訓練，執行掃描時亦透過三角錐控制行進方向，確保行駛路線一致性；點雲解算軟體與參數設定與 LMS 廠牌與規格相關，由於本校正場掃描距離不長，可透過作業規範限制軟體測量點雲坐標的一致性，故不納入不確定度源。</p> |
|  | <p>4. 109 年度開發 3 項校正場資料處理工具軟體，建議於後續 110 年度校正報告套件整併為 1 支大程式。</p>  | <p>已於 110 年度作業規劃中補充需求。</p>   |
|  | <p>5. P. 111，第四節全測站儀免稜鏡測距追溯程序，於 109 年 11 月 19 日於本中心固定基樁校正場免稜鏡測試，以斜方向量測校正標正倒鏡較差最大達約 17mm，110 年度工作應再行測試後分析其不確定度。</p> | <p>已於 110 年度作業規劃中補充需求。</p>   |
|  | <p>6. P. 118，公式(5-5)中 LTS：應為校正標中心坐標，非校正物角點坐標，請修正，另計算公式錯誤請一併修正(5-6)及(5-7)式。</p>                                     | <p>已修正。</p>  |
|  | <p>7. 公式標號錯誤：P. 118：(2-2)、(2-4)及(2-6)式，P. 135:(2-11)式，P. 143：(2-7)式，請修正。</p>                                       | <p>已修正。</p>  |

|   |             |
|---|-------------|
| <p>8. PP. 121~127、P. 129、P. 135，不確定度分析程序，其中部分不確定度及自由度計算表示方式有誤，如：<math>u(x NE) = [(6.72+8.92)/2]^{1/2} = 7.877 \text{ mm}</math>，請詳細檢視並與予修正。</p> | <p>已修正。</p> |
| <p>9. P. 128，SOKKIA SET330R3，校正係追溯自國土測繪中心測量儀器校正實驗室資料過舊，請使用 109 年度最新校正資料。</p>  | <p>已修正。</p> |
| <p>10. P. 135，另校正件和飛行載具間率定臂……，請修正為移動載具。</p>   | <p>已修正。</p> |
| <p>11. P. 143 與 P144，高程方向：自由度<sup><math>v_{Diff 1-h}</math></sup> = 69 或 68?，請再檢視修正。</p>  | <p>已修正。</p> |
| <p>12. PP. 148~158，第陸節 校正場資料處理工具，請就光線法、擴充不確定度、及校正成果計算工具等 3 項軟體分別增加該工具之說明及操作流程圖。</p>   | <p>已補充。</p> |
| <p>13. P. 148，圖 6-1 (Leica TM30)請修正為全測站經緯儀。</p>   | <p>已修正。</p> |
| <p>14. P. 159，表 7-1 國土測繪中心 LMS 軟體維護紀錄表，請補充本年度已完成 GEOPOINTER 軟體更新作業之辦理情形 (如：已完成處理底圖無法顯圖問題、輪速計資料解析度不足問題修正及協</p>                                   | <p>已補充。</p> |

|           |  |                            |
|-----------|--|----------------------------|
|           | 助本中心移機作業等事項)。  |                            |
|           | 15. P. 165, 表 7-4 109 年度保養維護紀錄報告, 請補充說明 7 月 5 日更新相機配置原因及辦理情形, 請增加 12 月份新增辦理情形(含 NovaTel 接收儀韌體更新及輪速計檢修)。                | 已補充。                       |
|           | 16. 結論請簡要彙整各類不確定精度分析。  | 已補充。                       |
|           | 17. 請增加本案遵守性別工作平等法之規定辦理情形及作業人力之性別分析及統計之說明資料。   | 已補充。                       |
|           | 18. 本案作業過程中取得之原始數據、計算成果及分析資料, 併修正版工作總報告交付。   | 相關原始數據、計算成果及分析成果將以電子檔方式交付。 |
|           | <p>● 勘誤</p> <p>1. 全冊, ” 客戶” 修正為” 顧客” 。</p> <p>2. P. 97 等, 校正工程師請修正為校正人員。</p> <p>3. PP. 169~202, 附錄一~五, 請統一字體及調整排版。</p> | 已修正。                       |
| 二、<br>110 | 1. 本案 110 年規劃工項請再確認是否與本中心儀器校正實驗室相互配合事項。  | 已確認並修正。                    |

|   |   |      |
|---|---|------|
| 年度作業規劃審查意見                                  | 2. 請增加 110 年度工作期程規劃及甘特圖。  | 已補充。 |
|   | 3. 圖號標示錯誤請修正：<br>● 全冊，請編圖號。<br>● P. 5，圖 4-2，標示錯誤請修正。<br>● P. 7，圖 4-5，標示錯誤請修正。 | 已修正。 |
|   | 1. P. 7，請補充量測校正標號及數量。   | 已補充。 |
|   | 2. P. 11，本中心簡稱，請更正為國土測繪中心。  | 已修正。 |
|   | 3. PP. 12-13，校正資料處理系統維護，請規劃增加可由校正成果直接輸出產生校正報告之擴充功能。                           | 已補充。 |
|   | 4. P. 14，請補充校正資料處理相關規劃內容。   | 已補充。 |
|   | 5. P. 16，請補充校正方法確認相關規劃內容。   | 已補充。 |
|   | 6. P. 16，2. 召開管理審查會議，請修正為配合參與國土測繪中心儀器校正實驗室管理審查會議。                             | 已修正。 |
| 7. P. 16，協助實驗室備妥申請 TAF 增列申請應檢附文件，請增加本校正項目相關 | 已補充。  |      |

|  |                           |                  |
|--|---------------------------|------------------|
|  | 文件及表單。                    |                  |
|  | 8. 建議工作項增加成果投稿或海報發表項目。    | 已補充。             |
|  | 9. 成本分析,是否包含 TAF 增列認證的費用? | 無包含 TAF 增列認證的費用。 |

## 附錄二 期中報告委員審查意見回覆說明表

| 委員    | 問題與意見(依發言順序)                   | 答覆  |
|-------|--------------------------------|---|
| 趙委員鍵哲 | 1.應先定義清楚本案校正標的為何?              | <p>本案欲建立 LMS 之校正服務，需依循 ISO17025：2017 規範，所稱「校正」之定義為「為指定條件下的操作，在第一步驟裡，建立一個由量測標準提供且含有量測不確定度之量值和含有量測不確定度之對應器示值之間的關係；在第二步驟裡，使用上述資訊從某一器示值確立和量測結果的關係。」，本案校正標的為提供顧客可操作的場地與規劃路線，顧客 LMS 依照指定方法測得的量測值（器示值）與標準件測得之參考值之間的差值為器差，透過器差值的呈現提供顧客了解送校的 LMS 在此場地與路線等指定條件下的能力表現。</p> |
|       | 2.請補充說明 12 個牆面校正標，其大小及分布之意義為何? | <p>牆面校正標的大小延續 108 年度計畫研擬的率定標大小，並經本計畫實測評估決定；分布位置則是模擬 LMS 實際作業環境，於場地內建築物牆面的中高低位置分別布設，涵蓋地面點與離地 2 公尺、4 公尺、6 公尺與 10 公尺等不同離地高度，路線規劃主要以 10 公尺水平距離的範圍為主，為 LMS 常見的道路設施調查、高精地圖製作等測量應用最常使用的掃描距離，本案校正標大小與分布應具有相當之代表性。</p>   |



|   |  |
|---|--|
| <p>3.校正場的控制點品質為何?應進一步補充說明?</p>                                | <p>控制點於校正場建置完成後囿於專案時程壓力，先採用 e-GNSS 即時動態定位方式取得坐標以進行相關測試，後續將採校正作業草案所規劃的參考值量測方式作業，並評估量測不確定度。</p>  |
| <p>4.P32-33，圖 3-14 及 3-15，校正標點雲資料，建議增加放大圖，較能明確顯示各標型反射情形。</p>  | <p>已增加放大圖，並整合於圖 3-14~3-16。</p>   |
| <p>5.P37、P70，圖 3-20 與圖 3-70 測站位置及觀測角度位置要正確，且能前後文相互呼應，請修正。</p> | <p>P37 的測試項目，與後續規劃、建置的控制點位置不相同，測試目的是評估不同反射材質在校正場中可能出現的最大量測距離與角度下的量測結果是否穩定，已於內文補充說明。</p>  |
| <p>6.利用校正場中地面控制點以全站儀量測牆面及地面校正標，似乎有外插情形，請說明測設規劃為何?</p>         | <p>場地四周環繞建物，校正標安裝於建物牆面與建物前的地面，地面控制點選點以透空度佳且可以觀測到所有校正標為原則，規劃使用衛星定位儀長時間觀測並聯測網形控制點取得控制點坐標，於控制點上擺設全測站儀量測校正標，後視控制點的距離在絕大部分情況下會比前視校正標的距離長，且規劃更換測站 1 次，可藉由多餘觀測方式確認測量成果符合需求。</p> |
| <p>7.全站儀量測部分規劃 2 測回，是否有其必要?</p>                               | <p>重複觀測可提升自由度，惟考量到校正作業的執行效率與可行性，後續將與國土測繪中心實驗室人員討論後確認是否需執行 2 測回的觀測方式。</p>   |

|                       |   |   |
|-----------------------|---|---|
|                       | 8.專有名詞有前後文不一致情形，請修正。  | 謝謝委員指正，已全數檢視並予以修正。  |
| 蔡<br>委<br>員<br>展<br>榮 | 1.P13、71，有關「光達測繪系統」、「光達測繪車」，除了 P13 有敘述三個子系統外，尚須補充少其它該有的(繪圖)子系統，才可完整地呈現本測繪系統(或測繪車)，例如「測繪資料量測處理及編輯系統」，才能從離散的點群產製有意義的地上物實體空間資料及資訊的成果圖(例如平面圖、地形圖、三維建模)。 | 已補充「光達點雲處理軟體」，包含光達解算、點雲資料處理，可提供製圖相關應用。  |
|                       | 2.P14，大量數據的資料安全、備份、管理、處理之實用機制為何？  | 本團隊之資訊機房備有資訊安全管理制度 (ISMS) 並於 2018 年通過公正第三方之驗證，取得 ISO27001:2013 證書以確保資安管理需求              |
|                       | 3.P15，表 2-3「測量距離：至少 100 公尺」，是指 $\geq 100m$ ， $< 100m$ ？   | $\geq 100m$   |
|                       | 4.P31，「清楚……辨識校正標中心位置」：以人主觀性認定與否？  | 於校正標樣本測試階段採人主觀性認定是否可清楚辨識校正標中心位置；同時補充校正標黑/白標部分之光達反射強度值作為客觀依據來判斷是否有足夠的反射強度差異以利辨識校正標中心位置。。 |
|                       | 5.P36，圖 3-19，是指觀測方向與校正標法線(或標面)之夾角？  | 為觀測方向與校正標標面之夾角。   |
|                       | 6.P38，「測距讀數不穩定」：實際的差量多少？  | 兩測回測距讀數差量約為 3 至 5 公分。   |

|  |   |
|--|---|
| <p>7.P54, 「免假固定」:意義為何?</p>   | <p>「假固定」指的是施工時使用的暫時性的固定裝置；「免假固定」指的是於牆面貼附時用的黏著劑具有足夠的初始黏著力，可直接貼附於牆面上，無需安裝臨時性的固定設施，貼附物體亦不會滑動或掉落。</p>                                   |
| <p>8.P61, 為何選 2 個點共用?另這 2 個的位置為何?</p>  | <p>相關位置請參考圖 3-58 與 3-69, 由於率定標非本案規劃工作項目, 本團隊依照國土測繪中心規劃的率定標設置需求協助施工, 經套合本案地面校正標規劃位置, 恰好與 2 點校正標位置非常接近, 因此決議共用此 2 點位置同時作為校正標與率定標。</p> |
| <p>9.P63, 圖 3-58: 建議其它點(率定標)也標示點號。</p>   | <p>由於率定標非本案規劃工作項目, 本團隊僅於圖 3-58 標示施測時的暫編點號。</p>  |
| <p>10.P65, GCP 只有 B、C、D 等只有 3 個點, 惟 P68 固定點為 A 至 D, P72 固定控制點(至少 4 點), P73-74 固定點 A(GNSS 靜態基站)與 B 至 D(地面控制點), 敘述均不一致, 請檢視修正。</p> | <p>固定點可分為地面控制點與 GNSS 靜態基站兩類, 共計有 3 點地面控制點 (B、C、D) 與 1 點 GNSS 靜態基站 (A), 敘述補充於 P63 至 P67。</p>   |
| <p>11.P71, 圖 4-1 流程圖: 客戶同時申請和 LMS 掃描?</p>  | <p>顧客為先申請再依照實驗室排定時間進行 LMS 掃描, 已於流程圖補充執行順序。</p>  |
| <p>12.P78 「申請實驗室」與「申請者」不一致, 請查明修正。</p>   | <p>統一名詞為「申請實驗室」。</p>  |

|   |   |
|---|---|
| <p>13.PP84-91：高程量測值：22.69085m(P85)與表 4-5、4-7、4-9 為 22.691m 表示方式不一致。為何橫坐標器差:大者(P01 至 P12)水平距離為 27m，另「點雲無法量測」部分請補充為何?</p> | <p>已修正量測值表示方式；「點雲無法量測」為該校正標於點雲成果上無法識別校正標中心，原因為 LMS 行駛路線未完全依照規劃路徑，有提早轉彎的現象導致無法確實完成該處校正標掃描。</p> |
| <p>14.P92，「高精地圖(HD MAP)的測製作業」：給人看的還是給車子使用的?</p>   | <p>參考高精地圖檢核與驗證指引文件，高精地圖測製成果包含 SHP 格式(人看得)與 OpenDrive 格式(自駕車圖資)。</p>                           |
| <p>15.P93-96，宜增列「點數」，為何三維精度 STD 數值小於平面精度 STD。</p>   | <p>已增列點數並重新整理數據，修正不合理的情況。</p>   |
| <p>16.P96，「順序較為直覺」:意義為何?</p>  | <p>駕駛實際依照路線 1 與 2 行駛，依據迴轉的次數(3:5)與急轉彎的次數(1:2)，評估路線 1 各路段的行駛順序較為直覺，已補充於原文處。</p>                |
| <p>17.P106，「點位精度」或「測繪精度」所指為何? P84-91，「校正標點位精度」或「測繪點位精度」0.15m/0.20m? 「好點(標)」與「自然點」精度不同等級。</p>                            | <p>已修正為「點位坐標精度」，以往返量測同名點之地理坐標較差表示。</p>  |
| <p>18.格式不一致：「如圖 3-1」、「如下圖」，請修正。</p>   | <p>已修正。</p>   |
| <p>19.用詞不一致：「點雲」或「點」? 「光束」或「光線」? 「定向」或「定位」? 「頻道」或「頻道數」? 「頻率」或「波段(P17)」? 「穩定度」或「(漂移)度」? 「路線」或「路段」? 請再檢視修正</p>            | <p>已檢視全文並逐一修正不合理的不一致用詞。</p>   |

|                       |   |  |
|-----------------------|---|--|
|                       | 20.錯字、漏字、圖號錯誤，請再檢視修正。   | 已檢視全文並逐一修正。  |
|                       | 21.請補充修正參考文獻。   | 已補充修正。   |
| 張<br>委<br>員<br>智<br>安 | 1.請定義「校正」什麼?並補充目的及對象物?目前本報告已提供「精度」及「不確定度」外，是否再可提供校正參數?誤差範圍?可否針對自駕車來校正?                | <p>依循 ISO17025：2017 規範，所稱「校正」之定義為「為指定條件下的操作，在第一步驟裡，建立一個由量測標準提供且含有量測不確定度之量值和含有量測不確定度之對應器示值之間的關係；在第二步驟裡，使用上述資訊從某一器示值確立和量測結果的關係。」，本案欲建立之校正服務目的為提供顧客可操作的場地與規劃路線，顧客 LMS 依照指定方法測得的量測值（器示值）與標準件測得之參考值之間的差值為器差，透過器差值的呈現提供顧客了解送校的 LMS 在此場地與路線等指定條件下的能力表現。</p> <p>於校正報告中提供「器差值」與「擴充不確定度」，無校正參數與誤差範圍之提供。</p> <p>針對自駕車之校正需求，尚待確認自駕車之行駛模式、限制與使用的光達設備規格、掃描方式、掃描方向與資料輸出規格等條件後方可評估是否適用於自駕車之校正。</p> |
|                       | 2.以 TerraSolid 量測光達黑/白反射標時，其反射標中心點精密度?是用人工目視量取?抑或是由程式自動計算出來?請補充點雲成果的 flatness(平坦度)如何? | 使用 TerraSolid 量測校正標中心為利用點雲反射強度辨識校正標萃取特徵點方式以人工量取；經隨機選取一校正標範圍，計算點雲成果的平坦度，點雲距離校   |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>正標面最大距離約為 0.3 公分。</p>  |
| <p>3.每部光達儀器之「精度(測距)」有 near-range 及 far-range 均不盡相同，請補充本案所規劃的校正範圍為地面、10m 及 27m 之意義為何?</p> | <p>於本案評選階段，委員建議有關校正場之幾何形狀設計，建議參考光達測繪車實際執行掃描外業環境，使校正成果可更符合實際需求，因此考量過去使用 LMS 的測繪經驗與既有場地規格，利用區內三棟建物牆面設置不同高度的校正標以模擬實際道路場景，由於過去專案經驗多使用 10 公尺水平掃描距離以內的點雲作為量測目標，因此在掃描路徑的設計上以距離牆面水平距離 10m 為考量，於掃描路徑確定後，量測到場地另一側牆面的水平距離則為 27m，於實務上雖然很少使用接近掃描距離 30m 的點雲量測，仍可提供不同水平距離的點雲量測器差資訊供顧客參考；因區內場地空曠，未來國土測繪中心量測儀器校正實驗室可藉由調整行駛路線的方式變更校正範圍。</p> |
| <p>4.P37，表 3-3 全測站對免稜鏡之量測，其精密度為何?</p>  | <p>使用之全測站儀型號為中海達 HTS-221，免稜鏡模式測距精度為 <math>\pm(3\text{mm}+2\text{ppm} \times D)</math></p>   |
| <p>5.「器差」是否只有儀器之問題?應考量駕駛員所產生效應最小化?</p>   | <p>器差為 LMS 掃描點雲的量測結果，與操作方式、駕駛行駛方式與點雲解算方式都有關係；後續將於校正活動時於路線轉彎處擺放三角錐，LMS 需直線行駛超越</p>   |

|                       |  |   |
|-----------------------|--|---|
|                       |  | 三角錐後方可轉彎，確保 LMS 行駛路線之正確，減少駕駛員所產生之效應。                                      |
|                       | 6.請釐清本案校正標量測是用「經緯儀」或「全站儀」?   | 本案校正標量測是用全站儀，於報告書中統一名詞為「全測站儀」。  |
|                       | 7.測繪中心及經緯公司使用的光達設備為 Pentax S-2100，其與 Z+F 9012 是否相同系統?建議在 P14 或 P15 表 2-3 補充說明。                               | Pentax S-2100 為 Z+F 所代工，與 Z+F 9012 為相同規格之光達設備，已於第貳章第二節補充說明。               |
| 江<br>委<br>員<br>凱<br>偉 | 1.P13，表 2.1 僅部分內容摘自 1996 年文獻，文獻之標註請修正。   | 已修正。  |
|                       | 2.P15~17，表 2-3 至表 2-6 規格係儀器原廠提供，請資料來源請加入參考文獻。  | 已修正。  |
|                       | 3.本案校正場供給自駕車系統測試之可行性為何?請補充。  | 針對自駕車之校正需求，尚待確認自駕車之行駛模式、限制與使用的光達設備規格、掃描方式、掃描方向與資料輸出規格等條件後方可評估是否適用於自駕車之校正。 |
|                       | 4.請再檢視統計數字的合理性，如 P84-91 表 4-2 至 4-9 高程方向成果器差優於水平方向；另 P93 表 4-10，水平距離 27 公尺處平面與三維成果平均值、STD 及 RMS 等數值出現完全一致情形。 | 已重新整理數據，修正不合理的情況。   |
|                       | 5.建議 P75 操作流程用圖示的方式呈現較佳；另建議現場可設計一些輔助車行的標   | 為確保送校的 LMS 皆可正確的行駛於規劃路線上，預計於校正活動時於路線轉彎處擺放三角                               |

|       |   |  |
|-------|---|--|
|       | 誌。  | 錐，LMS 需直線行駛超越三角錐後方可轉彎，確保 LMS 行駛路線之正確。  |
|       | 6.P79，表 4-1 中 2 部光達車，請補充使用 IMU 產品型號及規格。   | 已補充。   |
|       | 7.建議可針對 GNSS 長時間，探討本校正場中的 GNSS 訊號的穩定度，以利辨識是否有多路徑效應情形。   | 謝謝委員建議，後續依照校正作業草案施作參考值量測作業，進行衛星接收儀的長時間觀測，於期末報告中呈現 GNSS 訊號穩定度的分析成果，以利辨識是否有多路徑效應情形。。   |
| 梁旭文委員 | 1.P7，第 4 節工作項目及內容，期中報告應該包括一、二、五(部分)在 P10 大約提到，建議該處能列表，以利閱讀。   | 已補充於表 1-3。   |
|       | 2.P73，固定點 A(GNSS 靜態基站)與 IGS 聯測相關規劃，就圖 4-2 係聯測一、二、三等衛星控制點，請說明。另 ii 每天不間斷觀測應達 3hr，是觀測全天不間斷 3hr，還是只要觀測 3hr 以上?請說明。 | 已修正為「固定點 A (GNSS 靜態基站) 與衛星控制點聯測相關規劃」；應每天不間斷觀測達 3 小時以上。   |
|       | 3.固定點 B、C、D(地面控制點)衛星定位測量，同步觀測 60 分鐘，2 測回，係指 B、C、D 上同時架設衛星接收儀觀測 60 分鐘，要測設 2 次?與 P68 校正標位置量測所述不一致?請說明。            | 第肆章第一節所提參考值量測程序為校正作業草案的內容，第參章-校正標位置測量則為校正場施工後的測設作業，旨在快速取得控制點與校正標之坐標以進行相關測試與評估，後續經確認校正作業程序後，尚需國土測繪中心協助使用測量儀器校正實驗室的標準件，依照相關實驗室規定進行參考值量測作業。 |



|               |  |  |
|---------------|--|--|
|               | <p>4.P92，說明本中心 LMS 較貴公司 LMS 水平方向器差大的原因，其中第 4 點說明本中心 LMS 僅使用先前的率定值代入解算，而貴公司除代入使用內建功能修正往返的點雲資料，因此有較小的平面較差值。會不會令人誤解率定參數不佳，請說明。</p>  | <p>在已說明點雲解算方式不同的情況下，應不至於令人誤解有率定參數不佳的情況，另本團隊已針對國土測繪中心 LMS 的點雲成果進行修正往返點雲資料並重新取得量測值以計算器差值。</p>  |
| <p>曾耀賢召集人</p> | <p>1.P28，圖 3-12 路線 2 示意圖有一路線 1-17 路段未移除。</p>   | <p>已修正。</p>  |
|               | <p>2.P29，本校正場的最長掃描距離 27m，表 3-1 所列各測繪車掃描距離 70m 至 500m，所以評估「本校正場……可滿足現有國內光達測繪車的校正適用性。」，但從另一面向而言，經本校正場校正後，校正報告只能呈現該設備於掃描距離 30m 以內之整體儀器設備精度，而無法推估該設備於 30m 以上至其最長掃描距離(而且差很遠)之精度，請貴團隊就此部分加強闡述。</p> | <p>可從實務需求面與場地限制兩個方向來說明：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.LMS 於實務應用上最常使用水平距離 10 公尺以內的掃描點雲，很少有水平距離 30 公尺以上的掃描需求，以需要高精度量測成果的高精地圖測製作業為例，幾乎只使用水平距離約 10 公尺內的點雲進行量測、數化向量資料，因此水平距離 30 公尺的校正能量已可涵蓋常見的 LMS 測製範圍。</li> <li>2. 校正場地已限制了掃描距離的上限，如需增加掃描距離至 90m 以上，恐須另尋校正場地，且尚須測試現有的光達設備在長距離的掃描點雲成果是否可以有效的量測校正標中心位置。</li> </ol> |
|               | <p>3.承上，建議評估路線 2 之 17 路段能否掃描及量測到 P07、P08、P09、P10(距離約 90m)，納入校正解算。</p>  | <p>經解析校正實作的點雲資料，其中有一小段路段掃描範圍可涵蓋 P07~P10，水平距離約為 85m，惟點雲密度不足，點雲間隔約為 10cm，無法辨識校正標中心，相</p>   |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>關資訊已補充於第肆章第二節-校正成果分析。</p>   |
| <p>4.P74，有關校正標參考值的量測係設計以全測站儀，於 B 點、C 點各作 2 測回取其平均值。按 B、C 點係以衛星定位儀靜態觀測求得，精度約 2cm；待校件測繪車掃描儀精度大約 20cm；全測站儀測量精度大約 3mm，比待校件高 2 個數量級、比地面控制點高 1 個數量級，因此在滿足精度需求以及作業效率衡量，是否需要 B、C 點各作 2 測回，請分析評估。</p> | <p>2 測回的重複觀測可提升自由度，惟考量到校正作業的執行效率與可行性，後續將與國土測繪中心實驗室人員討論後確認是否需執行 2 測回的觀測方式。</p>  |
| <p>5.承上，請補充辦理校正標參考值的量測之全測站儀，建議使用之儀器，以及該儀器以免稜鏡量測作業之量測追溯如何達成。</p>  | <p>參考國土測繪中心量測儀器校正實驗室目前各校正服務的標準件清單，建議使用具有免稜鏡測距功能之全測站儀 Leica TM30，為達免稜鏡量測作業之量測追溯，依循 ISO 17025:2017 6.5.3 要求，可透過比對的方式，於國土測繪中心量測儀器校正實驗室或國家實驗室的基線場，對標準件以稜鏡與免稜鏡模式的測距結果進行比對，以確保計量追溯性至適當參考基準。</p> <p>詳細的執行方式待後續工作會議確認後納入期末總報告。</p> |
| <p>6.P73-P75，校正步驟 1.校正標坐標參考值量測，目前僅有作業流程設計，要申請取得 TAF 認證，應要有品保設計(110 年工作項目?)。</p>  | <p>後續於第三階段的 TAF 校正領域認證作業先期評估作業會完成不確定度評估及計算、能力試驗活動規劃與模擬評鑑之規劃等內容。</p>  |

|   |   |
|---|---|
| <p>7.P93-P96，表 4-10 ~ 表 4-13 精度分析表中列出了 AVG、STD、RMS，由於本校正之量測值係針對各個校正標以校正件量測值與全測站儀之量測值(視為真值)之比較，是否需要列出 STD 值(反應鐘形曲線之散布情況)(是否算不確定度需要？)(或者仍需計算 STD，但不列在校正結果表)</p> | <p>校正報告不做精度評估，期中報告為完成校正方法確認，以 LMS 掃描的校正標坐標與透過 GNSS 與全測站儀量測而得的校正標位置進行比對與成果分析，在統計量中一般會同時列出 AVG、STD 與 RMS，其各有不同之意義，AVG 意義是參考值與量測值的系統性差異量；STD 代表量測值散度；RMS 則綜合了系統差異與散度的特性。</p> |
|---|---|

附錄三 期中報告甲方工作小組意見回覆說明表

|               | 業務單位工作小組審查意見  | 答覆   |
|---------------|---|--|
| 一、<br>意<br>見： | 1.本年度下半年的工作重點除接續上半年的校正程序持續精進外，另 1 項履約的重點將放在 LMS 校正領域認證作業上的先期規劃評估，包含(1)不確定度評估及計算、(2)能力試驗活動規劃及(3)模擬評鑑之規劃。   | 本團隊會依照作業計畫執行，與國土測繪中心工作小組充分討論後提出相關先期規劃評估作業。   |
|               | 2.針對本案尚有一項履約工項，就是針對本中心 LMS 的維護及保養，因為該部分本中心剛好在本年另有一個 LMS 定位精度提升的委託研究案，研究案執行過程中，也對本中心 LMS 進行了解體檢，目前發現輪速計及 Geopointer 軟體上都發現有一些 BUG，請經緯公司未來持續協助處理。 | 本團隊已收到輪速計異常的相關資訊與數據，刻正規劃相關軟體硬體測試計畫與解決方案的研擬。  |
|               | 3.本案經緯團隊已進行車載光達校正測試作業，針對港研中心校正場進行 3 種(地面、水平距離 10m、水平距離 27m)距離校正，請依目前測試數據分析，並評估該場地是否執行更長距離(約 90m)能力校正。   | 經解析校正實作的點雲資料，其中有一小段路段掃描範圍可涵蓋 P07~P10，水平距離約為 85m，惟點雲密度不足，點雲間隔約為 10cm，無法辨識校正標中心，相關資訊已補充於第肆章第二節-校正成果分析。 |
|               | 4.P40，請彙整補充本案測試使用的各式標型在不同距離下其掃描之黑/白標之光達反射強度值。   | 已補充各式校正標樣本的反射強度值於表 3-3 與 3-5。  |
|               | 5.P73-74，固定點 A 觀測方式規劃以衛星控制點聯測，非 IGS 聯測，請修正。   | 已修正。   |
|               | 6.P79，表 4-1，請補充 IMU 規格。   | 已補充 IMU 規格。  |

|                                |   |  |
|--------------------------------|---|--|
|                                | <p>7.P84 至 P87，本中心 LMS 掃描校正報告中有器差偏大情形，經 P92 分析係本中心成果未進行點雲平差所致，請針對本成果先予平差後再做比對。</p>                                | <p>已針對國土測繪中心 LMS 的點雲成果進行修正往返點雲資料並重新取得量測值以計算器差值。</p>  |
|                                | <p>8.P65，GNSS 靜態基站所用材質為鋁管，請補充材料規格。</p>  | <p>已補充 GNSS 基站所用鋁管為 6061 鋁合金材質。</p>  |
|                                | <p>9.P92，針對 GEO LMS 掃描時，有部分牆面校正標(P3 及 P5)無法掃到情形，經分析為車輛提早轉彎所致，請經緯團隊再檢視掃描路線是否適當，並提出車輛行駛時之改善方案(如設置標定點、記號.....等)。</p> | <p>同一天進行掃描作業的尚有國土測繪中心的 LMS，且國土測繪中心的 LMS 掃描成果良好，顯示掃描路線在行駛正確的情況下可以得到良好的掃描效果，後續為確保送校的 LMS 皆可正確的行駛於規劃路線上，預計於校正活動時於路線轉彎處擺放三角錐，LMS 需直線行駛超越三角錐後方可轉彎，確保 LMS 行駛路線之正確。</p> |
|                                | <p>10.P97，本案目前完成事項.....軟體更新.....，請檢附本次軟體更新之相關證明文件。</p>  | <p>軟體清單與更新狀況記錄於表 1-2，其中 TerraSolid 軟體更新維護約授權證明文件如圖 1-2 所示。</p>   |
| <p>二、<br/>錯字<br/>或誤<br/>繕：</p> | <p>1.P14-70，偶數頁上標誤繕「108 年度發展光達移動測繪系統(LMS)作業採購案中報告」，請修正。</p>   | <p>已修正。</p>  |
|                                | <p>2.全冊，本中心及港研中心之簡稱，請全面檢查修正。</p>  | <p>已全面檢查。</p>  |
|                                | <p>3.P28，圖 3-12，5 號路段方向錯誤，請修正。</p>  | <p>已修正。</p>  |
|                                | <p>4.P79-81，圖 4-6 至圖 4-9，掃描軌跡無法</p>   | <p>已修正。</p>  |



|  |                |      |
|--|----------------|------|
|  | 辨識，請修正。        |      |
|  | 5.P97，錯別字「設」試。 | 已修正。 |

#### 附錄四 作業計畫審查意見回覆說明表

| 審查意見   | 答覆  |
|--|---|
| <p>1. P6~P8，有關第四節工作項目內容之敘述，大部分文字內容皆引用本中心需求規格書內容，請修正調整為貴公司應辦理事項觀點撰寫。另目前校正場預選場址已經確定為「交通部運輸研究所臺灣技術研究中心」，請一併修正「二、校正場規劃及建置」等工作項目相關文字內容。</p>   | <p>遵照建議調整與修正文字內容。</p>   |
| <p>2. P9-P41，第貳章 作業項目及程序與方法一節，請於該章節篇首補充作業概述及作業流程，以呈現各作業間相互關係及辦理期程。</p>   | <p>遵照建議於第貳章篇首補充作業概述與作業流程。</p>   |
| <p>3. P9，第 3 段「.....可以透過 TerraSolid 軟體之 TerraMatch 模組進行光達式軸角/固定臂率定作業，以確定兩感測器坐標系統間軸向差異的旋轉量及位置偏移量之率定精度，此率定精度可作為評估待校件量測不確定度之用。」，依實際經驗，TerraMatch 軟體產出之報表未能列出率定參數之精度，僅有率定值及殘差，故該軟體應無法提供數值代入量測不確定度計算，請修正並提出具體可行之作法。</p> | <p>經重新檢視校正作業流程，待校件（光達測繪車）依指定掃描路徑及方向進行校正場掃描作業，顧客使用光達儀器（原廠）所附之處理軟體（如：Z+F），將光達觀測資料配合率定值及軌跡成果轉出點雲通用格式（LAS 檔）後送至實驗室，實驗室待取得顧客提供的 LAS 檔後方可進行校正標坐標量測。因此於本案所提校正方法中，TerraSolid 軟體可用於取得校正標量測值。</p> |
| <p>4. P10，「(二)量測值之取得 2. 依據客戶提供的光達測繪車率定值，代入 TerraSolid 點雲處理軟體，量測各校正標三維坐標，產出</p>   | <p>遵照建議修正相關內容。</p>  |

|  |   |
|--|---|
| <p>量測值數據檔案。」，經查所述以率定值代入 TerraSolid 軟體進行點雲處理部分係為誤植，請修正以光達儀器(原廠)所附之處理軟體(如：Z+F)，將光達觀測資料配合率定值及軌跡成果轉出點雲(LAS 格式)，代入 TerraSolid 軟體取得觀測量。</p>  |   |
| <p>5. 有關量測稽核及實驗室追溯內容誤植部分如下，請再查明修正：</p> <p>(1)P10 倒數第 1 行至 P11 第 3 行，本案所提校正之方法確認，應非以採「量測稽核」方式辦理，請查明修正。</p> <p>(2)P11「.....其中稽核結果 En 值係依據申請實驗室、參考實驗室的量測結果與對應之不確定度計算而得.....」，請補充稽核結果 En 值之計算公式。</p> <p>(3)因本中心辦理量測追溯活動，以往均係經由本實驗室標準件送至國家實驗室辦理校正來完成追溯，而非國家實驗室標準件攜至本中心遊校，因此 P27 倒數第 5 行「.....經量測稽核活動，追溯到國家標準實驗室(NML 參考實驗室)赴校正場以遊校量測結果，最終追溯到國家度量衡標準.....」、P28 第 1 行「.....經量測稽核活動，追溯參考實驗室標準件，赴校正場以遊校量測，量測基樁之標準件量測結果」及 P29 第 2 行「經量測稽核活動，追溯參考實驗室標準件.....」等 3 處部分，請查明並確</p> | <p>(1)<br/>依據 ISO17025:2017 7.2.2 規定，實驗室應對開發的方法加以確認，用於方法確認的技術可以是「與其它已確認的方法進行結果的比對」，因此建議可透過「量測稽核」的方式進行校正方法之確認。</p> <p>(2)<br/>遵照建議補充相關內容。</p> <p>(3)<br/>遵照建議修正相關內容。</p> |



|  |   |
|--|---|
| <p>認相關辦理方式後，配合進行文字修正。</p>  |   |
| <p>6. P11, P17-P23, 有關校正標與固定控制點設計及製作規劃，建議如下：</p> <p>(1)有關本案校正場設計、校正標與固定控制點設計及製作等規劃極為關鍵，請針對現有國內光達測繪車設備於本校正場辦理校正之適用性予以分析及補充說明，並請將確認作業之期程及方式納入規劃。</p> <p>(2)請補充校正場內3個固定控制點之規劃(如材質...)及測設方式。</p> <p>(3)P17, 「.....在車速約 10 公里/小時、掃描距離約 15~20 公尺的狀況下，將校正標尺寸縮小至 40*40 公分.....」，其中掃描距離應重新衡量，本場地依牆面至感測器(車輛路線)之距離，可規劃於往返時最近距離為 9m，最遠距離為 27m 之校正範圍，目前作業計畫僅規劃以最近距離進行校正標尺寸設計，惟就現有校正場現況應可訂定校正範圍距離為 9m~27m，故校正標之大小請重新衡量最遠距離適合之校正標尺寸。</p> <p>(4)請補充牆面標及地面標說明一覽表，並補充分析校正標尺寸以 40X40CM 及 30X30 計算之基礎，以呈現本校正標是否滿足國內各光達測繪車之使用，同時可適用不同車道(12m 及 24m)所掃描成果，有效應用於後續點雲量測及分析。</p> | <p>(1)<br/>不同廠牌光達測繪車的校正作業於場地與校正標的適用性可以從車輛尺寸對路線的適用性與光達儀器規格對校正標尺寸與掃描距離的適用性兩個方面來說明，補充於第貳章第二節。</p> <p>(2)<br/>於校正場設置 3 個固定控制點，其中 1 點規劃於區內大樓樓頂，其餘 2 個固定控制點設置於校正場平面道路上，以可互相通視並觀測到所有校正標為設置原則，由於設置於區內道路上，為達美觀、耐用、行車安全與施工便利性，採用都市計畫樁鋼標形式設置固定控制點。</p> <p>(3)<br/>經設計不同尺寸、材質的校正標樣本，並經本公司光達測繪車掃描測試，目前所規劃校正標設計應可滿足最遠距離 27m 之校正範圍，測試結果與校正標設計內容補充於「校正標設計」小節中。。</p> <p>(4)<br/>相關說明補充於本作業計畫第貳章第二節。</p> <p>(5)</p> |

|   |   |
|---|---|
| <p>(5)牆上校正標材質考量穩固性、耐久性及重製一致性，作業計畫所規劃以 2mm 白色壓克力板並貼覆黑色絕緣膠帶方式，且因其材質反射效果作業計畫未提供相關研究或實際案例?另壓克力板強度是否足以忍受多次拆裝，壓克力板材質容易因外力變形及破損(尤其是邊角)?絕緣膠帶受環境及時間影響易有脫膠情形，將影響校正成果品質良窳，請再審慎規劃。</p> <p>(6) 固定於牆上之校正標，係安裝強力磁鐵，校正場位於地理條件之風大及鹽分高之臺中港地區，該磁鐵長期暴露於戶外，表面容易氧化生鏽及受到環境汙染，請重新考量材質是否穩固、耐久性。另外高處之校正標施作請補充相關保護措施。</p> <p>(7)目前作業計畫規劃地面校正標，係以防滑路面漆材質為主，請配合測繪車之掃瞄，應力求地面校正標穩固性、易於施測性及後續之維護，請補充分析地面校正標中間埋設鋼標(釘)之可行性。</p> | <p>經實作不同材質、尺寸的校正標樣本，並經實際掃描測試，建議採用 6mm 中空板+PVC 霧面膜方式製作校正標，對於耐久性、重製一致性、安裝便利性等均為較佳的選擇。</p> <p>(6) 透過牆面與校正標上的磁鐵以磁力吸附，即使表面髒污亦可正常運作，且強力磁鐵表面經電鍍處理以達防鏽目的，可保持其耐用性；於高處之校正標施工時，會使用本公司備有之折疊梯與高空作業護具以確保施工過程安全，於後續校正作業時，磁吸式設計好裝好拆，惟為確保人員安全，建議採用高空作業護具。</p> <p>(7)<br/>遵照建議補充相關內容，於地面校正標中間埋設直徑 10mm 之鋼釘並輔以塑膠墊片以確保行車安全。</p> |
| <p>7. P29, 「.....(七)認證作業前模擬評鑑之活動規劃.....」一節，係為本案 110 年之規劃之工作項目內容，請補充說明修正，避免產生誤解。</p>   | <p>遵照建議修正相關內容。</p>  |
| <p>8. P29-34, 有關率定作業敘述與本案工作項目較無關聯性，同時作業計畫書撰寫之率定方法內容並非</p>   | <p>遵照建議修正相關內容，本案重點為校正系統之建立，移除有關率定方法之描述。</p>   |

|   |  |
|---|--|
| 本中心目前採用方式，請修正。  |  |
| 9. P34-36，請補充本案工作項目有關開發光線法計算工具、擴充不確定度計算工具及校正成果計算工具等 3 項程式之輸出及輸入格式之說明。   | 遵照建議補充相關格式說明於第貳章第四節內容，惟光線法計算工具的匯入格式須待標準件確認後方可進行測試。 |
| 10. P37，表 2-2 Geosat RTMS 軟體，已於 109 年 4 月 15 維護保養時新增相機張數及記憶體監看程式，請更新該軟體說明。  | 遵照建議修正相關軟體說明。                                      |
| 11. 文字修正<br><br>(1)全冊(含封面及頁首)，有關「作業計畫書」之文字，請修正為「作業計畫」。<br><br>(2)全冊，附圖(含文字)截圖後印刷模糊，請重新檢視後全數辦理修正。<br><br>(3)全冊，本中心簡稱為國土測繪中心。<br><br>(4)P17，標點符號錯誤「.....校正標可區分為設置於牆上與地面兩種形式，。詳細規格.....」，請刪除「。」。<br><br>(5)P41，依「甲方」需求，應更修正為依「國土測繪中心」需求。 | 遵照建議修正相關內容。  |

## 附錄五 服務建議書委員審查意見回覆說明表

| 委員    | 審查意見  | 答覆  |
|-------|---|---|
| 李委員振燾 | 1. 針對本案校正方法之確認作業，依據 108 年成果經分析探討後發現不足，建議參考國內外研究經驗以予強化或修正。 | 遵照委員意見，除 108 年成果中已蒐集之國內外相關文獻外，會搜尋近期有關光達測繪車校正之國內外相關研究經驗與案例，以確認本案校正方法。  |
|       | 2. P12 稽核結果 En 其出處為何?請補充說明。                               | 依照 ISO/IEC 17043 所執行之量測稽核，申請實驗室與參考實驗室分別依照申請 TAF 認證之校正方法執行校正，並出具校正報告，其中稽核結果 En 值係依據申請實驗室、參考實驗室的量測結果與對應之不確定度計算而得，當 En  $\leq$ 1 時，表示申請實驗室之量測結果與參考值一致。 |
|       | 3. 本案涉及校正實驗室建置作業，因此諸多標準作業流程、公式及文件資料須一併建立，請補充說明。           | 遵照委員意建議補充作業流程、公式與文件清單於作業計畫，並於二階段、三階段成果中逐一完善。  |
|       | 4. P32 光線法計算工具及 P33 擴充不確定度計算工具是用採用個軟體執行?請補充說明。            | 有關光線法計算工具、擴充不確定度計算工具與校正成果計算工具，會優先採用既有商業軟體與開放工具，不足處會由本團隊自行開發。  |
|       | 5. 工作標準件之建立，團隊建   | 針對本案標準件的選擇，優先   |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  | <p>議使用既有測繪中心頒定之標準件或進行採購，是否將新舊設備間之差異納入考量?請補充說明。</p>                        | <p>由國土測繪中心測量儀器校正實驗室之各項工作標準件中選定衛星定位儀與全測站儀(需具備免稜鏡測距功能)作為本案標準件。</p>  |
| <p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">蔡委員展榮</p> | <p>1. 本案重點應放在 TAF 架構下設計一個實用的校正系統。</p>                                     | <p>遵照委員意見辦理。</p>  |
|  | <p>2. P9「建置校正場資料處理工具」是否為貴公司自行開發後交由國土測繪中心使用?</p>                           | <p>有關「建置校正場資料處理工具」，會優先採用既有商業軟體與開放工具，不足處會由本團隊自行開發。相關軟體會交由國土測繪中心使用。</p>   |
|  | <p>3. P9、P51、P34-36 各項費用概算金額是否合理?軟硬體系統維費 30 萬元是否足夠?</p>                   | <p>由於本案經費有限，限縮了各項工作項目的概算金額上限，於今年度作業執行階段，會評估系統軟硬體保養維護作業所需費用作為國土測繪中心後續編列預算之參考。</p>  |
|  | <p>4. P11 器差是 <math>Cl=Lm-Lr</math> 或 <math>Cl=Lr-Lm</math>，定義為何?請說明。</p> | <p>於 ISO/IEC 17025 中所定義校正活動，器差為量測值減去參考值，即 <math>Cl=Lm-Lr</math>。</p>  |
|  | <p>5. P12 稽核結果 <math> En  \leq 1</math> 之定義為何?</p>                        | <p>依照 ISO/IEC 17043 所執行之量測稽核，申請實驗室與參考實驗室分別依照申請 TAF 認證之校正方法執行校正，並出具校正報告，其中稽核結果 <math> En </math> 值係依據申請實驗室、參考實驗室的量測結果與對應之不確定度計算而得，當 <math> En  \leq 1</math> 時，表示申請實驗室之量</p> |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | 測結果與參考值一致。   |
| 6. PP12-13 第 1 種率定方式成果較佳，其成果是否可靠且具代表性？         |  | 依據 108 年工作總報告，第 1 種與第 2 種率定方式皆為參考 Z+F 原廠建議與 TerraSolid 軟體建議所制訂之率定作業模式，經過國土測繪中心與自強工程顧問公司之 LMS 作業比較，因所使用之定位定向系統與光達系統皆有所差異，其規程差異明確的反應在率定成果上；同時比較國土測繪中心 LMS 在 Z+F 與 TerraSolid 軟體之率定成果能力無明顯差異，應足以顯示 108 年所制訂之率定方法具有一定之可靠性與代表性。 |
| 7. P13 「符合相關參考文獻率定場選擇原則」，宜載明文獻(名稱)資料。          |  | 有關率定場選擇原則為參考 Z+F( <a href="http://www.zf-laser.com">http://www.zf-laser.com</a> ) 與 TerraSolid ( <a href="http://www.terrasolid.com">http://www.terrasolid.com</a> ) 之率定場建議原則。   |
| 8. 設備拆卸組裝後，相關參數仍維持不變？校正值相同嗎？請問 LMS 校正時機(週期)為何？ |  | 目前光達與定位定向系統等設備為整合式組件，單純的自車頂拆卸或組裝行為不需重新率定，如拆卸整合式組件內的光達或定位定向系統才需重新率定。<br><br>LMS 校正週期需由顧客使用狀況與需求而定，建議國土測繪中心可參考其他測量儀器，如電子測距儀、衛星接收   |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  |   | <p>儀等制定校正週期。</p>  |
|  | <p>9. P19 固定臂及軸角率定成果是否包含其<math>\sigma</math>呢?</p>  | <p>本案光達移動測繪系統軸角固定臂率定係以在率定場域之光達資料，藉由定位定像系統資料，於往返軌跡之間重複掃描之特徵物上進行多對特徵點的量測，以量測成果和定位定向系統資料進行軸角與固定臂之解算。經過率定修正後，往返掃描之同名點於理論上應完全重合，而實際上往返同名點存在有些許誤差，因此以其相對之誤差視為精度，故無單一位置或姿態角之率定精度或誤差。</p>   |
|  | <p>10. PP19-21 表 2-3 及表 2-6：精度值由平差或檢核點估計而得？其中 STD 是 <math>\sigma\sigma</math> 嗎？另表列精度足以代表未來 LMS 測量點成果的實際精度嗎？校正場及校正標的之幾何條件是否具代表性呢？</p> | <p>本案光達移動測繪系統精度分析，為藉由定位定向系統軌跡，考慮軸角/固定臂率定解平移及旋轉至光達系統，再由光達掃描資訊得到點雲之直接地理定位成果，並量測檢核點點雲得到之坐標與其已知坐標值進行較差分析其精度，其誤差來源包含定位定向系統誤差、光達系統誤差、軸角/固定臂誤差、人為量測誤差、控制點精度等。STD 係以上述方式量測率定標坐標後，多個已知標之平面誤差及三維誤差統計之標準差值。本公司過去於 106 至 108 年度發展車載移動測繪系統作業採購案，初步成果顯示平面及三</p> |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  |   | <p>維精度小於 0.15 公尺及 0.20 公尺。</p> <p>於後續校正場場勘時納入考量，校正場之設計會儘量符合實際執行掃描外業環境，以使校正場與校正標的幾何條件具有代表性。</p>                |
|  | <p>11. P20 表 2-2 「軸角/固定臂」表列數據僅點位坐標精度，缺軸角/固定臂率定精度。另其表示方法為 XYZ 或 xyz 呢？</p>   | <p>謝謝委員提醒，因點位坐標精度係以往返量測同名點之地理坐標較差表示，因此於服務建議書表 2-2 欄位應改為「平面較差 dXY」與「高程較差 dZ」。</p>                              |
|  | <p>12. P25 「校正步驟」或「(校正)階段」，請釐清。</p>   | <p>謝謝委員提醒，後續文件中會釐清相關文字用語。</p>   |
|  | <p>13. P25 「茲將(誤差)來源分為 A 類與 B 類描述如後」，惟未見描述 A/B 類誤差來源之內容，請補充說明。</p>          | <p>量測不確定度評估方法將各項誤差來源分為 A 類與 B 類不確定度，A 類以統計方法評估，B 類用其他方法評估，將於本案第三階段成果中詳細說明。</p>                                |
|  | <p>14. PP29-30 「點雲分類，包含地面、牆面、樹木、雜訊等」而下方第 5 點僅「地面類別為 1、牆面類別為 2……」，其餘未列入。</p> | <p>謝謝委員提醒，「點雲分類，包含地面、牆面、樹木、雜訊等」為敘述 LMS 所得點雲可包含的類型，由於率定作業主要搜尋地面或牆面之 Tie Lines，所以在分類設定僅設定地面與牆面，後續文件將補充相關說明。</p> |



|              |   |  |
|--------------|---|--|
|              | <p>15. P32 「電子測距經緯儀」、「經緯儀」宜統一為前者或「全測站儀」為佳。</p>                                    | <p>遵照委員建議，文件將統一為「全測站儀」。</p>                                    |
|              | <p>16. P43 「附錄七」未附上。</p>  | <p>謝謝委員提醒，詳細實績及證明應為「附錄三」，不慎誤植為「附錄七」。</p>                       |
|              | <p>17. P49 「各類設備相關規格請見附錄四」，而 PP69-123 附錄四為團隊成員學經歷及在職證明？</p>                       | <p>謝謝委員提醒，此為誤植，將修正於作業計畫書。</p>                                  |
| <p>趙委員鍵哲</p> | <p>1. 校正場之幾何形狀設計，建議參考光達測繪車實際執行掃描外業環境，使校正成果可更符合實際。</p>                             | <p>遵照委員建議，於後續校正場勘時納入考量，校正場之設計會儘量符合實際執行掃描外業環境。</p>              |
|              | <p>2. 測站至檢核點之距離遠近，影響測繪成果之良窳，本案除計算 LMS 整體標準誤差外，建議亦可將不同距離與量測成果進行更進一步分析。</p>         | <p>遵照委員建議，會於執行階段評估於校正報告中呈現距離資訊的表示方式。</p>                       |
|              | <p>3. 建議光線法及地面觀測成果設計相關檢核機制。</p>   | <p>遵照委員建議，校正場至少會建立 2 處以上的固定點，可依序架設全測站儀，取得校正標多次觀測數據以作為檢核機制。</p> |
| <p>林副召集人</p> | <p>1. 本案需要建置校正標，就校正標數量、分布情形、設置位置及標型大小請補正說明，因為校正標的測量精度或許會因校正標高度不同、或標的四周材質而受影響，</p> | <p>遵照委員建議，詳細的校正標設計資訊納入作業計畫。</p>                                |

|       |   |  |
|-------|---|--|
| 志清    | 建議在設計時要細緻些。   |  |
|       | 2. 校正作業目前規劃係採用 TerraSolid 等軟體辦理校正作業，惟光達儀器會隨時間精進或不同生產廠商儀器等因素，資料儲存格式會有所不同或改變，校正作業需不需要有中繼軟體將資料轉換成標準格式，以因應各式光達儀器校正。 | TerraSolid 支援 LAS 格式之點雲資料，LAS 即為光達點雲通用格式，可因應各室光達儀器校正。                              |
|       | 3. 校正作業有一項為校正範圍，可能會涉及光達儀器與校正標間的距離，故建議校正時之掃描路線或校正路線應明訂有容許值，避免待校正儀器距離校正標太近或太遠，影響校正結果。                             | 遵照委員建議，於作業計畫補充校正場設計資訊，說明依據校正場設計掃描路線時與各校正標之距離範圍。                                    |
| 蔡委員季欣 | 1. 本案校正工作項目未來規劃所使用之光達測繪車等級為何？   | 為國土測繪中心之光達測繪車，如有需要亦可由本公司提供替代車輛作為比較或驗證。   |
|       | 2. 針對本案標準件的選擇，團隊是否已有腹案？   | 針對本案標準件的選擇，優先由國土測繪中心測量儀器校正實驗室之各項工作標準件中選定衛星定位儀與全測站儀（需具備免稜鏡測距功能）作為本案標準件。             |
|       | 3. 資料處理工具除使用 TerraSolid 之 TerraMatch 外，是否另行開發或撰寫程式，以達後續自動化步驟為目標。  | 量測值之取得為 TerraMatch 商業軟體，可產出量測值檔案；參考值的求得可透過本案開發的光線法計算工具；校正報告的產製過程，透過本案開發的擴充不確定度計算工具 |

|               |  |   |
|---------------|--|---|
|               |  | <p>與校正成果計算工具，操作過程僅需開啟與匯出相關數值檔案，儘量減少人為輸入的步驟，以達半自動化之操作流程。</p>   |
|               | <p>4. 本案校正標是否仍需透過實作程序做為確認?</p>   | <p>本案於工作計畫書通過後將先試做校正標，由國土測繪中心 LMS 或同等規格之 LMS 進行掃描，於點雲處理軟體中進行量測作業，以確認校正標之可用性。</p>  |
| <p>梁召集人旭文</p> | <p>1. 108 年度前期作業為貴公司所執行，本案為接續 2 年度辦理後續自主光達測繪車校正系統，貴公司應該了解本案需求，為何第 1 次招標沒有投標?其原因?請說明?</p> | <p>由於本案經費較為有限，對於專案執行較為不利，因此未於第 1 次招標時進行投標。</p>  |
|               | <p>2. 校正場目前本中心已協調港灣技術研究中心，該中心位於臺中市梧棲區較靠海邊、鹽份較高，加上附近臺中發電廠空汙，校正標準件規劃材質為何?</p>              | <p>校正標將採磁吸式安裝設計，避免校正標表面長時間暴露於戶外所造成的髒污、損壞，固定式的基座材質考慮為不鏽鋼與磁鐵，長時間暴露於高鹽分環境隨然仍有氧化機會，但相對於螺栓式固定方式，磁吸式安裝可以有更高的安裝容錯率，並提升拆裝之速度。</p> |
|               | <p>3. 簡報 P28 針對校正標施測以靜態衛星定位觀測，惟 LMS 校正場之校正標分布於牆面，如何施測?</p>                               | <p>校正標分布於地面與牆面，有關參考值施測方式，規劃於場地建立 2 處以上的固定點，先使用衛星定位儀觀測固定點，再利用固定點架設全測站</p>  |



|  |  |                        |
|--|--|------------------------|
|  |  | 儀與作為後視點，即可量測地面與牆面的校正標。 |
|--|--|------------------------|

附錄六 服務建議書工作小組意見回覆說明表

| 審查項目   | 審查意見  | 答覆   |
|--|---|--|
| <p>(一) 作業規劃：<br/>對本專案之了解程度，服務建議書內容章節完整性、可行性，及是否依服務建議書製作規定撰寫。</p> | <p>1. 投標文件內容摘要：<br/>(1) 第 1 頁列出評選項目與章節對照表。<br/>(2) 廠商所提服務建議書內容章節及製作已依服務建議徵求書相關內容章節如作業項目、程序與方法、工作進度、資料精度檢核與品質控管等規定撰寫，對整體作業提出可行之方法。惟未列出對本案具體建議。</p>   | <p>謝謝工作小組提出之意見，會於作業計畫中補足相關說明。</p>                                |
| <p>(二) 作業項目及程序：本案作業程序、方法及技術方案詳細說明。</p>                           | <p>1. 投標文件內容摘要：第 7 至 37 頁依整體作業需求提出各作業項目程序、方法及技術方案，尚符合本案需求。<br/>(1) 作業規劃：第 7-10 頁概略介紹計畫緣起、計畫目標、工作項目與內容、工作時程及交付成果。<br/>(2) 作業項目及程序：<br/>● 第 11-12 頁介紹校正理論及方法確認，含研擬校正步驟(參考值之取得、量測值之取得、報告產出)、</p> | <p>有關校正標材質、固定方式之設計以及建置校正場相關外業作業規劃會於作業計畫-校正場設計規劃及建置章節中提出相關說明。</p> |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  | <p>規劃量測稽核方式<br/>確認本案所提校正<br/>方案可行性。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 第 12-23 頁介紹校正場設計規劃及建置，含校正場設計、本中心 108 年研究成果 2 種點雲資料蒐集場地條件、校正標設計、掃描路徑設計、校正實作及成果分析，另有規劃本中心測繪車無法出借時廠商可提供之替代方案。惟缺乏說明校正標材質、固定方式之設計，以及建置校正場相關外業作業之規劃。</li> </ul> |   |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 第 23-27 頁介紹 TAF 校正領域認證作業先期評估，包含標準件確認、依據 ISO17025 要求，演練校正流程、校正系統量測不確定度初步評估(校正與追溯性建立。量測品保設計及管制圖製作設計、能力試驗活動規劃、認證作業前模擬評鑑之活動規劃)。</li> <li>● 第 27-31 頁介紹項校正場資料處理工</li> </ul>                            | <p>本案校正作業會使用 TerraSolid 的 TerraMatch 模組，透過點雲資料處理流程求得校正標量測值。</p> |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <p>具，列出 108 年度係採用 TerraSoild 軟體之 TerraMatch 模組進行光達與定位定項系統相對關係，至本案校正作業所採用軟體為何，未明確說明。</p>   |  |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 第 32-34 頁介紹光線法計算工具、擴充不確定度計算工具、校正成果計算工具。惟未說明係採用自行開發或商業軟體。</li> <li>● 第 34-37 頁光達測繪系統軟體</li> </ul> <p>設備維護，以軟體維護清單及硬體維護清單列表方式說明。</p> | <p>有關光線法計算工具、擴充不確定度計算工具與校正成果計算工具，會優先採用既有商業軟體與開放工具，不足處會由本團隊自行開發。</p>  |
|  | <p><b>2. 須請廠商補充說明事項：</b></p> <p>(1) 本案建置校正場為服務全國測繪車使用設計規劃，如何驗證本中心 108 年研究成果符合滿足本案需求？是否有需要再找尋國內外其他方法？</p> <p>本案為建置 LMS 校正系統案，並以提供 LMS 校正服務為目標，因此請就本案涉及 TAF 相關之規範及相關規劃</p>    | <p>108 年研究成果為率定方法之建立，已蒐集國內外相關文獻，並透過實際率定、檢驗場量測結果證明可行性。</p> <p>本年度為校正理論及方法確認，原則上會採用 108 年研究成果中檢驗場量測作業方式來建立校正方法，並輔以搜尋國內外光達測繪車校正之相關案例，以確認校正方</p> |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <p>部份，補充說明。另第 11-12 頁「方法確認」說明未依據 ISO17025：2017 規範 7.2.2 所規定之方法辦理。請補充。</p> | <p>法之適用性。<br/>有關方法確認，會依據 ISO17025：2017 規範 7.2.2 所規定之方法辦理。</p>  |
|  | <p>(2) 第 13 頁校正標設計為 108 年研究成果，是否適用於本案使用？另因場地管理要求不允許設置固定標時，因應方式為何？</p>     | <p>108 年研究成果，設置於牆面校正標設計尺寸為 60x60cm，並以「田」字型黑白相間圖形設計，經分析 LMS 蒐集點雲資料，並考慮到校正標安裝的穩固性與簡便性，將尺寸修正為 40x40cm，相關設計細節納入作業計畫詳細說明。</p> |
|  | <p>(3) 第 35-36 頁所列出相關耗材，如電池等，相關年限及經費為何？請補充。</p>                           | <p>於作業計畫中提出「光達測繪系統軟硬體設備維護清單」。</p>  |
|  | <p>(4) 建置校正場相關外業作業內容及具體規劃未說明？另對於施工場地之人員安全、設備維護之責任為何？請補充說明。</p>            | <p>有關作業內容與具體規劃納入作業計畫中補充說明；對於施工期間人員之安全與設備屬於工安的一部份，本團隊會遵守相關規定辦理，如施工高處的牆面校正標時，會使用高空作業護具並遵守高空作業規定。</p>                       |



|  |  |   |
|--|--|---|
|  | <p>(5) 因應本案後續 TAF 文件準備，其中工作標準標準件、各式軟體設備及資料處理之軟體等項涉及實驗室追溯之預先規劃為何？</p>   | <p>補充於作業計畫。</p>   |
| <p>(三) 工作進度及品質管控：各項工作進度時程規劃與管理、品質檢核與管理之具體方案。</p> | <p>投標文件內容摘要：</p> <p>(1) 各項工作進度時程規劃與管理：第 10 頁規劃本案 3 個階段之工作期程。</p> <p>(2) 第 38 頁表列預定工作時程且設定各階段檢核點，計有作業計畫等 7 項次。因本案未包含車輛及設備相關保險作業，惟「項次 2，各式保單」列於工作進度項目中，請確認是否包含本項保險作業。</p> <p>另因本案規格系統軟硬體維護須辦理 4 次，第 38 頁工作進度表為第 120 日起展辦，是否適當？請補充說明各次維護時程規劃為何</p> <p>(3) 品質檢核與管理：第 39 至 40 頁說明資料精度檢核與品質管控規劃。</p> | <p>謝謝工作小組提出之意見，有關工作進度中的「項次 2，各式保單」實為誤植，為本團隊之疏漏；有關「項次 7，光達測繪系統軟硬體設備維護」之進度表，已配合實際需求修正，修正後之工作進度與計畫進度甘特圖將更新於作業計畫。</p> |
| <p>(四) 廠商背景及相關經驗：廠</p>                           | <p>投標文件內容摘要：</p> <p>(1) 編制組織：第 41-42 頁</p>   | <p>謝謝工作小組提出之意見。</p>   |



|   |   |   |
|---|---|---|
| <p>商編制組織、業務實績、目前承辦中工作、計畫主持人學經歷資格；本案計畫主持人具備學經歷資格；本案計畫主持人、共同主持人或協同主持人如非與投標之公立大學校同校者，應依取得學校許可，未檢附者酌減分數。參與作業人員學經歷及專長、相關證照及人員編組、本案擬作業之環境及軟硬體設備、資料保全（管制措施、地點及設備）說明。</p> | <p>介紹廠商編制組織及人員分工，團隊由經緯航太科技股份有限公司組成，由陳均昇擔任計畫主持人、朱建勳擔任共同主持人，另邀請彭淼祥博士擔任顧問；第 42 頁列出專案團隊人員組織架構圖，並依作業需求規劃品質保證與稽核組(2 人)、設備維護組(2 人)、校正場規劃建置組(2 人)及認證作業評估組(2 人)，合計投入 11 人。</p> <p>(2) 業績經驗：第 43-45 頁說明廠商曾辦理本中心「108 年度發展光達移動測繪系統(LMS)作業採購案」等採購案，計 30 案。惟未附勞務結算驗收證明書。</p> <p>(3) 目前承辦中工作：第 45-46 頁說明目前承辦中工作(含名稱、金額、預定完成時間)，計 8 案。是否影響本案執行，請補充說明。</p> | <p>目前承辦中工作執行人力皆有不同，我司亦會於各專案執行過程進行專案管控與人力調度，不會影響各案之執行。</p> |
|   | <p>(4) 參與作業人員編組、學經歷專長及相關證照：第 41 頁列出人員配置編組計 11 人；附錄四(第 69 至 123 頁)檢附成員學經歷專長、在職證</p>  | <p>於作業計畫中補充與本案相關光達點雲處理軟體。</p>                             |

|  |   |                     |
|--|---|---------------------|
|  | <p>明及相關證照等文件。</p> <p>(5) 本案擬作業之環境及軟體設備、資料保全：第 47 頁說明廠商工作地點環境；第 47-49 頁說明資料保全措施及設備；第 49-50 頁說明作業軟體設備項目。未列出與本案相關光達點雲處理軟體，請補充說明。</p> |                     |
| <p>(五) 經費編列合理性：各工作項目單價分析及總標價之合理及完整性。</p> | <p>投標文件內容摘要：</p> <p>本案預算金額為 180 萬元，第 51 頁針對各項工作單價分析及估算整體經費為 180 萬元，未逾本案經費預算額度。</p>  | <p>謝謝工作小組提出之意見。</p> |

## 附錄七 需求訪談會議紀錄

**內政部國土測繪中心**  
**109 年及 110 年建置光達測繪車校正系統作業採購案**  
**需求訪談會議紀錄**

- 壹、 時間：109 年 4 月 9 日下午 2 時
- 貳、 地點：內政部國土測繪中心 5 樓第 2 會議室
- 參、 主持人：王課長敏雄 紀錄：陳均昇
- 肆、 出席單位及人員：(詳如簽到簿)  
內政部國土測繪中心 鍾文彥、林文亮、許展祥、林鶯均  
經緯航太科技股份有限公司 張瑞隆、彭森祥、胥樹棟、陳均昇
- 伍、 會議結論：  
有關需求規格之工作項目悉依契約規定辦理。另經本公司及貴中心討論協議後，相關細節說明如下：

### 一、 校正理論及方法確認

1. 本案建置校正場為服務全國測繪車使用設計規劃，本公司原則上會採用 108 年研究成果中率定與檢驗場量測作業方式來建立校正方法，並輔以搜尋國內外光達測繪車校正之相關案例，以確認校正方法之適用性。
2. 本案「方法確認」會依據 ISO17025：2017 規範 7.2.2 所規定之方法辦理。

### 二、 校正場設計規劃及建置

1. 有關校正場地，目前貴中心已協調設置於港灣技術研究中心(簡稱港研中心)，考量港研中心對場地管理的要求為不允許設置固定標，且該區域靠近海邊，冬季的東北季風較大，鹽分較高，加上附近臺中發

電廠空汙影響，本公司會針對校正標材質、分布設計等有相對因應方式。於場勘後提出設計草案，包含校正標尺寸、樣式、材質、安裝位置示意圖、安裝方式等，納入工作計畫書。

2. 校正標分布於地面與牆面，有關參考值施測方式，目前規劃於場地建立 3 處以上的固定點，先使用衛星定位儀觀測固定點，再利用固定點架設全站儀與作為後視點，即可量測地面與牆面的校正標。
3. 施工過程須有施工紀錄，對於場地之人員安全、現場設備維護、高空作業等，本公司會嚴格遵守相關工安規定。

### 三、 TAF 校正領域認證作業先期評估

1. 於 TAF 認證作業先期評估階段會針對本案提出的校正場資料處理工具規劃軟體驗證方式。
2. 針對本案標準件的選擇，優先由貴中心測量儀器校正實驗室之各項工作標準件中選定衛星定位儀與全站儀（需具備免稜鏡測距功能）作為本案標準件。

### 四、 校正場資料處理工具

1. 參考值的求得使用本案開發的光線法計算工具產出參考值數據檔案。
2. 校正報告的產製過程，則透過本案開發的擴充不確定度計算工具與校正成果計算工具，操作過程僅需開啟與匯出相關數值檔案，儘量減少人為輸入的步驟，以達半自動化之操作流程。

#### 五、光達測繪系統軟硬體設備維護

1. 有關 TerraSolid 軟體版本更新作業，已連繫軟體代理商取得報價單並辦理相關採購作業。
2. 本公司將於工作計畫書提出維護清單及保養紀錄格式(含各維護項目)等，以為後續執行及驗收之依據。
3. 初步評估 LMS 相關零組件，除電池為耗材須每二年更換外，其餘零組件於正常使用下不需定時更換，建議每三個月定期保養維修一次，於工作計畫書會提出規劃保養維護作業。
  - (1). 提供電池效能之測試方式。
  - (2). 協助詢問 Lidar 儀器原廠有關雷射頭的使用壽命或評估方式。
4. 系統軟硬體維護須辦理 4 次，預定於 4 月份第 3 周辦理第一次維護作業。

#### 六、其他事項

1. 測站至檢核點之距離遠近，影響測繪成果之良窳，本案除計算 LMS 整體標準誤差外，本公司將評估於校正報告中呈現距離資訊的適當表示方式。
2. 請經緯航太公司於作業時針對校正時之掃描路線明訂有容許值，避免待校正儀器距離校正標太近或太遠，影響校正結果。
3. 本案規劃文件時，可以仿造貴中心測量儀器校正實驗室既有的小像幅航拍攝影機校正項目，規劃由顧客與實驗室共同執行待校件，透過校

正申請表與待校件光達測繪需知等表單文件，完成共同校正的描述，  
以符合實驗室規範。

陸、 散會：下午3時50分

| 「109年及110年建置光達測繪車校正系統作業採購案」<br>需求訪談會議簽到簿             |   |
|--|---|
| 時 間：109年4月9日(星期四)下午2時                                |   |
| 地 點：本中心5樓第2會議室                                       |   |
| 主 席：王課長敏雄 <span style="float: right;">紀 錄：曾伯昇</span> |   |
| 出席人員/機關  | 簽 到 處   |
| 內政部國土測繪<br>中心  | <p>王敏雄      林文燕</p> <p>曾文勇      許展祥</p> <p>                 王下路</p> |
| 經緯航太科技股份<br>有限公司                                     | <p>張瑞隆</p> <p>陳祥</p> <p>彭新祥</p> <p>曾樹棟</p>                          |

## 附錄八 各次工作會議結論與追蹤事項辦理情形

權 號：  
保存年限：

### 內政部國土測繪中心 函

地址：40873臺中市南屯區黎明路2段497  
號4樓  
聯絡人：鍾文彥  
聯絡電話：04-22522966#374  
傳真：04-22540324  
電子信箱：55506@mail.nlsc.gov.tw

受文者：經緯航太科技股份有限公司

|              |
|--------------|
| 經緯航太科技股份有限公司 |
| 收文：G1090595號 |
| 日期：109.6.3   |
| 收文者：胡淑輝      |

發文日期：中華民國109年6月3日  
發文字號：測形字第1091570277號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

附件：如文(請至附件下載區 <https://DOC2DL.moi.gov.tw/DL/DL1/DL1100.aspx> 以發文字號及發文日期下載。) 識別碼：55VNCTOS。(301000100G109157027700-1.pdf、301000100G109157027700-2.pdf)

主旨：檢送「109年及110年建置光達測繪車校正系統作業採購案」(案號：NLSC-109-30)109年5月份(第1次)工作會議紀錄1份，請依會議決議事項辦理，請查照。

正本：經緯航太科技股份有限公司

副本：本中心地形及海洋測量課





## 「109 年及 110 年建置光達測繪車校正系統作業採購案」 5 月份(第 1 次)工作會議紀錄

一、時間：109 年 5 月 27 日（星期三）上午 10 時

二、地點：本中心第 2 會議室

三、主持人：曾副主任耀賢

紀錄：鍾文彥

四、出席人員：詳如簽到簿。

五、報告事項：略。

六、會議結論：

(一)校正場設計規劃請依下列決議事項辦理：

1. 牆面校正標：於港研中心禮堂北側牆面設置 6 個，於第 1 試驗場棚前設置 2 個，標型大小為 60X60 公分；另於風洞實驗第 1 棟(東側建物)設置 4 個，標型大小請配合現場建物修正設計(暫定為 40X40 公分)。以上牆面標均以 6mm 厚空心板材貼附 PVC 膜製作，並以強力磁鐵吸附方式固定。另考量港研中心風大之環境特殊性，仍請經緯團隊加強板材中央部分之抗風性及穩固性，以控制其受風影響量減至最低。
2. 地面校正標：於平面廣場內設置 8 個，標型大小為 40X40 公分，以油漆方式建置，中間埋設鋼釘。
3. 牆面及地面校正標之標號請分別編碼，以利識別。
4. 控制點：於平面廣場內設置 3 點，以埋設鋼釘方式建置；另於試驗大樓 3 樓頂女兒牆邊設置 1 點，設置方式請經緯團隊參考本中心至善樓 8 頂樓 GNSS 接收站方式製作。
5. 請配合校正標布標情形及港研中心場區內道路狀況，修正所提校正作業之掃描路徑。

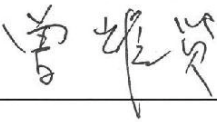
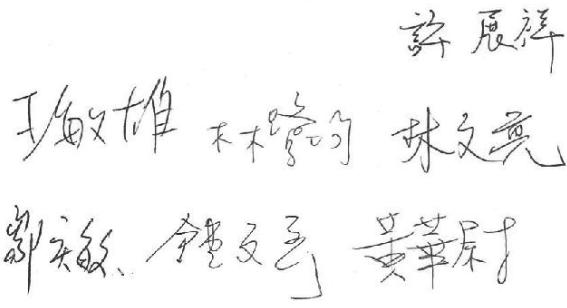

(二)請經緯團隊針研擬全測站儀以免稜鏡方式測量校正標之量測實驗室追溯程序，俾納入本案後續校正作業流程。

(三)請經緯團隊參考新竹市「地籍測量結合光達(LiDAR)技術」研究成果，進行反射稜鏡作為光達校正標之可行性分析，以提

供精進本案校正標之參考。

(四)請經緯團隊針對甘特圖中工作項目增加工作細項，以利各項作業進度之掌握。另為確保本案工作執行順利，相關作業細項請於工作會議討論確定後，再據以實施。

七、散會：上午 11 時 30 分。

|   |   |
|---|---|
| <p>「109 年及 110 年建置光達測繪車校正系統作業採購案」<br/>5 月份(第 1 次)工作會議簽到簿</p>  |   |
| <p>時 間：109 年 5 月 27 日(星期三)上午 10 時</p>   |   |
| <p>地 點：本中心 5 樓第 2 會議室</p>   |   |
| <p>主 席：曾副主任耀賢  紀 錄：鍾文彥</p> |   |
| <p>出 席 人 員/機 關</p>  | <p>簽 到 處</p>  |
| <p>內政部國土測繪<br/>中心</p>   | <p></p>  |
| <p>經緯航太科技股份<br/>有限公司</p>  | <p></p> |

## 追蹤事項辦理情形：

| 項次 | 項目  | 說明   |
|----|---|--|
| 1  | 牆面校正標：於港研中心禮堂北側牆面設置 6 個，於第 1 試驗場棚前設置 2 個，標型大小為 60X60 公分；另於風洞實驗第 1 棟東側建物設置 4 個，標型大小請配合現場建物修正設計暫定為 40X40 公分。以上牆面標均以 6mm 厚空心板材貼附 PVC 膜製作，並以強力磁鐵吸附方式固定。另考量港研中心風大之環境特殊，仍請經緯團隊加強板材中央部分之抗風性及穩固性，以控制其受風影響量減至最低。 | 1.於 6 月 8 日進行第 2 次場勘，確認東側建物牆面可放置 40x40 公分的校正標。<br>2.有關加強校正標加強抗風性及穩固性，已製作樣品，後續補充說明。 |
| 2  | 地面校正標：於平面廣場內設置 8 個，標型大小為 40X40 公分，以油漆方式建置，中間埋設鋼釘。   | 依照決議事項辦理。  |
| 3  | 牆面及地面校正標之標號請分別編碼以利識別。   | 依照決議事項辦理，牆面校正標標號編碼方式為「P+流水號」，地面校正標標號編碼方式為「G+流水號」。                                  |
| 4  | 控制點：於平面廣場內設置 3 點，以埋設鋼釘方式建置<br>另於試驗大樓 3 樓頂女兒牆邊設置 1 點設置方式請經緯團隊參考本中心至善樓 8 頂樓 GNSS 接收站方式製作。   | 依照決議事項辦理。  |
| 5  | 請配合校正標布標情形及港研中心場區內道路狀況修正所提校正作業之掃描路徑。  | 已配合修正校正作業掃描路徑，後續補充說明。  |
| 6  | 請經緯團隊研擬全測站儀以免稜鏡方式測量校正標之量測實驗室追溯程序，俾納入本案後續校正作業流程。   | 已初步進行相關測距測試，後續補充說明。  |

|   |   |                                  |
|---|---|----------------------------------|
| 7 | 請經緯團隊參考新竹市「地籍測量結合光達 (LiDAR) 技術」研究成果，進行反射稜鏡作為光達校正標之可行性分析以提供精進本案校正標之參考。   | 已取得新竹市採用之反射稜鏡，並進行相關測試，後續補充說明。    |
| 8 | 請經緯團隊針對甘特圖中工作項目增加工作細項，以利各項作業進度之掌握。另為確保本案工作執行順利，相關作業細項請於工作會議討論確定後，再據以實施。 | 已於甘特圖中增加工作細項，請參考本簡報「專案時程管制計畫」章節。 |

檔 號：  
保存年限：

### 內政部國土測繪中心 函

地址：40873臺中市南屯區黎明路2段497  
號4樓  
聯絡人：鍾文彥  
聯絡電話：04-22522966#374  
傳真：04-22540324  
電子信箱：55506@mail.nlsc.gov.tw

受文者：經緯航太科技股份有限公司

發文日期：中華民國109年7月2日  
發文字號：測形字第1091570316號  
速別：普通件  
密等及解密條件或保密期限：  
附件：如主旨 (301000100G109157031600-1.pdf)

|               |
|---------------|
| 經緯航太科技股份有限公司  |
| 收文：41090664 號 |
| 日期：109.7.2    |
| 收文者：胡淑媛       |

主旨：檢送「109年及110年建置光達測繪車校正系統作業採購案」（案號：NLSC-109-30）109年6月份（第2次）工作會議紀錄1份，請依會議決議事項辦理，請查照。

正本：經緯航太科技股份有限公司  
副本：本中心地形及海洋測量課



## 「109年及110年建置光達測繪車校正系統作業採購案」 6月份(第2次)工作會議紀錄

一、時間：109年6月22日(星期一)下午2時

二、地點：本中心第2會議室

三、主持人：曾副主任耀賢

紀錄：鍾文彥

四、出席人員：詳如簽到簿。

五、報告事項：略。

六、會議結論：

(一)校正場設計規劃請依下列決議事項辦理：

1. 牆面校正標：依所規劃之材質、大小、數量(含備品)製作，其安裝方式以磁吸方式固定，牆面磁鐵以高承重矽利康黏貼，校正標(板)磁鐵以快乾或黏著性高材料固定。
2. 地面標：本案除建置10個地面校正標外，本中心LMS率定所需之地面標部分，請經緯團隊一併納入本案規劃辦理。
3. 控制點：於試驗大樓3樓頂女兒牆邊設置之GNSS接收站，所用材質除要考量耐候性外，須以焊接方式成型，以維持良好的穩定性。

(二)請經緯團隊審慎規劃校正場外，並應研擬校正場之相關測設計畫(含方法、人力、設備及時程)，於施作前送本中心核備，俾本中心全盤了解，並配合派員監工及通知港研中心等事宜。

(三)有關全測站儀以免稜鏡方式測量校正標之量測實驗室追溯程序，請參照ISO17025:2017 6.5.3「當計量追溯在技術上無法追溯至國際單位制(SI)時，實驗室應證明計量追溯性至適當參考基準。」規定，利用本中心電子測距儀校正場，量測使用稜鏡與免稜鏡的測距結果，進行比對，並依上開規定紀錄結果，來確保追溯有效性。

七、散會：下午3時30分。

|  |   |
|--|---|
| <p>「109 年及 110 年建置光達測繪車校正系統作業採購案」<br/>6 月份(第 2 次)工作會議簽到簿</p> |   |
| <p>時 間：109 年 6 月 22 日(星期一)下午 2 時</p>                         |   |
| <p>地 點：本中心 5 樓第 2 會議室</p>                                    |   |
| <p>主 席：曾副主任耀賢 <i>曾耀賢</i>                      紀 錄：鍾文彥</p>    |   |
| 出席人員/機關  | 簽 到 處   |
| 內政部國土測繪<br>中心  | <p><i>王敏雄</i>    <i>鍾文亮</i><br/><i>鍾文彥</i>    <i>林均昇</i><br/><i>劉云敏</i>    <i>蔡展祥</i></p> |
| 經緯航太科技股份<br>有限公司   | <p><i>張瑞隆</i><br/><i>陳均昇</i></p>  |



## 追蹤事項辦理情形：

| 項次 | 項目                               | 說明   |
|----|----------------------------------|--|
| 1  | 請經緯團隊研擬全測站儀以免稜鏡方式測量校正標之量測實驗室追溯程序 | 有關全測站儀以免稜鏡方式測量校正標之量測實驗室追溯程序，參照 ISO17025:2017 6.5.3「當計量追溯在技術上無法追溯至國際單位制(SI)時，實驗室應證明計量追溯性至適當參考基準。」規定，利用國土測繪中心電子測距儀序，俾納入本案後續校正場，量測使用稜鏡與免稜鏡的測距結果，進行比對，並依上開規定紀錄結果，來確保追溯有效性。 |
| 2  | 採用校正作業(草案)規劃的參考值量測方法，評估不確定度。     | 進行不確定度分析程序，經參考值不確定度來源分析與待校件量測不確定度來源分析，評估不確定度，後續詳細說明。   |
| 3  | 校正報告格式。                          | 已草擬校正報告格式。   |

檔 號：  
保存年限：

### 內政部國土測繪中心 函

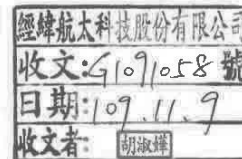
地址：40873臺中市南屯區黎明路2段497號  
4樓  
聯絡人：鍾文彥  
聯絡電話：04-22522966#374  
傳真：04-22540324  
電子信箱：55506@mail.nlsc.gov.tw

受文者：經緯航太科技股份有限公司

發文日期：中華民國109年11月9日  
發文字號：測形字第1091570479號  
速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

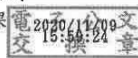
附件：如文 (301000100G109157047900-1.pdf、301000100G109157047900-2.pdf、  
301000100G109157047900-3.pdf)



主旨：檢送「109年及110年建置光達測繪車校正系統作業採購案」（案號：NLSC-109-30）109年11月份工作會議紀錄1份，請依會議決議事項辦理，請查照。

正本：經緯航太科技股份有限公司

副本：本中心地形及海洋測量課



## 「109 年及 110 年建置光達測繪車校正系統作業採購案」 11 月份工作會議紀錄

一、時間：109 年 11 月 2 日（星期一）下午 2 時

二、地點：本中心第 3 會議室

三、主持人：王課長敏雄

紀錄：鍾文彥

四、出席人員：詳如簽到簿。

五、報告事項：略。

六、會議結論：

- (一)為配合本案申請實驗室認證期程，累積足夠參考值觀測數量及建置管制圖，以符合實驗室量測品保之要求，請經緯團隊參照期中報告所提作業原則，儘速修正相關作業程序與方法，並於本(109)年 11 月 20 日前會同本中心校正及作業人員至港研中心 LMS 校正場，配合辦理校正標參考值不確定度與待校件量測不確定度來源分析，俾使相關程序更完善。
- (二)有關全測站儀以免稜鏡方式測量校正標之量測實驗室追溯程序及實作，請經緯公司於本年 11 月 20 日前依本案第 2 次會議結論所述作業方法及原則，於本中心電子測距儀校正場，依使用稜鏡與免稜鏡的測距結果進行比對，以確保追溯有效性。
- (三)按行政院 109 年度全面推行資料使用協議與軟體交付原則，本案應簽署「資料使用及軟體交付協議書」之草案經與會雙方初步研議修正如附件，並俟本中心完成內部程序簽核後，續辦雙方用印事宜。
- (四)本案期中報告所提 2 種車載光達掃描路線，請經緯公司分別設計製作相關 LMS 行車轉向提醒標示。
- (五)本案 110 年度規劃重點工作包含增修相關校正作業程序、校正系統評估(含量測品保)及表單文件、模擬送件及工具軟體更新維護及驗證等工作項，並配合本中心辦理能力試驗、內部稽核及管理審查等活動，請經緯公司配合本中心測量儀器校正實驗

室於 110 年向財團法人全國認證基金會(TAF)提出延展及增列  
認證之申辦期程，妥為規劃研擬 110 年度工作計畫執行方案。

七、散會：下午 4 時 50 分。



## 追蹤事項辦理情形：

| 項次 | 項目   | 說明  |
|----|--|---|
| 1  | 為配合本案申請實驗室認證期程，累積足夠參考值觀測數量及建置管制圖，以符合實驗室量測品保之要求，請經緯團隊參照期中報告所提作業原則，儘速修正相關作業程序與方法，並於 11 月底前會同本中心校正及作業人員至港研中心 LMS 校正場進行車載光達校正系統實際測試後，配合辦理校正標參考值不確定度與待校件量測不確定度來源分析，俾使相關程序更完善。       | 已修正校正作業程序並於 11 月 18 日會同國土測繪中心中心實驗室同仁至港研中心 LMS 校正場進行 LMS 校正作業，配合辦理相關不確定度來源分析與計算。 |
| 2  | 有關全測站儀以免稜鏡方式測量校正標之量測實驗室追溯程序及實作，請經緯公司 11 月底前依本案第 2 次會議結論所述作業方法及原則，於本中心電子測距儀校正場，量測使用稜鏡與免稜鏡的測距結果行比對，以確保追溯有效性。   | 已擬定全測站儀免稜鏡方式測量校正標之量測實驗室追溯程序，並於 11 月 19 日於國土測繪中心電子測距儀校正場進行實作。                    |
| 3  | 按行政院 109 年度全面推行資料使用協議與軟體交付原則，本案應簽署「資料使用及軟體交付協議書」之草案經與會雙方初步研議修正如附件，後續由本中心完成內部程序簽核後，函辦雙方用印事宜。  | 配合辦理。   |
| 4  | 本案期中報告所提 2 種車載光達掃描路線，請經緯公司分別設計製作相關 LMS 行車轉向提醒標示。   | 已交付 8 個三角錐，並於 11 月 18 日校正實作時進行測試。   |
| 5  | 本案 110 年度規劃重點工作包含增修相關校正作業程序、校正系統評估(含量測品保)及表單文件、模擬送件及工具軟體更新維護及驗證等工作項，並配合本中心辦理能力試驗、內部稽核及管理審查等活動，請經緯公司配合本中心測量儀器校正實驗室於 110 年向財團法人全國認證基金會(TAF)提出延展及增列認證之申辦期程，妥為規劃研擬 110 年度工作計畫執行方案。 | 配合辦理，依照需求提出 110 年度作業規劃。   |

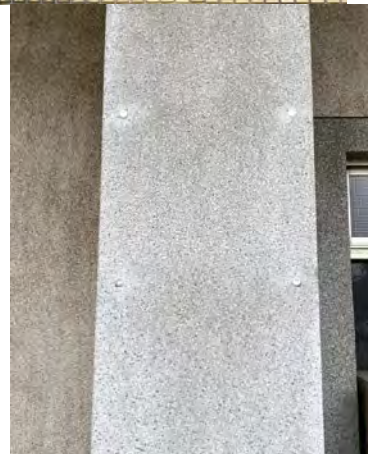
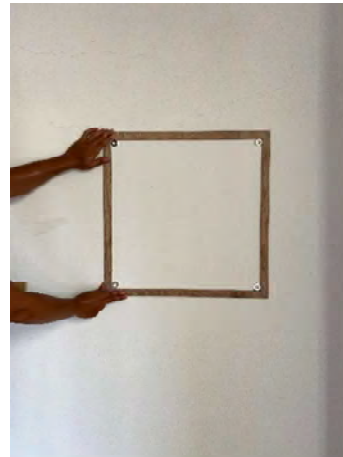
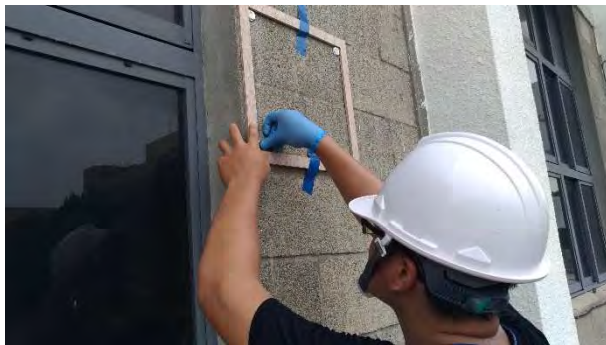
## 附錄九 校正場建置工作日誌

### 「109 年及 110 年建置光達測繪車校正系統作業採購案」

#### LMS 校正場建置工作日誌

|      |  |    |             |    |   |
|------|--|----|-------------|----|---|
| 日期   | 109/07/30  | 時間 | 10:40~16:00 | 天氣 | 晴 |
| 地點   | 交通部運輸研究所港灣技術研究中心（臺中市梧棲區中橫十路 2 號）   |    |             |    |   |
| 作業人員 | 經緯航太科技股份有限公司：<br>陳均昇（計畫主持人）、吳品融（工程師）   |    |             |    |   |
| 工作內容 | <p>建置牆上校正標：</p> <p>計 12 個牆上校正標，其中 8 個尺寸為 60 x 60 公分，4 個尺寸為 40 x 40 公分，共需黏貼 48 個磁鐵，使用高承重矽利康黏貼於建物外牆，施工步驟如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 選定位置，使用特製木框架固定於牆面，以奇異筆於牆面木框位置做記號。</li> <li>2. 以鋼刷及毛刷清潔牆面。</li> <li>3. 依步驟 1 所做記號以膠帶固定木框架。</li> <li>4. 於磁鐵背面均勻塗抹高承重矽利康，切齊木框架內框 4 個角落，以手指緊壓 2 分鐘以上，完成磁鐵初始固定。</li> <li>5. 依序完成 1 組 4 個磁鐵後，拆除框架，再次以手指按壓磁鐵確保磁鐵固定妥當。</li> <li>6. 依序完成 12 組共 48 個磁鐵的貼附，額外於禮堂二樓空間牆面（2 處）各安裝 1 組共 8 個磁鐵，作為平時放置校正標使用之基座。</li> </ol> <p>施工過程遵守相關作業安全規定，人員穿戴安全帽、高空作業護具，輔助使用安全梯完成牆面校正標磁鐵建置作業。</p> |    |             |    |   |

作業照片





完工  
照  
片





「109 年及 110 年建置光達測繪車校正系統作業採購案」

LMS 校正場建置工作日誌

|      |   |    |             |    |   |
|------|---|----|-------------|----|---|
| 日期   | 109/07/31   | 時間 | 09:40~16:00 | 天氣 | 晴 |
| 地點   | 交通部運輸研究所港灣技術研究中心（臺中市梧棲區中橫十路 2 號）  |    |             |    |   |
| 作業人員 | 經緯航太科技股份有限公司：<br>陳均昇（計畫主持人）、吳品融（工程師）  |    |             |    |   |
| 工作內容 | <p>一、建置地面校正標與率定標：</p> <p>計 8 個地面校正標與 12 個地面率定標（2 個與校正標共用），實際需埋設 18 個鋼標，並以油漆圖繪 18 個 40 x 40 公分大小的地面標，建置位置示意圖如下所示。</p>  <p>施工步驟如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 參考建置示意圖，使用皮捲尺輔助確認施工位置。</li> <li>2. 以電鑽於路面鑽孔。</li> <li>3. 以吹球清理孔洞後，使用 AB 膠灌入孔洞。</li> <li>4. 埋入鋼標（包含鋼釘與墊片）。</li> <li>5. 依序完成地面校正標鋼標埋設。</li> </ol> |    |             |    |   |

6. 以鋼刷與毛刷清潔地面。
7. 採用 40 x 20cm 的模板輔助，對準鋼標後仔細描繪外框參考線，再以黑白油漆分別圖繪校正標。
8. 依序完成地面校正標圖繪。

## 二、建置固定點鋼標

計 3 個採用鋼標方式建置的地面固定點（點 B、C、D），建置位置示意圖如下所示。



施工步驟如下：

1. 參考建置位置示意圖，並確認與現場校正標之通視狀況後選定固定點位置。
2. 以電鑽於路面鑽孔。
3. 以吹球清理孔洞後，使用 AB 膠灌入孔洞。
4. 埋入鋼標(包含鋼釘與墊片)。
5. 依序完成 B、C、D 固定點鋼標埋設。

作業照片





完工照片





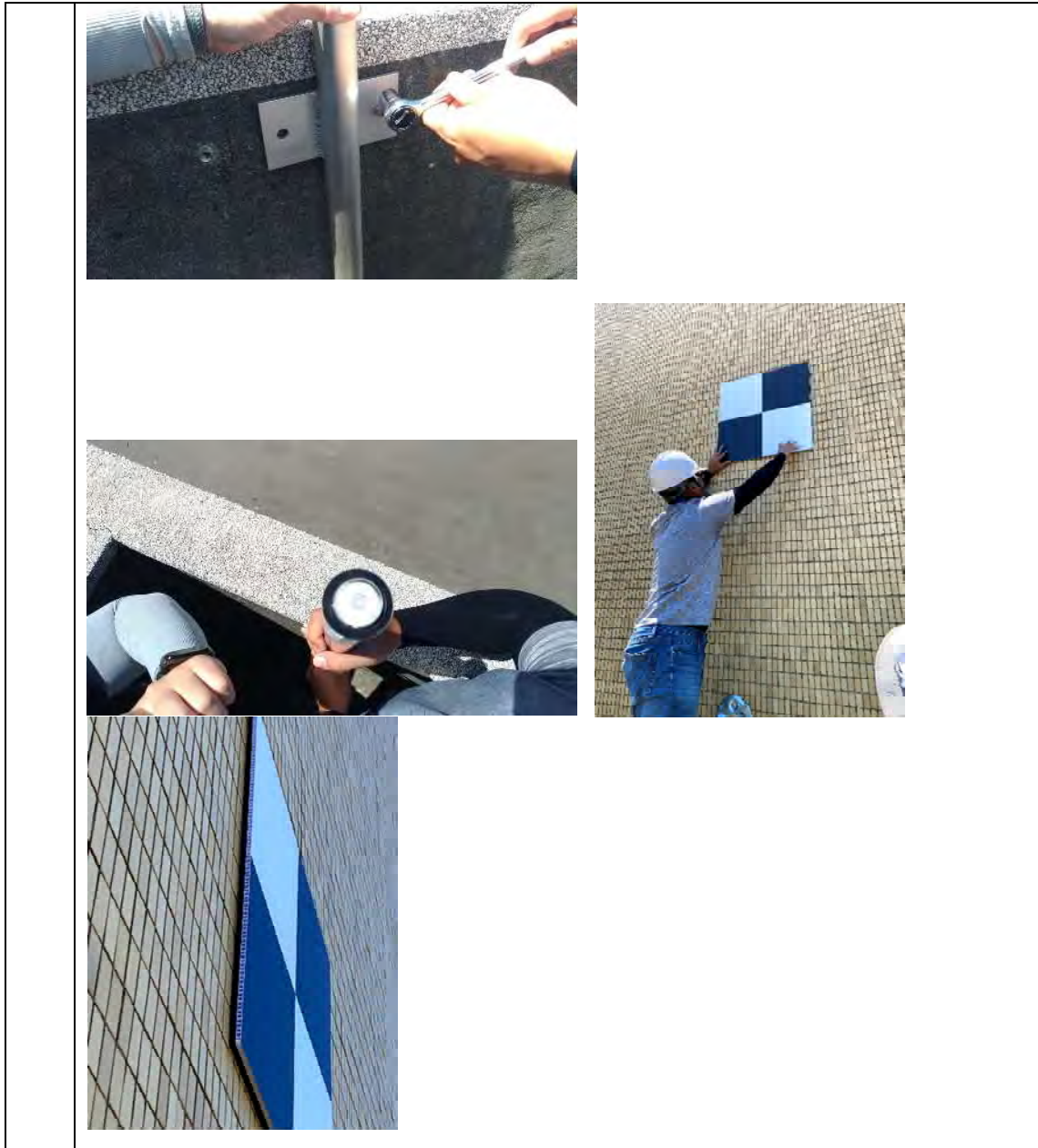


「109 年及 110 年建置光達測繪車校正系統作業採購案」

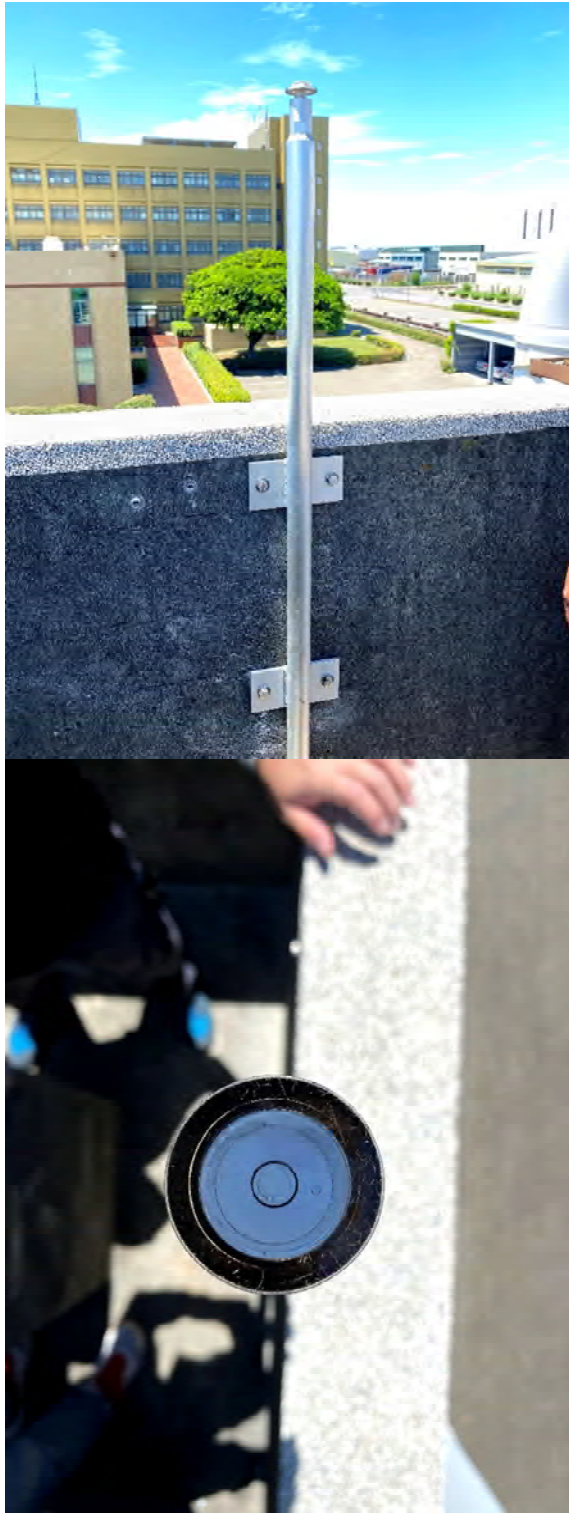
LMS 校正場建置工作日誌

|      |  |    |             |    |   |
|------|--|----|-------------|----|---|
| 日期   | 109/08/06  | 時間 | 09:30~12:00 | 天氣 | 晴 |
| 地點   | 交通部運輸研究所港灣技術研究中心（臺中市梧棲區中橫十路 2 號）   |    |             |    |   |
| 作業人員 | 經緯航太科技股份有限公司：<br>陳均昇（計畫主持人）、吳品融（工程師）   |    |             |    |   |
| 工作內容 | <p>一、建置固定點基座：</p> <p>計 1 個採用鋁製基座方式建置於女兒牆內側的固定點（點 A），建置位置示意圖如下所示。</p>  <p>施工步驟如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 鋼柱全長約 1 公尺，露出女兒牆的長度至少達 30 公分，依照上述規格擺放於女兒牆邊，擺放時須以水平儀確認上方柱面水平，於鋼柱的螺絲固定處標記於女兒牆上。</li> <li>2. 使用電鑽於女兒牆上鑽孔。</li> <li>3. 於鑽孔中埋入膨脹螺絲。</li> <li>4. 將鋼柱擺放於正確位置並鎖上螺絲，完工後須再次以水平儀確認上方</li> </ol> |    |             |    |   |

|             |   |
|-------------|---|
|             | <p>柱面水平並拍照紀錄。</p> <p>二、確認校正標安裝狀況</p> <p>以高承重矽利康貼附於牆面的磁鐵需要 48 小時完全固化，於今日順便測試校正標安裝狀況。</p> <p>施工步驟如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 遵守相關作業安全規定，人員穿戴安全帽、高空作業護具，輔助使用安全梯完成牆面校正標安裝作業。</li> <li>2. 確認安裝效果十分穩固，當日安裝於牆面超過 8 小時，無掉落現象。</li> <li>3. 遵守相關作業安全規定，人員穿戴安全帽、高空作業護具，輔助使用安全梯完成牆面校正標拆卸作業，確認可拆式牆面計正標建置完成。</li> </ol> |
| <p>作業照片</p> |   |



完工照片







## 附錄十 校正場建置監工紀錄

### 「109 年及 110 年建置光達測繪車校正系統作業採購案」

### LMS 校正場建置監工紀錄

紀錄：內政部國土測繪中心 鍾文彥

#### 一、作業時間：

109 年 7 月 30 日及 31 日、8 月 6 日(上午)進行 LMS 校正場建置施工。

#### 二、地點：

交通部運輸研究所港灣技術研究中心(以下簡稱港研中心，臺中市梧棲區中橫十路 2 號)

#### 三、人員：

主辦單位：內政部國土測繪中心(以下簡稱本中心)，鍾文彥課員(監工)

施工單位：經緯航太科技股份有限公司(以下簡稱經緯公司)，陳均昇專案經理、吳品融工程師

場地管理機關：港研中心，林雅雯秘書

#### 四、施工紀錄：

##### (一)施工前協調作業

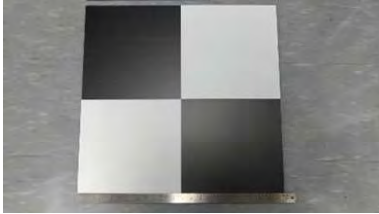

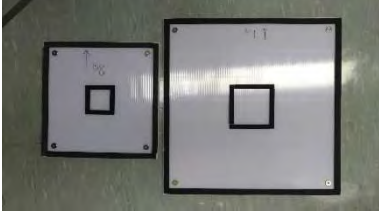
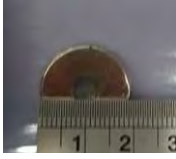
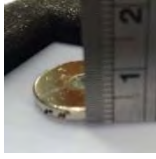


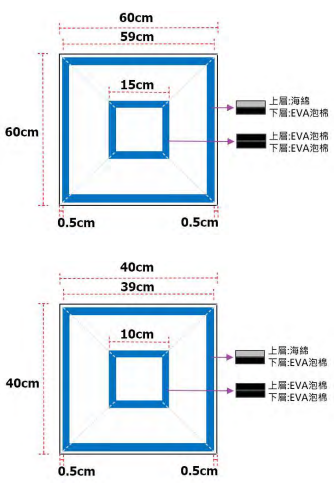
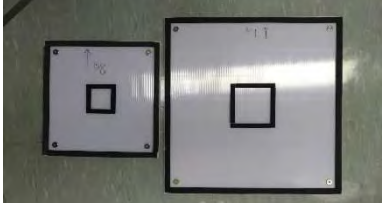
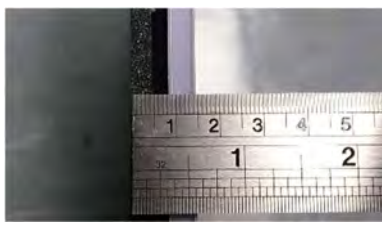

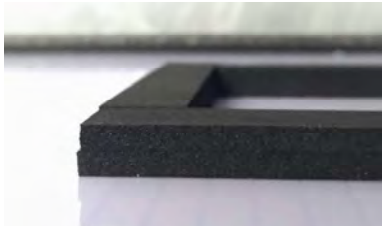
於 7 月 30 日上午 10:40 在港研中心主任室辦理施工前(主辦、施工場地管理單位)三方協調說明會，針對本案校正場測設作業進行重點說明及溝通，並提醒施工時相關工安注意事項，與會人員計有港研中心蔡主任立宏及林秘書雅雯、經緯公司陳專案經理均昇及吳品融、本中心鍾文彥等 5 人。





## (二)牆面校正標製作及布設施工


| 作業名稱       | 設計規格/方法  | 實際辦理情形   | 是否符合設計規範  | 備註                          |
|------------|--|--|---|-----------------------------|
| A. 牆面校正標製作 | 1、數量： <ul style="list-style-type: none"> <li>● 60 x 60 公分，8 個。</li> <li>● 40 x 40 公分，4 個。</li> </ul> | 實際點收：數量符合。 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 60 x 60 公分，8 個。</li> <li>● 40 x 40 公分，4 個。</li> </ul>  | <input checked="" type="checkbox"/> 是<br><input type="checkbox"/> 否 | 經緯公司於 109 年 7 月 30 日製作完成繳交。 |
|            | 2、校正標材質：白色中空板（PC 樹脂加工而成），厚度為 0.6 公分  | 實際檢視：<br>材質為 PC 樹脂加工而成之白色中空板。<br>實量厚度：6mm    | <input checked="" type="checkbox"/> 是<br><input type="checkbox"/> 否 |                             |

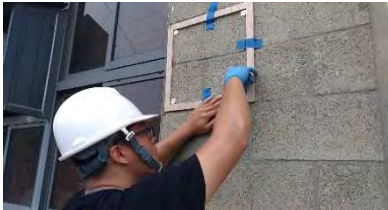
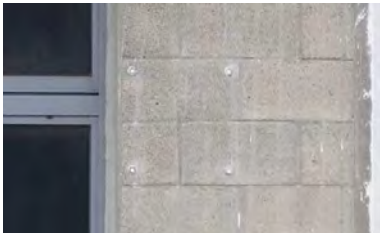



| 作業名稱 | 設計規格/方法  | 實際辦理情形  | 是否<br>符合<br>設計<br>規範   | 備註 |
|------|--|---|--|----|
|      | <p>3、樣式</p> <p>為四等分以黑白顏色相間，採整張 PVC 霧面貼膜，校正標其每塊白色及黑色部分尺寸分別為 30 x 30 公分與 20 x 20 公分。</p> | <p>實際檢視：樣式同設計規格。為四等分以黑白顏色相間，採整張 PVC 霧面貼膜貼附。</p> <p>尺寸部分：<br/>60X60CM</p>  <p>40X40CM</p>                                  | <p><input checked="" type="checkbox"/> 是</p> <p><input type="checkbox"/> 否</p> |    |
|      | <p>3、強力磁鐵規格</p> <p>校正標背面黏貼強力磁鐵，規格為直徑 20mm 厚 3mm 內孔 5mm。</p>                            |  <p>實量尺寸：直徑 20mm、厚 3mm、內孔 5mm。</p>   | <p><input checked="" type="checkbox"/> 是</p> <p><input type="checkbox"/> 否</p> |    |
|      | <p>4、防風設計</p> <p>校正標背面會均勻黏貼</p>  | <p>實際檢視：樣式及黏貼方式業依設計規格製作。</p>  | <p><input checked="" type="checkbox"/> 是</p> <p><input type="checkbox"/> 否</p> |    |

| 作業名稱 | 設計規格/方法   | 實際辦理情形  | 是否<br>符合<br>設計<br>規範 | 備註 |
|------|---|---|----------------------|----|
|      | <p>8mm 厚的泡棉</p>  | <p>樣式：</p>  <p>實量厚度：8mm</p>  <p>材質：</p> <p>外圈(上層海綿，下層 EVA 泡棉)</p>  <p>內圈(上、下層均為 EVA 泡棉)</p>  <p>實量尺寸：59X59cm，<br/>39X39cm。</p> |                      |    |

| 作業名稱              | 設計規格/方法  | 實際辦理情形  | 是否<br>符合<br>設計<br>規範  | 備註   |
|-------------------|--|---|---|--|
| <p>B. 牆面校正標施工</p> | <p>1. 布設位置及數量<br/>計 12 個牆上校正標，共黏貼 48 個磁鐵，安裝規劃位置如下。</p> <p>(1) 禮堂，6 個標(60X60CM)。</p>  <p>(2) 風洞實驗第 1 棟，4 個標(40X40CM)。</p>  <p>(3) 第 1 試驗場棚，2 個標(60X60CM)。</p>  | <p>實際施作情形：牆面標位置及數量均依設計布設，合計 12 個牆上校正標，共黏貼 48 個磁鐵。</p> <p>(1) 禮堂，分別於高、中、低處各安裝 2 個標(60X60CM)，合計 6 個標。</p>  <p>(2) 風洞實驗第 1 棟，分別於高、低處各安裝 2 個標(40X40CM)，合計 4 個標。</p>  <p>(3) 第 1 試驗場棚，於低處安裝 2 個標(60X60CM)，合計 2 個標。</p>  | <p><input checked="" type="checkbox"/> 是<br/><input type="checkbox"/> 否</p> | <p>(1) 面校正標施工於 109.7.30 完成 48 個磁鐵黏貼。</p> <p>(2) 完工相片於 109.8.6 布標後拍攝。牆面磁鐵黏貼已超過 6 天。</p> <p>(3) 牆面校正標於 109.8.6 日實際布設，以磁吸方式掛載約 8 小時，均無脫落情形。</p> |

| 作業名稱 | 設計規格/方法   | 實際辦理情形   | 是否<br>符合<br>設計<br>規範  | 備註 |
|------|---|--|---|----|
|      | <p>2. 牆上強力磁鐵</p> <p>規格為直徑 25mm 厚 5mm 內孔 5mm。</p>  | <p>實量尺寸：直徑 25mm、厚 5mm、內孔 5mm。</p>    | <input checked="" type="checkbox"/> 是<br><input type="checkbox"/> 否 |    |
|      | <p>3. 施工方式</p> <p>校正標採磁吸式安裝設計，需於牆上相對應位置以高承重矽利康黏貼有孔之強力磁鐵，為確保磁鐵黏貼位置之精準度，黏貼磁鐵時需使用特製木頭框架，磁鐵切齊內框四個角落即可安裝於正確位置，木框規格如下圖所示，以 CNC 方式製作，以確保尺寸之精準。</p>  | <p>實際施作情形：由經緯公司陳均昇及吳品融等 2 員於 7 月 30 日上午 11 時至下午 3 時 30 分施工完成。</p> <p>(1) 選定位置後，先用膠帶將特製木頭框架固定於牆面，並以奇異筆繪製磁鐵預安裝位置。</p>  <p>(2) 取下木頭框後，以鋼刷及毛刷清潔牆面。</p>  <p>(3) 重新用膠帶固定木頭框，並以高承重矽利康黏貼強力磁鐵，磁鐵切齊內框四個角落，</p> | <input checked="" type="checkbox"/> 是<br><input type="checkbox"/> 否 |    |

| 作業名稱 | 設計規格/方法 | 實際辦理情形  | 是否符合設計規範 | 備註 |
|------|---------|---|----------|----|
|      |         | <p>並以手指壓緊 2 分鐘以上，使矽利康達初步固定強度。</p>   <p>(4)取下木頭框，並靜置 48 小時，完成磁鐵固定。</p>  <p>(5)作業人員均穿戴高空作業安全帶、安全帽及繫繩，於較低處輔以安全梯。</p>  | 是        |    |

| 作業名稱 | 設計規格/方法 | 實際辦理情形   | 是否<br>符合<br>設計<br>規範 | 備註 |
|------|---------|--|----------------------|----|
|      |         |  |                      |    |

(三)建置地面校正標與率定標

| 作業名稱  | 設計規格/方法   | 實際辦理情形   | 是<br>否<br>符<br>合<br>設<br>計<br>規<br>範                                | 備註 |
|-------|---|--|---|----|
| 地面校正標 | <p>1、數量：<br/>計地面校正標 8 個與率定標 10 個，共需埋設 18 個鋼標後以油漆圖繪 18 個 40 x 40 公分大小的地面標，建置位置示意圖。</p>  | <p>實際點收：數量及位置符合設計。地面校正標 8 個與率定標 10 個，共設 18 個。</p> <p>(1) 地面校正標，計 8 個標。</p> <p>北側：4 個標</p>  <p>東側：2 個標</p>  | <input checked="" type="checkbox"/> 是<br><input type="checkbox"/> 否 |    |

|  |   |  |  |  |
|--|---|--|--|--|
|  |   | <p>南側：2 個標</p>  <p>(2) 地面率定標，計 10 個標。</p>    |  |  |
|  | <p>2、校正標製作材質及樣式：</p> <p>(1)油漆：防滑路線漆。以油漆圖繪 40 x 40 公分大小的地面標，樣式為方形，平均分為四等分以黑白顏色相間原則，黑色與白色皆為防滑路線漆，每塊白色及黑色部分尺寸為 20 x 20 公分。</p> | <p>實際檢視：材質及樣式符合設計。</p> <p>(1)油漆：採用虹牌防滑路線漆，黑色#71 及白色#1801 各 1 桶。</p>   <p>(2)鋼標：樁鋼標形式，中間鋼</p> | <p><input checked="" type="checkbox"/> 是</p> <p><input type="checkbox"/> 否</p> |  |

|  |  |   |  |  |
|--|--|---|--|--|
|  | <p>(2) 鋼標：校正標中心埋設鋼釘，採用都市計畫樁鋼標形式，中間鋼釘直徑 15mm、鋼製墊片直徑 45mm，釘長至少 5cm。</p>  | <p>釘直徑 15mm、鋼製墊片直徑 45mm，釘長為 5.5cm。</p>    |  |  |
|  | <p>3、施工</p> <p>校正標中心埋設鋼釘，以油漆圖繪 40 x 40 公分大小的地面標，樣式為方形，平均分為四等分以黑白顏色相間原則，黑色與白色皆為防滑路線漆，每塊白色及黑色部分尺寸為 20 x 20 公分。</p> | <p>實際檢視：依設計規範施工。</p> <p>(1) 準備作業</p>   <p>(2) 以皮捲尺量測埋設點位</p>  | <p><input checked="" type="checkbox"/> 是</p> <p><input type="checkbox"/> 否</p> |  |



(3)鑽孔



(4)清潔



(5)上膠



(6)埋入鋼釘





(7)清潔地面



(8)繪製標型外框



(9)上漆

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  <p>(10) 完成</p>  |  |  |
|--|--|--|--|--|

(四) GNSS 靜態基站(A)及地面固定點(B、C、D)施工

| 作業名稱  | 設計規格/方法  | 實際辦理情形   | 是否<br>符合<br>設計<br>規範  | 備註   |
|---|--|--|---|--|
| GNSS 靜態<br>基站(A)及<br>地面固定<br>點(B、C、<br>D)施工 | 1、數量：<br>地面固定點(點號 B、C<br>及D點)計3個與採用鋁<br>管基座方式建置於女兒<br>牆內側的固定點(點號<br>A點)1個，建置位置示<br>意圖。 | <p>實際點收：數量及位置符合<br/>設計。地面固定點3個，於<br/>女兒牆內側的 GNSS 靜態基<br/>站固定點1個。</p> <p>(1) 地面固定點 (點號：B、C<br/>及D點) 計3個。</p> <p>B點：</p> | <input checked="" type="checkbox"/> 是<br><input type="checkbox"/> 否 | <p>(1) 地 面<br/>固定點於<br/>109.7.31<br/>下午埋設<br/>完成。</p> <p>(2) GNSS<br/>靜態基站<br/>固定點於<br/>109.8.6<br/>上午架設<br/>完成。</p> |

| 作業名稱 | 設計規格/方法   | 實際辦理情形   | 是否<br>符合<br>設計<br>規範 | 備註 |
|------|---|--|----------------------|----|
|      |  | <br> <p>C 點：</p> <br> <p>D 點：</p>  |                      |    |

| 作業名稱 | 設計規格/方法   | 實際辦理情形  | 是否<br>符合<br>設計<br>規範   | 備註 |
|------|---|---|--|----|
|      |   |  <p>(2) GNSS 靜態基站固定點(點號 A 點)1 個</p>  |  |    |
|      | <p>2、製作材質及樣式：</p> <p>(1)地面固定點：採用都市計畫樁鋼標形式埋設鋼釘，中間鋼釘直徑 15mm、鋼製墊片直徑 45mm，釘長至少 7cm。</p> | <p>實際檢視：樣式及材質符合設計。</p> <p>(1)地面固定點：採用都市計畫樁鋼標形式，中間鋼釘直徑 15mm、鋼製墊片直徑 45mm，釘長 7.5cm。</p>  <p>(2)GNSS 靜態基站：以鋁管製作</p>       | <p><input checked="" type="checkbox"/> 是</p> <p><input type="checkbox"/> 否</p> |    |

| 作業名稱 | 設計規格/方法   | 實際辦理情形   | 是否<br>符合<br>設計<br>規範   | 備註 |
|------|---|--|--|----|
|      | <p>(2) GNSS 靜態基站：採用基座方式建置，參考本中心至善樓頂樓的 GNSS 接收站方式製作。柱長約 1 公尺，露出女兒牆的長度為約 30 公分，整體以焊接方式成型，以 4 點方式螺絲固定於女兒牆。</p> | <p>(管厚 5mm)，表面施以陽極處理，柱全長為 1 公尺，一端具有 3/8" GNSS 天線使用螺牙，露出女兒牆的長度為 40 公分，整體以焊接方式成型，具 4 個螺絲固定孔。</p>    |  |    |
|      | <p>3、施工</p> <p>(1) 地面固定點：採用都市計畫樁鋼標形式埋設鋼釘。</p> <p>(2)GNSS 靜態基站固定點：採用鋁管基座方式建置，參考本中心至善樓頂樓的 GNSS 接收站</p>        | <p>實際檢視：依設計方式施工完成</p> <p>(1)地面固定點：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 確定埋設位置</li> </ul>    | <p><input checked="" type="checkbox"/> 是</p> <p><input type="checkbox"/> 否</p> |    |

| 作業名稱 | 設計規格/方法   | 實際辦理情形   | 是否<br>符合<br>設計<br>規範 | 備註 |
|------|---|--|----------------------|----|
|      | <p>方式製作。立柱全長約 1 公尺，露出女兒牆的長度為 30 公分，整體以焊接方式成型，以 4 點方式螺絲固定於女兒牆。</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 鑽孔<br/>  </li> <li>● 清潔<br/>  </li> <li>● 上膠<br/>  </li> <li>● 埋入鋼釘<br/>   </li> </ul> |                      |    |

| 作業名稱 | 設計規格/方法 | 實際辦理情形  | 是否<br>符合<br>設計<br>規範 | 備註 |
|------|---------|---|----------------------|----|
|      |         | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 完成</li> </ul>  <p>(2)GNSS 靜態基站固定點</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 預估架設位置</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>● 牆壁鑽洞</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>● 埋入固定螺絲</li> </ul>  |                      |    |



| 作業名稱 | 設計規格/方法 | 實際辦理情形  | 是否<br>符合<br>設計<br>規範 | 備註 |
|------|---------|---|----------------------|----|
|      |         |  <ul style="list-style-type: none"> <li>● 檢查水平度檢查及調整</li> </ul>   <ul style="list-style-type: none"> <li>● 完成架設(4 個固定點)</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>● 實際架設 GNSS 接收機</li> </ul> |                      |    |

| 作業名稱 | 設計規格/方法 | 實際辦理情形   | 是否<br>符合<br>設計<br>規範 | 備註 |
|------|---------|--|----------------------|----|
|      |         |  |                      |    |

### 五、附記

港研中心於本案校正場施工期間，每日均派員至現場實際了解作業，並於各階段完成後，逐一檢視確認校正標布設數量及位置。



港研中心林秘書赴現場了解本案校正場施工情形

## 附錄十一 保養維護紀錄

第1次保養維護紀錄—109年4月15日

### 內政部國土測繪中心 LMS 保養維護檢查紀錄表

日期：109年4月15日

地點：內政部國土測繪中心

執行者：林樹榮 陳均昇

見證者：鍾文丞

### 一. 系統基本檢查與內部系統檢查

#### a. 開機執行基本檢查程序

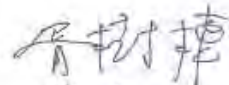

1. 架設主機於遙控測繪車（以下簡稱推車）上。
2. 檢查推車上之電源指示表( $\geq 25VDC$ )，實際量測值 26.4 VDC  
若低於 25VDC 將先充電。
3. 連接電源至主機。
4. 連接遠端電腦網路線。
5. 檢查 GNSS 天線盤接線
6. 啟動電源及開啟遠端電腦並記錄啟動時間：09:35。
7. 等待系統依序啟動再以遠端桌面(IP:172.20.2.11)連至 1 號電腦。
8. 連接後啟動 GNSS。
9. 檢視 GNSS 程式是否正確啟動。 是 否
10. 按 GNSS 開機程序啟動 Novatel IMU。
11. 檢視 GNSS 衛星是否正常。  
是 GPS 數量 9/12 GLONASS 數量 3/9  
否
12. 檢視 Camera 7 是否正確啟動。 是 否
13. 檢視 RTMS 是否正確啟動。 是 否
14. 取下光達保護蓋。
15. 啟動 Google Chrome。
16. 以 IP: 172.20.2.1 進入 LIDAR 系統。
17. 重新啟動遠端桌面連線至二號電腦 (IP: 172.20.2.12)
18. 檢視 Camera 4, 5, 6 是否正確啟動。 是 否
19. 檢視 RTMS 是否正確啟動。 是 否
20. 重新啟動遠端桌面連線至三號電腦 (IP: 172.20.2.13)
21. 檢視 Camera 1, 2, 3 是否正確啟動。 是 否
22. 檢視 RTMS 是否正確啟動。 是 否
23. 重新啟動遠端桌面連線至一號電腦 (IP: 172.20.2.11)
24. 檢視網路磁碟連線況是否正常。 是 否
25. 以上完成開機，基本檢查完成。

#### b. 系統功能檢查

1. 衛星及 IMU 及相機檢查。
  - 按 GNSS 及 IMU 開機程序啟動系統。
  - 啟動 GNSS log。
  - 操作 RTMS 上的 Trigger 控制以時間或手動產生幾個測試 Trigger。
  - 檢視 log 中的 event count 是否同步增加。 是 否
  - 同時檢視 camera 7 是否執行拍照作業。 是 否
  - 以上完成 GNSS 及相機觸發檢查。

- 以網路磁碟機檢視二號及三號電腦像片儲存檔檢視上述觸發機制及相片 - 是 否
  - 以上完成檢驗。
2. 衛星訊息傳送至 LIDAR 檢查 -
- 啟動 Chrome IP 172.20.2.1/gps 按 'on' 及 'update' 啟動 GPS
  - 檢視 GPS 訊息 GPGLN 及 GPZDA 是 否
  - 啟動 PPS sync 以同步 pps 訊號 是 否
3. LiDAR 功能檢查
- 改至 LIDAR 主控畫面 -
  - 按 LIDAR 操作存檔於 t1 -
  - 啟動光達。
  - 檢視光達啟動及自我校正。 是 否
  - 檢視光達運作是否正常。 是 否
  - 再確認光達運作正常後按 abort 鍵停止光達。
  - 遠端電腦啟動 FTP 連線至 LIDAR 檢視 t1.zfs 檔案。 是 否
  - 選擇後以網路介面傳回遠端電腦。 是 否
  - 以上完成檢驗
- c. 以上完成主機系統檢查是否符合； 符合
- d. 檢驗意見： \_\_\_\_\_
- e. 見證者意見： \_\_\_\_\_

簽名：  
執行檢驗者：  
見證者：

 陳煥  


二、遙控測繪車操縱、動力系統及電力系統檢查

a. 推車動力系統及輪速計觸發檢查

1. 將推車驅動輪架空。
2. 啟動無線遙控器。
3. 設定主機觸發為推車輪速計。
4. 啟動遙控器檢驗推車馬達因遙控器操控使左右馬達轉速不同。  
是 否
5. 啟動倒退模式檢視馬達逆轉。是 否
6. 同時檢視是否因轉動的觸發訊號使像機拍照。是 否

b. 電池電力檢查

1. 啟動全系統包含 GNSS IMU 光達並以每秒一張的速度拍照。
2. 測試時間以每 15 分鐘紀錄電池電壓，共 60 分鐘，填入下表作為電池容量分析。
3. 時間：10:04 電壓：>6.0 VDC
4. 時間：10:19 電壓：26.0 VDC
5. 時間：10:34 電壓：26.0 VDC
6. 時間：10:49 電壓：>6.0 VDC
7. 時間：11:04 電壓：25.9 VDC
8. 完成後關閉主系統。
9. 開始充電以每 15 分鐘紀錄電池電壓，填入下表作為電池容量分析以達到 26.5V 為止，此時系統電池上需充電，待整個檢驗完成後再繼續充電。
10. 時間：13:25 電壓：26.2 VDC
11. 時間：13:40 電壓：26.5 VDC
12. 時間：/ 電壓：/ VDC
13. 時間：/ 電壓：/ VDC
14. 檢視推車獨立充電系統運作是否正常。是 否

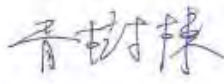
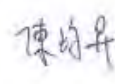
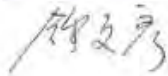
c. 推車系統綜合檢查

1. 將主機系統關機。
2. 檢查 LMS 之電源指示表( $\geq 25VDC$ )實際量測值 25.9 VDC。
3. 若 LMS 電力不足將先充電。
4. 將測繪車開出並停在測繪中心門口人行道上待測。
5. 操縱測試  
正常，測試條件 於中心 GP，自司機室門口操縱至電梯內，包含原地逆轉、直行、轉  
異常，原因 \_\_\_\_\_
6. 以驗證推車系統完成整體綜合測試。

d. 以上完成推車系統檢查是否符合：符合

e. 檢驗意見：\_\_\_\_\_

f. 見證者意見： \_\_\_\_\_

簽名：    
執行檢驗者：  
見證者： 





第 2 次保養維護紀錄—109 年 7 月 15 日

內政部國土測繪中心  
LMS 保養維護檢查紀錄表

日期：109 年 07 月 15 日

地點：內政部國土測繪中心

執行者：曾樹棟 陳均昇

見證者：鍾文亮

1

一. 系統基本檢查與內部系統檢查

a. 開機執行基本檢查程序

1. 架設主機於遙控測繪車（以下簡稱推車）上。
2. 檢查推車上之電源指示表(>=25VDC)，實際量測值 26.8(7) VDC  
若低於 25VDC 將先充電。
3. 連接電源至主機。
4. 連接遠端電腦網路線。
5. 檢查 GNSS 天線盤接線
6. 啟動電源及開啟遠端電腦並記錄啟動時間：11:48。
7. 等待系統依序啟動再以遠端桌面(IP:172.20.2.11)連至 1 號電腦。
8. 連接後啟動 GNSS。
9. 檢視 GNSS 程式是否正確啟動。 是 否 *IMAR SAS*
10. 按 GNSS 開機程序啟動 Novatel IMU。
11. 檢視 GNSS 衛星是否正常。  
是 GPS 數量 5/11 GLONASS 數量 0/9  
否
12. 檢視 Camera 7 是否正確啟動。 是 否 *\*已取消連接改 5,6.*
13. 檢視 RTMS 是否正確啟動。 是 否 *5.6.*
14. 取下光達保護蓋。
15. 啟動 Google Chrome。
16. 以 IP: 172.20.2.1 進入 LiDAR 系統。
17. 重新啟動遠端桌面連線至二號電腦 (IP: 172.20.2.12)
18. 檢視 Camera 4, 5, 6 是否正確啟動。 是 否 *4,5,6 ⇒ 3c 相機*
19. 檢視 RTMS 是否正確啟動。 是 否
20. 重新啟動遠端桌面連線至三號電腦 (IP: 172.20.2.13)
21. 檢視 Camera 1, 2, 3 是否正確啟動。 是 否 *1,2,3 ⇒ 1,2 相機*
22. 檢視 RTMS 是否正確啟動。 是 否
23. 重新啟動遠端桌面連線至一號電腦 (IP: 172.20.2.11)
24. 檢視網路磁碟連線況是否正常。 是 否
25. 以上完成開機，基本檢查完成。

b. 系統功能檢查

1. 衛星及 IMU 及相機檢查。
  - 按 GNSS 及 IMU 開機程序啟動系統。
  - 啟動 GNSS log。
  - 操作 RTMS 上的 Trigger 控制以時間或手動產生幾個測試 Trigger。
  - 檢視 log 中的 event count 是否同步增加。 是 否
  - 同時檢視 camera 7 是否執行拍照作業。 是 否 *→ 改 5-6*
  - 以上完成 GNSS 及相機觸發檢查。

- 以網路磁碟機檢視二號及三號電腦像片儲存檔檢視上述觸發機制及相片。 是 否
- 以上完成檢驗。
- 2. 衛星訊息傳送至 LiDAR 檢查。
  - 啟動 Chrome IP 172.20.2.1/gps 按 'on' 及 'update' 啟動 GPS
  - 檢視 GPS 訊息 GPGGN 及 GPZDA 是 否
  - 啟動 PPS sync 以同步 pps 訊號 是 否
- 3. LiDAR 功能檢查
  - 改至 LiDAR 主控畫面。
  - 按 LiDAR 操作存檔於 t1。
  - 啟動光達。
  - 檢視光達啟動及自我校正。 是 否
  - 檢視光達運作是否正常。 是 否
  - 再確認光達運作正常後按 abort 鍵停止光達。
  - 遠端電腦啟動 FTP 連線至 LiDAR 檢視 t1.zfs 檔案。 是 否
  - 選擇後以網路介面傳回遠端電腦。 是 否
  - 以上完成檢驗
- c. 以上完成主機系統檢查是否符合： 是, 相機配置調整 2+2+2/pc
- d. 檢驗意見： \_\_\_\_\_
- e. 見證者意見： \_\_\_\_\_

簽名：

執行檢驗者： 陳胡丹見證者： 鍾文亮



f. 見證者意見： \_\_\_\_\_

簽名：

執行檢驗者：

見證者：

晉樹棟 陳均昇  
鍾文勇



第3次保養維護紀錄—109年9月29日

內政部國土測繪中心  
LMS 保養維護檢查紀錄表

日期：2020年 9月29日

地點：內政部國土測繪中心

執行者：曾樹棟

見證者：廖文亮

1

一. 系統基本檢查與內部系統檢查

a. 開機執行基本檢查程序

1. 架設主機於遙控測繪車（以下簡稱推車）上。
2. 檢查推車上之電源指示表(>=25VDC)，實際量測值 27.1 VDC  
若低於 25VDC 將先充電。
3. 連接電源至主機。
4. 連接遠端電腦網路線。
5. 檢查 GNSS 天線盤接線。
6. 啟動電源及開啟遠端電腦並記錄啟動時間：09:44。
7. 等待系統依序啟動再以遠端桌面(IP:172.20.2.11)連至 1 號電腦。
8. 連接後啟動 GNSS。
9. 檢視 GNSS 程式是否正確啟動。 是 否
10. 按 GNSS 開機程序啟動 Novatel IMU。
11. 檢視 GNSS 衛星是否正常。  
是 GPS 數量 5/9 GLONASS 數量 4/6  
否
12. 檢視 Camera 5, 6 是否正確啟動。 是 否
13. 檢視 RTMS 是否正確啟動。 是 否
14. 取下光達保護蓋。
15. 啟動 Google Chrome。
16. 以 IP: 172.20.2.1 進入 LIDAR 系統。
17. 重新啟動遠端桌面連線至二號電腦 (IP: 172.20.2.12)
18. 檢視 Camera 3, 4 是否正確啟動。 是 否
19. 檢視 RTMS 是否正確啟動。 是 否
20. 重新啟動遠端桌面連線至三號電腦 (IP: 172.20.2.13)
21. 檢視 Camera 1, 2 是否正確啟動。 是 否
22. 檢視 RTMS 是否正確啟動。 是 否
23. 重新啟動遠端桌面連線至一號電腦 (IP: 172.20.2.11)
24. 檢視網路磁碟連線況是否正常。 是 否
25. 以上完成開機，基本檢查完成。

b. 系統功能檢查

1. 衛星及 IMU 及相機檢查。
  - 按 GNSS 及 IMU 開機程序啟動系統。
  - 啟動 GNSS log。
  - 操作 RTMS 上的 Trigger 控制以時間或手動產生幾個測試 Trigger。
  - 檢視 log 中的 event count 是否同步增加。 是 否
  - 同時檢視 camera 5, 6 是否執行拍照作業。 是 否
  - 以上完成 GNSS 及相機觸發檢查。



- 以網路磁碟機檢視二號及三號電腦像片儲存檔檢視上述觸發機制及相片。 是 否
  - 以上完成檢驗。
2. 衛星訊息傳送至 LiDAR 檢查。
- 啟動 Chrome IP 172.20.2.1/gps 按 'on' 及 'update' 啟動 GPS
  - 檢視 GPS 訊息 GPGGN 及 GPZDA 是 否
  - 啟動 PPS sync 以同步 pps 訊號 是 否
3. LiDAR 功能檢查
- 改至 LiDAR 主控畫面。
  - 按 LiDAR 操作存檔於 t1。
  - 啟動光達。
  - 檢視光達啟動及自我校正。 是 否
  - 檢視光達運作是否正常。 是 否
  - 再確認光達運作正常後按 abort 鍵停止光達。
  - 遠端電腦啟動 FTP 連線至 LiDAR 檢視 t1.zfs 檔案。 是 否
  - 選擇後以網路介面傳回遠端電腦。 是 否
  - 以上完成檢驗
- c. 以上完成主機系統檢查是否符合： 符合 動作正常
- d. 檢驗意見： 運作正常
- e. 見證者意見： 正常

簽名：

執行檢驗者： 晉樹棟

見證者： 鍾文亮

二. 遙控測繪車操縱、動力系統及電力系統檢查

a. 推車動力系統及輪速計觸發檢查

1. 將推車驅動輪架空。
2. 啟動無線遙控器。
3. 設定主機觸發為推車輪速計。
4. 啟動遙控器檢驗推車馬達因遙控器操控使左右馬達轉速不同。  
是 否
5. 啟動倒退模式檢視馬達逆轉。 是 否
6. 同時檢視是否因轉動的觸發訊號使像機拍照。 是 否

b. 電池電力檢查

1. 啟動全系統包含 GNSS IMU 光達並以每秒一張的速度拍照。
2. 測試時間以每 15 分鐘紀錄電池電壓，共 60 分鐘，填入下表作為電池容量分析。
3. 時間：10:06 電壓：26.5 VDC ✓
4. 時間：10:21 電壓：26.5 VDC ✓
5. 時間：10:36 電壓：26.4 VDC ✓
6. 時間：10:51 電壓：26.4 VDC ✓
7. 時間：11:06 電壓：26.4 VDC ✓
8. 完成後關閉主系統。
9. 開始充電以每 15 分鐘紀錄電池電壓，填入下表作為電池容量分析以達到 26.5V 為止，此時系統電池尚需充電，待整個檢驗完成後再繼續充電。
10. 時間：11:09 電壓：26.4 VDC ✓
11. 時間：11:22 電壓：27.1 VDC ✓
12. 時間：           電壓：           VDC ✓
13. 時間：           電壓：           VDC ✓
14. 檢視推車獨立充電系統運作是否正常。 是 否

已達充電狀態

c. 推車系統綜合檢查

1. 將主機系統關機。
2. 檢查 LMS 之電源指示表(>=25VDC)實際量測值 26.7 VDC ✓
3. 若 LMS 電力不足將先充電。
4. 將測繪車開出並停在測繪中心門口人行道上待測。
5. 操縱測試  
正常，測試條件 \_\_\_\_\_  
異常，原因 \_\_\_\_\_
6. 以驗證推車系統完成整體綜合測試。

d. 以上完成推車系統檢查是否符合：符合 ✓

e. 檢驗意見：運作正常 ✓

f. 見證者意見：     

簽名：

執行檢驗者：     

見證者：



三. LMS 測繪車基本檢查與電力系統檢查

a. 電力系統檢查

1. 檢查車上之電源指示表( $\geq 25VDC$ )實際量測值 26.6 VDC。 (若低於 25VDC 將先充電)
2. 連接電源至主機。
3. 連接遠端電腦網路線。
4. 檢查 GNSS 天線盤接線。
5. 啟動電源及開啟遠端電腦並記錄啟動時間：13:46。
6. 按開機程序啟動主機。
7. 啟動全系統包含 GNSS IMU 光達並以每秒一張的速度拍照。
8. 測試時間以每 15 分鐘紀錄電池電壓，共 60 分鐘，填入下表作為電池容量分析。
9. 時間：13:48 電壓：26.4 VDC。
10. 時間：14:03 電壓：26.2 VDC。
11. 時間：14:18 電壓：26.2 VDC。
12. 時間：14:33 電壓：26.2 VDC。
13. 時間：14:48 電壓：26.2 VDC。
14. 完成後關閉主系統。
15. 開始充電以每 15 分鐘紀錄電池電壓，填入下表作為電池容量分析以達到 26.5V 為止，此時系統電池上需充電，待整個檢驗完成後再繼續充電。
16. 時間：15:30 電壓：26.2 VDC。
17. 時間：15:45 電壓：27.3 VDC。→ 已接近充電飽和狀態
18. 時間：/ 電壓：/ VDC。
19. 時間：/ 電壓：/ VDC。

b. 系統輪速計觸發及綜合檢查

1. 將系統架設至車頂。
2. 按外業標準程序啟動系統。
3. 檢視輪速計是否運作正常。  是 trigger 數紀錄 109  否

c. 以上完成 LMS 系統檢查是否符合：符合

d. 檢驗意見：運作正常

e. 見證者意見：正常，輪速計部份以外部測試端。

簽名：

執行檢驗者：晉樹棟

見證者：詹文入

特別測試 輪速計，

同時控制器及 Trigger

以外加設備及原車設備

皆正常

第 4 次保養維護紀錄—109 年 11 月 27 日，發現 NovaTel 衛星接收器無法正常啟動

內政部國土測繪中心  
LMS 保養維護檢查紀錄表

日期：109 年 11 月 27 日  
地點：內政部國土測繪中心  
執行者：吳樹棟  
見證者：陳文亮  
1



10:05 開始更換故障碟

一. 系統基本檢查與內部系統檢查

a. 開機執行基本檢查程序

1. 架設主機於遙控測繪車（以下簡稱推車）上。
2. 檢查推車上之電源指示表(>=25VDC)，實際量測值 27.3 VDC  
若低於 25VDC 將先充電。
3. 連接電源至主機。
4. 連接遠端電腦網路線。
5. 檢查 GNSS 天線盤接線。
6. 啟動電源及開啟遠端電腦並記錄啟動時間：10:39分。
7. 等待系統依序啟動再以遠端桌面(IP:172.20.2.11)連至 1 號電腦。
8. 連接後啟動 GNSS。
9. 檢視 GNSS 程式是否正確啟動。 是 否
10. 按 GNSS 開機程序啟動 Novatel IMU。
11. 檢視 GNSS 衛星是否正常。  
是 GPS 數量 \_\_\_\_\_ GLONASS 數量 \_\_\_\_\_  
否
12. 檢視 Camera 5, 6 是否正確啟動。 是 否
13. 檢視 RTMS 是否正確啟動。 是 否
14. 取下光達保護蓋。
15. 啟動 Google Chrome。
16. 以 IP: 172.20.2.1 進入 LIDAR 系統。
17. 重新啟動遠端桌面連線至二號電腦 (IP: 172.20.2.12)
18. 檢視 Camera 3, 4 是否正確啟動。 是 否
19. 檢視 RTMS 是否正確啟動。 是 否
20. 重新啟動遠端桌面連線至三號電腦 (IP: 172.20.2.13)
21. 檢視 Camera 1, 2 是否正確啟動。 是 否
22. 檢視 RTMS 是否正確啟動。 是 否
23. 重新啟動遠端桌面連線至一號電腦 (IP: 172.20.2.11)
24. 檢視網路磁碟連線況是否正常。 是 否
25. 以上完成開機，基本檢查完成。

Novatel 接收機無法正常啟動  
有告警請原廠協助，仍無效  
經再度開機，似有新作  
但不穩定仍建議取回  
測試檢修，並請原廠  
支援  
另根據專家討論，可  
能是 Novatel 近期  
Firmware 異常造成，  
建議請原廠協助更  
新後再測

經緯公司依本寫字樓規定  
於 109 年 11 月 27 日至本中心辦理  
第 4 次 LMS 定期保養維護作業  
惟於作業時發現 GNSS 接收  
異常，經緯公司初步判定為  
Firmware 異常所  
致，經緯公司已  
近期送原廠處理，本次  
保養作業將俟 GNSS 修製  
後再行辦理，廠商預計  
可於 12 月底前完成。

陳慶文 2020/12/4

第 4 次保養維護紀錄(續)－12 月 14 日，發現輪速計異常，其餘保養維護項目已完成

內政部國土測繪中心  
LMS 保養維護檢查紀錄表

日期：2020 年 12 月 14 日

地點：內政部國土測繪中心

執行者：詹翔霖

見證者：林文彥

1

一. 系統基本檢查與內部系統檢查

a. 開機執行基本檢查程序

1. 架設主機於遙控測繪車（以下簡稱推車）上。
2. 檢查推車上之電源指示表( $\geq 25\text{VDC}$ )，實際量測值 26.5 VDC  
若低於 25VDC 將先充電。
3. 連接電源至主機。
4. 連接遠端電腦網路線。
5. 檢查 GNSS 天線盤接線
6. 啟動電源及開啟遠端電腦並記錄啟動時間：10:42。
7. 等待系統依序啟動再以遠端桌面(IP:172.20.2.11)連至 1 號電腦。
8. 連接後啟動 GNSS。
9. 檢視 GNSS 程式是否正確啟動。 是 否
10. 按 GNSS 開機程序啟動 Novatel IMU。
11. 檢視 GNSS 衛星是否正常。  
是 GPS 數量 7/11 GLONASS 數量 2/7  
否
12. 檢視 Camera 5, 6 是否正確啟動。 是 否
13. 檢視 RTMS 是否正確啟動。 是 否
14. 取下光達保護蓋。
15. 啟動 Google Chrome。
16. 以 IP: 172.20.2.1 進入 LIDAR 系統。
17. 重新啟動遠端桌面連線至二號電腦 (IP: 172.20.2.12)
18. 檢視 Camera 3, 4 是否正確啟動。 是 否
19. 檢視 RTMS 是否正確啟動。 是 否
20. 重新啟動遠端桌面連線至三號電腦 (IP: 172.20.2.13)
21. 檢視 Camera 1, 2 是否正確啟動。 是 否
22. 檢視 RTMS 是否正確啟動。 是 否
23. 重新啟動遠端桌面連線至一號電腦 (IP: 172.20.2.11)
24. 檢視網路磁碟連線況是否正常。 是 否
25. 以上完成開機，基本檢查完成。

b. 系統功能檢查

1. 衛星及 IMU 及相機檢查。
  - 按 GNSS 及 IMU 開機程序啟動系統。
  - 啟動 GNSS log。
  - 操作 RTMS 上的 Trigger 控制以時間或手動產生幾個測試 Trigger。
  - 檢視 log 中的 event count 是否同步增加。 是 否
  - 同時檢視 camera 5, 6 是否執行拍照作業。 是 否
  - 以上完成 GNSS 及相機觸發檢查。



- 以網路磁碟機檢視二號及三號電腦像片儲存檔檢視上述觸發機制及相片。 是 否
- 以上完成檢驗。
- 2. 衛星訊息傳送至 LIDAR 檢查。
  - 啟動 Chrome IP 172.20.2.1/gps 按 'on' 及 'update' 啟動 GPS
  - 檢視 GPS 訊息 GPXGN 及 GPZDA 是 否
  - 啟動 PPS sync 以同步 pps 訊號 是 否
- 3. LIDAR 功能檢查
  - 改至 LIDAR 主控畫面。
  - 按 LIDAR 操作存檔於 t1。
  - 啟動光達。
  - 檢視光達啟動及自我校正。 是 否
  - 檢視光達運作是否正常。 是 否
  - 再確認光達運作正常後按 abort 鍵停止光達。
  - 遠端電腦啟動 FTP 連線至 LIDAR 檢視 t1.zfs 檔案。 是 否
  - 選擇後以網路介面傳回遠端電腦。 是 否
  - 以上完成檢驗
- c. 以上完成主機系統檢查是否符合： 符合
- d. 檢驗意見： 運作正常
- e. 見證者意見： 正常

簽名：

執行檢驗者： 曾樹棟 2020/12/14見證者： 陳文輝



f. 見證者意見：\_\_\_\_\_

簽名：

執行檢驗者：晉樹棟

見證者：詹安鏗 114  
1706

三. LMS 測繪車基本檢查與電力系統檢查

a. 電力系統檢查

1. 檢查車上之電源指示表( $\geq 25VDC$ )實際量測值 26.4 VDC。  
(若低於 25VDC 將先充電)
2. 連接電源至主機。
3. 連接遠端電腦網路線。
4. 檢查 GNSS 天線盤接線。
5. 啟動電源及開啟遠端電腦並記錄啟動時間：14:50。
6. 按開機程序啟動主機。
7. 啟動全系統包含 GNSS IMU 光達並以每秒一張的速度拍照。
8. 測試時間以每 15 分鐘紀錄電池電壓，共 60 分鐘，填入下表作為電池容量分析。
9. 時間：14:50 電壓：26.4 VDC。
10. 時間：15:05 電壓：26.0 VDC。
11. 時間：15:20 電壓：25.9 VDC。
12. 時間：15:35 電壓：25.8 VDC。
13. 時間：15:50 電壓：25.6 VDC。
14. 完成後關閉主系統。
15. 開始充電以每 15 分鐘紀錄電池電壓，填入下表作為電池容量分析以達到 26.5V 為止，此時系統電池上需充電，待整個檢驗完成後再繼續充電。
16. 時間：16:05 電壓：25.7 VDC。
17. 時間：16:11 電壓：27.2 VDC。
18. 時間：         電壓：         VDC。
19. 時間：         電壓：         VDC。

b. 系統輪速計觸發及綜合檢查

1. 將系統架設至車頂。
2. 按外業標準程序啟動系統。
3. 檢視輪速計是否運作正常。  
 輪速計  
 不正常  
 是 trigger 數紀錄  否

c. 以上完成 LMS 系統檢查是否符合：車載輪速計異常，其餘系統正常

d. 檢驗意見：需檢查輪速計

e. 見證者意見：輪速計功能不正常部份，請經緯公司儘速安排檢  
修，於 109 年 12 月底前辦竣保養及修復作業。

簽名：

執行檢驗者：詹松輝

見證者：鍾美蘭

第 4 次保養維護紀錄(續)－12 月 19 日，完成輪速計檢測，影片紀錄輪速計運作正常

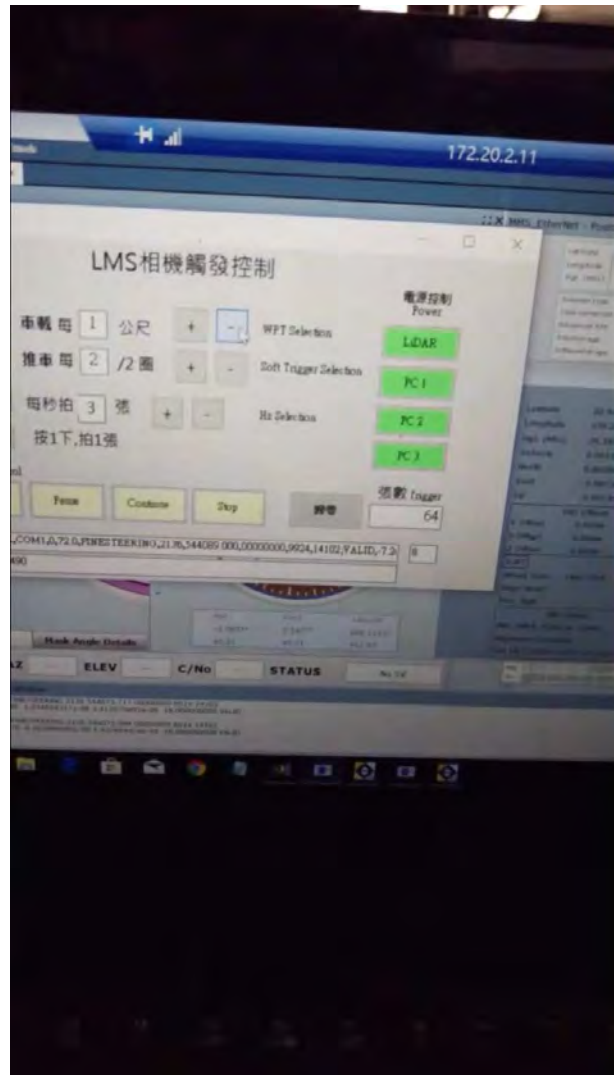


(1)設定輪速計觸發拍照，原拍照張數 62

(2)車輛為架高狀態



(3)以手轉動輪子



(4)拍照張數變為 64，表示輪速計功能正常

## 附錄十二 校正報告（草案）

### 一、路線 1

#### 1. 封面首頁

# 校正報告（草案）

校正項目：車載光達

報告日期：xx 年 xx 月 xx 日

報告編號：Iyyymmddaabb

儀器名稱：國土測繪中心 LMS

廠牌型號：Pentax/S-2100

儀器序號：XXXXXX

送校單位：國土測繪中心

地 址：臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓

上述儀器經本實驗室校正，結果如內文。

本報告含封面及 8 頁內文，分離使用無效。

報告簽署人



內政部國土測繪中心測量儀器校正實驗室

臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓

2.封面內頁

## 校正報告使用說明

- 1.內政部國土測繪中心測量儀器校正實驗室（以下簡稱本實驗室）執行車載光達校正作業（以下簡稱本校正作業）所產生的校正結果詳列於本報告內，僅對本校正件負責。
- 2.本報告內的數值是本實驗室環境下執行校正所得的結果。爾後使用該校正件時，儀器之準確度則依使用時之環境狀況與使用頻率而定。
- 3.未得到本實驗室同意，本報告不得節錄或部分複製，但全部複製除外。
- 4.為確保校正件之準確度，請依送校單位訂定之校正週期，按時送校。



3.報告內容

內政部國土測繪中心測量儀器校正實驗室

臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓

報告編號：Iyyymmddaabb

校正項目：車載光達

收件日期：yyyy 年 mm 月 dd 日

廠牌：Pentax

校正(掃描)日期：2020 年 11 月 18 日

型號：S2100

作業地點：車載光達校正場

序號：XXXXXX

參考值作業年度編號：yyynn

參考值發布日期：yyyy 年 mm 月 dd 日

校正結果與說明

一、校正結果：

1.平面方向幾何校正

| 序號 | 校正標編號 | 校正標類型<br>地面/牆面<br>(水平距離) | 橫坐標器差<br>(mm)<br>$E_m - E_r$ | 縱坐標器<br>差(mm)<br>$N_m - N_r$ | 平面方向器差(mm)<br>$\Delta$<br>$S = ((E_m - E_r)^2 + (N_m - N_r)^2)^{0.5}$ | 平面方向<br>擴充不確定度<br>(mm) |
|----|-------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|---|------------------------|
| 1  | G01   | 地面                       | 27                           | 32                           | 42  | 96                     |
| 2  | G02   | 地面                       | 24                           | 56                           | 61  | 96                     |
| 3  | G03   | 地面                       | -30                          | 38                           | 48  | 96                     |
| 4  | G04   | 地面                       | -27                          | 18                           | 33  | 96                     |
| 5  | G05   | 地面                       | -34                          | 24                           | 41  | 96                     |
| 6  | G06   | 地面                       | -20                          | 7                            | 21  | 96                     |
| 7  | G07   | 地面                       | -16                          | -3                           | 16  | 96                     |
| 8  | G08   | 地面                       | 8                            | -18                          | 19  | 96                     |
| 9  | P01   | 水平距離<br>10m              | -1                           | 27                           | 28  | 96                     |
| 10 | P02   | 水平距離<br>10m              | -7                           | 25                           | 26  | 96                     |
| 11 | P03   | 水平距離<br>10m              | -8                           | 27                           | 29  | 96                     |
| 12 | P04   | 水平距離<br>10m              | -3                           | 27                           | 27  | 96                     |
| 13 | P05   | 水平距離<br>10m              | -17                          | 22                           | 29  | 96                     |
| 14 | P06   | 水平距離<br>10m              | -12                          | 28                           | 30  | 96                     |
| 15 | P07   | 水平距離<br>10m              | 26                           | 1                            | 26  | 96                     |
| 16 | P08   | 水平距離<br>10m              | 33                           | 1                            | 33  | 96                     |

| 序號 | 校正標編號 | 校正標類型<br>地面/牆面<br>(水平距離) | 橫坐標器差<br>(mm)<br>$E_m - E_r$ | 縱坐標器<br>差(mm)<br>$N_m - N_r$ | 平面方向器差(mm)<br>$\Delta$<br>$S = ((E_m - E_r)^2 + (N_m - N_r)^2)^{0.5}$ | 平面方向<br>擴充不確定度<br>(mm) |
|----|-------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|---|------------------------|
| 17 | P09   | 水平距離<br>10m              | 1                            | 22                           | 23  | 96                     |
| 18 | P10   | 水平距離<br>10m              | 4                            | 15                           | 16  | 96                     |
| 19 | P11   | 水平距離<br>10m              | 11                           | 12                           | 17  | 96                     |
| 20 | P12   | 水平距離<br>10m              | 6                            | 15                           | 16  | 96                     |
| 21 | P01   | 水平距離<br>27m              | 0                            | 7                            | 7   | 96                     |
| 22 | P02   | 水平距離<br>27m              | 7                            | 1                            | 7   | 96                     |
| 23 | P03   | 水平距離<br>27m              | -3                           | 6                            | 6   | 96                     |
| 24 | P04   | 水平距離<br>27m              | 7                            | 11                           | 13  | 96                     |
| 25 | P05   | 水平距離<br>27m              | -11                          | 13                           | 17  | 96                     |
| 26 | P06   | 水平距離<br>27m              | 10                           | 14                           | 17  | 96                     |
| 27 | P11   | 水平距離<br>27m              | 22                           | 15                           | 27  | 96                     |
| 28 | P12   | 水平距離<br>27m              | 37                           | 9                            | 38  | 96                     |

平面方向器差均方根值：28 mm

※橫坐標器差及縱坐標器差之成果，係配合擴充不確定度有效位數修整顯示；平面方向器差係由非修整位數前之橫坐標器差及縱坐標器差計算而得，倘逕由表中成果計算將存有進位誤差。

#### 2. 高程方向幾何校正

| 序號 | 校正標編號 | 校正標類型<br>地面/牆面(水平距離) | 高程方向器差(mm)<br>$h_m - h_r$ | 高程方向<br>擴充不確定度(mm) |
|----|-------|----------------------|---------------------------|--------------------|
| 1  | G01   | 地面                   | -13                       | 98                 |
| 2  | G02   | 地面                   | -5                        | 98                 |
| 3  | G03   | 地面                   | -15                       | 98                 |
| 4  | G04   | 地面                   | -11                       | 98                 |
| 5  | G05   | 地面                   | -16                       | 98                 |
| 6  | G06   | 地面                   | -19                       | 98                 |
| 7  | G07   | 地面                   | -14                       | 98                 |

| 序號 | 校正物<br>編號 | 校正標類型<br>地面/牆面(水平距離) | 高程方向器差(mm)<br>$h_m-h_r$ | 高程方向<br>擴充不確定度(mm) |
|----|-----------|----------------------|-------------------------|--------------------|
| 8  | G08       | 地面                   | -13                     | 98                 |
| 9  | P01       | 水平距離 10m             | -44                     | 98                 |
| 10 | P02       | 水平距離 10m             | -46                     | 98                 |
| 11 | P03       | 水平距離 10m             | -33                     | 98                 |
| 12 | P04       | 水平距離 10m             | -23                     | 98                 |
| 13 | P05       | 水平距離 10m             | -24                     | 98                 |
| 14 | P06       | 水平距離 10m             | -17                     | 98                 |
| 15 | P07       | 水平距離 10m             | -34                     | 98                 |
| 16 | P08       | 水平距離 10m             | -41                     | 98                 |
| 17 | P09       | 水平距離 10m             | -30                     | 98                 |
| 18 | P10       | 水平距離 10m             | -19                     | 98                 |
| 19 | P11       | 水平距離 10m             | -34                     | 98                 |
| 20 | P12       | 水平距離 10m             | 45                      | 98                 |
| 21 | P01       | 水平距離 27m             | -60                     | 98                 |
| 22 | P02       | 水平距離 27m             | -71                     | 98                 |
| 23 | P03       | 水平距離 27m             | -37                     | 98                 |
| 24 | P04       | 水平距離 27m             | -48                     | 98                 |
| 25 | P05       | 水平距離 27m             | -32                     | 98                 |
| 26 | P06       | 水平距離 27m             | -35                     | 98                 |
| 27 | P11       | 水平距離 27m             | -15                     | 98                 |
| 28 | P12       | 水平距離 27m             | 76                      | 98                 |

高程方向器差均方根值：46 mm

### 3.符合性聲明

3.1 本報告以「XXXXXXXXX 規定」(版本)之內容為判斷標準。

3.2 本符合性聲明採用之決定規則係使用「XXXXXXXXX 規定」(版本)進行判定。

### 3.3 符合性判斷結果

|      | 器差均方根值(mm) | 規範標準(mm) | 判斷結果          |
|------|------------|----------|---------------|
| 平面方向 |            |          | <u>通過/不通過</u> |
| 高程方向 |            |          | <u>通過/不通過</u> |

註 1：車載光達資訊

(顧客提供車載光達各項參數規格時使用)

| 雷射掃描儀           |   |                  |        |
|-----------------|---|------------------|--------|
| 測距精度            | 1 mm                                    | 掃描角解析度           | 2.1 “  |
| 掃描發散角           | 51.6 “                                  |                  |        |
| 衛星定位系統 GNSS     |   |                  |        |
| 廠牌\型號\序號        | NovAtel ProPak6TM \ iMAR-FSAS \ XXXXXXX |                  |        |
| 平面定位精度          | 10 mm                                   | 高程定位精度           | 15 mm  |
| 慣性測量元件 IMU      |   |                  |        |
| 廠牌\型號\序號        | NovAtel \ IMU-FSAS \ XXXXXXX            |                  |        |
| $\omega$ 方向定向精度 | 14.4 “                                  | $\varphi$ 方向定向精度 | 14.4 “ |
| $\kappa$ 方向定向精度 | 0.01 “                                  | 姿態角解析度           | 0.8 “  |

(顧客提供車載光達系統整合精度時使用)

| 車載光達 |          |
|------|----------|
| 平面精度 | _____ mm |
| 高程精度 | _____ mm |

## 內政部國土測繪中心測量儀器校正實驗室

臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓

報告編號：Iyyyymmddaabb

### 二、校正說明：

#### 1. 校正日期與地點

本校正作業係於 yyyy 年 mm 月 dd 日執行車載掃描。本實驗室設置之車載光達校正場位於交通部運輸研究所港灣技術研究中心內，校正場內設置牆面校正標 12 個與地面校正標 8 個，位置及分布如下圖。



車載光達校正場範圍及校正標分布

#### 2. 校正方法

2.1 本校正係依據本實驗室「車載光達校正作業程序」實施。

2.2 校正場之校正標中心坐標參考值，係利用電子測距經緯儀與衛星定位測量技術求得，計算流程如下：

2.2.1 使用納為工作標準件之衛星定位儀觀測 4 個網形控制點，採衛星訊號記錄間隔為 5 秒用之設定辦理同步觀測，不間斷觀測應達 3 小時，共觀測 2 個時段（上午與下午）。以 XXX 投影坐標 ( $E = \text{XXXXXXXX m}$ ,  $N = \text{XXXXXXXX m}$ ,  $h = \text{XXX m}$ ) 為坐標起算點，計算其他 3 個網形控制點投影坐標，作為網形坐標成果計算依據。

## 內政部國土測繪中心測量儀器校正實驗室

臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓

報告編號：Iyyyymmddaabb

- 2.2.2 使用多組工作標準件衛星定位儀，連續且同步觀測基準點，每個時段連續觀測應達 60 分，衛星訊號資料記錄間格為 5 秒，觀測衛星顆數應大於 4，PDOP 值需在 6 以下。測量規劃使基線向量形成閉合的幾何圖形，以增加成果的可靠度和精度。
- 2.2.3 採用衛星定位測量資料處理軟體計算各時段基線 (Baseline) 成果，另採用本中心衛星測量基線網形平差系統軟體工具，以最小約制平差技術進行網形初步平差，並辦理基線成果品質分析，包括基線重複性分析、觀測數據偵錯、離群值數據剔除及觀測網形閉合差分析等處理。以強制附合平差技術計算基準點的投影坐標。
- 2.2.4 使用納為工作標準件之電子測距經緯儀進行測量，並採光線法計算觀測數據以獲得校正標中心三維坐標做為參考值 ( $E_r, N_r, h_r$ )
- 2.3 顧客依協議以校正件於校正場執行掃描，掃描路線如下圖。本實驗室依據顧客提供校正件掃描所得之點雲成果及其他相關資料，執行車載光達校正分析。



掃描路線

- 2.4 車載光達取得校正標量測值之作業流程如下：

- 2.4.1 利用強度影像顯示模式，篩選掃描路線中 2、7、9、13、15 與 20 路段之點雲。倘掃描成果分布明顯與前開校正標範圍不符，且經判斷可用校正標數量少於 1/2 無法繼續作業者，則通知顧客重新辦理車載光達掃描作業或予以退件。

## 內政部國土測繪中心測量儀器校正實驗室

臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓

報告編號：Iyyyyymmddaabb

2.4.2 以人工方式於各路段點雲量測校正標中心，將所得點雲成果輸出為三維坐標成果，即為校正物之坐標量測值 ( $E_m, N_m, h_m$ )。

2.5 將校正標中心之坐標參考值，與校正件掃描所得之校正標中心坐標量測值，計 xx 組，進行器差計算，器差值計算方程式如下：

$$\begin{bmatrix} \Delta E \\ \Delta N \\ \Delta h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_m \\ N_m \\ h_m \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} E_r \\ N_r \\ h_r \end{bmatrix}$$

$\Delta E$ ：平面橫軸方向器差。 $\Delta N$ ：平面縱軸方向器差。 $\Delta h$ ：高程方向器差。

$E_m, N_m, h_m$ ：校正物坐標量測值。 $E_r, N_r, h_r$ ：校正物坐標參考值。

### 3. 校正用工作標準件

| 工作標準件 | 廠牌/型號/序號          | 校正報告編號 | 最近校正日期 | 校正週期   | 校正單位   |
|-------|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| 衛星接收儀 | Topcon NET-G3A    | XXXXXX | XXXXXX | XXXXXX | XXXXXX |
| 衛星接收儀 | Trimble R8s       | XXXXXX | XXXXXX | XXXXXX | XXXXXX |
| 全測站儀  | Sokkia SET3-30RK3 | XXXXXX | XXXXXX | XXXXXX | XXXXXX |

### 4. 擴充不確定度

4.1 本校正系統依據本實驗室「車載光達校正系統評估」進行評估。

4.2 本校正報告中之擴充不確定度，係組合標準不確定度與涵蓋因子（平面坐標方向  $k=X.XX$ ，高程方向  $k=X.XX$ ）之乘積，相對應約為 95% 之信賴水準。

### 三、參考資料

1. 「車載光達校正作業程序」，SICL-X-XX-X，X 版，內政部國土測繪中心，民國 109 年。
2. 「車載光達校正系統評估」，SICL-X-XX-X，X 版，內政部國土測繪中心，民國 109 年。

## 二、路線 2

### 1.封面首頁

# 校正報告(草案)

校正項目：車載光達

報告日期：xx 年 xx 月 xx 日

報告編號：Iyyyymmddaabb

儀器名稱：國土測繪中心 LMS

廠牌型號：Pentax/S-2100

儀器序號：XXXXXX

送校單位：國土測繪中心

地 址：臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓

上述儀器經本實驗室校正，結果如內文。

本報告含封面及 8 頁內文，分離使用無效。

報告簽署人



內政部國土測繪中心測量儀器校正實驗室

臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓



2.封面內頁

## 校正報告使用說明

- 1.內政部國土測繪中心測量儀器校正實驗室（以下簡稱本實驗室）執行車載光達校正作業（以下簡稱本校正作業）所產生的校正結果詳列於本報告內，僅對本校正件負責。
- 2.本報告內的數值是本實驗室環境下執行校正所得的結果。爾後使用該校正件時，儀器之準確度則依使用時之環境狀況與使用頻率而定。
- 3.未得到本實驗室同意，本報告不得節錄或部分複製，但全部複製除外。
- 4.為確保校正件之準確度，請依送校單位訂定之校正週期，按時送校。

## 3. 報告內容

## 內政部國土測繪中心測量儀器校正實驗室

臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓

報告編號：Iyyymmddaabb

校正項目：車載光達

收件日期：yyyy 年 mm 月 dd 日

廠牌：Pentax

校正(掃描)日期：2020 年 11 月 18 日

型號：S2100

作業地點：車載光達校正場

序號：XXXXXX

參考值作業年度編號：yyynn

參考值發布日期：yyyy 年 mm 月 dd 日

## 校正結果與說明

## 一、校正結果：

## 1. 平面方向幾何校正

| 序號 | 校正標<br>編號 | 校正標類型<br>地面/牆面<br>(水平距離) | 橫坐標器差<br>(mm)<br>$E_m - E_r$ | 縱坐標器<br>差(mm)<br>$N_m - N_r$ | 平面方向器差(mm)<br>$\Delta$<br>$S = ((E_m - E_r)^2 + (N_m - N_r)^2)^{0.5}$ | 平面方向<br>擴充不確定度<br>(mm) |
|----|-----------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|---|------------------------|
| 1  | G01       | 地面                       | 33                           | 30                           | 44  | 96                     |
| 2  | G02       | 地面                       | 18                           | 53                           | 56  | 96                     |
| 3  | G03       | 地面                       | -27                          | 35                           | 44  | 96                     |
| 4  | G04       | 地面                       | -33                          | 24                           | 41  | 96                     |
| 5  | G05       | 地面                       | -32                          | 27                           | 42  | 96                     |
| 6  | G06       | 地面                       | -41                          | 20                           | 46  | 96                     |
| 7  | G07       | 地面                       | -34                          | 13                           | 36  | 96                     |
| 8  | G08       | 地面                       | -12                          | 1                            | 12  | 96                     |
| 9  | P01       | 水平距離<br>10m              | -4                           | 17                           | 17  | 96                     |
| 10 | P02       | 水平距離<br>10m              | -14                          | 30                           | 33  | 96                     |
| 11 | P03       | 水平距離<br>10m              | -21                          | 28                           | 35  | 96                     |
| 12 | P04       | 水平距離<br>10m              | -20                          | 30                           | 36  | 96                     |
| 13 | P05       | 水平距離<br>10m              | -22                          | 24                           | 33  | 96                     |
| 14 | P06       | 水平距離<br>10m              | -24                          | 30                           | 38  | 96                     |
| 15 | P07       | 水平距離<br>10m              | -4                           | 11                           | 12  | 96                     |
| 16 | P08       | 水平距離<br>10m              | 9                            | -9                           | 13  | 96                     |

| 序號 | 校正標編號 | 校正標類型<br>地面/牆面<br>(水平距離) | 橫坐標器差<br>(mm)<br>$E_m - E_r$ | 縱坐標器<br>差(mm)<br>$N_m - N_r$ | 平面方向器差(mm)<br>$\Delta$<br>$S = ((E_m - E_r)^2 + (N_m - N_r)^2)^{0.5}$ | 平面方向<br>擴充不確定度<br>(mm) |
|----|-------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|---|------------------------|
| 17 | P09   | 水平距離<br>10m              | -3                           | 4                            | 5   | 96                     |
| 18 | P10   | 水平距離<br>10m              | -6                           | 3                            | 7   | 96                     |
| 19 | P11   | 水平距離<br>10m              | 2                            | 19                           | 19  | 96                     |
| 20 | P12   | 水平距離<br>10m              | 4                            | 25                           | 25  | 96                     |
| 21 | P01   | 水平距離<br>27m              | -40                          | 37                           | 55  | 96                     |
| 22 | P02   | 水平距離<br>27m              | -33                          | 27                           | 43  | 96                     |
| 23 | P03   | 水平距離<br>27m              | -29                          | 29                           | 41  | 96                     |
| 24 | P04   | 水平距離<br>27m              | -22                          | 29                           | 36  | 96                     |
| 25 | P05   | 水平距離<br>27m              | -48                          | 39                           | 61  | 96                     |
| 26 | P06   | 水平距離<br>27m              | -47                          | 41                           | 63  | 96                     |
| 27 | P11   | 水平距離<br>27m              | 55                           | 0                            | 55  | 96                     |
| 28 | P12   | 水平距離<br>27m              | 64                           | 2                            | 64  | 96                     |

平面方向器差均方根值：40 mm

※橫坐標器差及縱坐標器差之成果，係配合擴充不確定度有效位數修整顯示；平面方向器差係由非修整位數前之橫坐標器差及縱坐標器差計算而得，倘逕由表中成果計算將存有進位誤差。

#### 2. 高程方向幾何校正

| 序號 | 校正標編號 | 校正標類型<br>地面/牆面(水平距離) | 高程方向器差(mm)<br>$h_m - h_r$ | 高程方向<br>擴充不確定度(mm) |
|----|-------|----------------------|---------------------------|--------------------|
| 1  | G01   | 地面                   | -11                       | 98                 |
| 2  | G02   | 地面                   | -17                       | 98                 |
| 3  | G03   | 地面                   | -15                       | 98                 |
| 4  | G04   | 地面                   | -11                       | 98                 |
| 5  | G05   | 地面                   | 2                         | 98                 |
| 6  | G06   | 地面                   | 16                        | 98                 |
| 7  | G07   | 地面                   | 29                        | 98                 |

| 序號 | 校正物<br>編號 | 校正標類型<br>地面/牆面(水平距離) | 高程方向器差(mm)<br>$h_m-h_r$ | 高程方向<br>擴充不確定度(mm) |
|----|-----------|----------------------|-------------------------|--------------------|
| 8  | G08       | 地面                   | 35                      | 98                 |
| 9  | P01       | 水平距離 10m             | -51                     | 98                 |
| 10 | P02       | 水平距離 10m             | -48                     | 98                 |
| 11 | P03       | 水平距離 10m             | -21                     | 98                 |
| 12 | P04       | 水平距離 10m             | -35                     | 98                 |
| 13 | P05       | 水平距離 10m             | -5                      | 98                 |
| 14 | P06       | 水平距離 10m             | -21                     | 98                 |
| 15 | P07       | 水平距離 10m             | -31                     | 98                 |
| 16 | P08       | 水平距離 10m             | -38                     | 98                 |
| 17 | P09       | 水平距離 10m             | -18                     | 98                 |
| 18 | P10       | 水平距離 10m             | -10                     | 98                 |
| 19 | P11       | 水平距離 10m             | 19                      | 98                 |
| 20 | P12       | 水平距離 10m             | 107                     | 98                 |
| 21 | P01       | 水平距離 27m             | 1                       | 98                 |
| 22 | P02       | 水平距離 27m             | -11                     | 98                 |
| 23 | P03       | 水平距離 27m             | -11                     | 98                 |
| 24 | P04       | 水平距離 27m             | 5                       | 98                 |
| 25 | P05       | 水平距離 27m             | 10                      | 98                 |
| 26 | P06       | 水平距離 27m             | 17                      | 98                 |
| 27 | P11       | 水平距離 27m             | -12                     | 98                 |
| 28 | P12       | 水平距離 27m             | 52                      | 98                 |

高程方向器差均方根值：51 mm

3.符合性聲明

3.1 本報告以「XXXXXXXXX 規定」(版本)之內容為判斷標準。

3.2 本符合性聲明採用之決定規則係使用「XXXXXXXXX 規定」(版本)進行判定。

3.3 符合性判斷結果

|      | 器差均方根值(mm) | 規範標準(mm) | 判斷結果   |
|------|------------|----------|--------|
| 平面方向 |            |          | 通過/不通過 |
| 高程方向 |            |          | 通過/不通過 |

註 1：車載光達資訊

(顧客提供車載光達各項參數規格時使用)

| 雷射掃描儀           |   |                  |        |
|-----------------|---|------------------|--------|
| 測距精度            | 1 mm                                    | 掃描角解析度           | 2.1 “  |
| 掃描發散角           | 51.6 “                                  |                  |        |
| 衛星定位系統 GNSS     |   |                  |        |
| 廠牌\型號\序號        | NovAtel ProPak6TM \ iMAR-FSAS \ XXXXXXX |                  |        |
| 平面定位精度          | 10 mm                                   | 高程定位精度           | 15 mm  |
| 慣性測量元件 IMU      |   |                  |        |
| 廠牌\型號\序號        | NovAtel \ IMU-FSAS \ XXXXXXX            |                  |        |
| $\omega$ 方向定向精度 | 14.4 “                                  | $\varphi$ 方向定向精度 | 14.4 “ |
| $\kappa$ 方向定向精度 | 0.01 “                                  | 姿態角解析度           | 0.8 “  |

(顧客提供車載光達系統整合精度時使用)

| 車載光達 |          |
|------|----------|
| 平面精度 | _____ mm |
| 高程精度 | _____ mm |

## 內政部國土測繪中心測量儀器校正實驗室

臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓

報告編號：Iyyyymmddaabb

### 二、校正說明：

#### 1. 校正日期與地點

本校正作業係於 yyyy 年 mm 月 dd 日執行車載掃描。本實驗室設置之車載光達校正場位於交通部運輸研究所港灣技術研究中心內，校正場內設置牆面校正標 12 個與地面校正標 8 個，位置及分布如下圖。



車載光達校正場範圍及校正標分布

#### 2. 校正方法

2.1 本校正係依據本實驗室「車載光達校正作業程序」實施。

2.2 校正場之校正標中心坐標參考值，係利用電子測距經緯儀與衛星定位測量技術求得，計算流程如下：

2.2.1 使用納為工作標準件之衛星定位儀觀測 4 個網形控制點，採衛星訊號記錄間隔為 5 秒用之設定辦理同步觀測，不間斷觀測應達 3 小時，共觀測 2 個時段（上午與下午）。以 XXX 投影坐標 ( $E = \text{XXXXXXXX m}$ ,  $N = \text{XXXXXXXX m}$ ,  $h = \text{XXX m}$ ) 為坐標起算點，計算其他 3 個網形控制點投影坐標，作為網形坐標成果計算依據。

### 內政部國土測繪中心測量儀器校正實驗室

臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓

報告編號：lyyyymmddaabb

- 2.2.2 使用多組工作標準件衛星定位儀，連續且同步觀測基準點，每個時段連續觀測應達 60 分，衛星訊號資料記錄間格為 5 秒，觀測衛星顆數應大於 4，PDOP 值需在 6 以下。測量規劃使基線向量形成閉合的幾何圖形，以增加成果的可靠度和精度。
- 2.2.3 採用衛星定位測量資料處理軟體計算各時段基線 (Baseline) 成果，另採用本中心衛星測量基線網形平差系統軟體工具，以最小約制平差技術進行網形初步平差，並辦理基線成果品質分析，包括基線重複性分析、觀測數據偵錯、離群值數據剔除及觀測網形閉合差分析等處理。以強制附合平差技術計算基準點的投影坐標。
- 2.2.4 使用納為工作標準件之電子測距經緯儀進行測量，並採光線法計算觀測數據以獲得校正標中心三維坐標做為參考值 ( $E_r, N_r, h_r$ )
- 2.3 顧客依協議以校正件於校正場執行掃描，掃描路線如下圖。本實驗室依據顧客提供校正件掃描所得之點雲成果及其他相關資料，執行車載光達校正分析。



掃描路線

- 2.4 車載光達取得校正標量測值之作業流程如下：
- 2.4.1 利用強度影像顯示模式，篩選掃描路線中 2、7、10、14、16 與 21 路段之點雲。倘掃描成果分布明顯與前開校正標範圍不符，且經判斷可用校正標數量少於 1/2 無法繼續作業者，則通知顧客重新辦理車載光達掃描作業或予以退件。

## 內政部國土測繪中心測量儀器校正實驗室

臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓

報告編號：Iyyyyymmddaabb

2.4.2 以人工方式於各路段點雲量測校正標中心，將所得點雲成果輸出為三維坐標成果，即為校正物之坐標量測值 ( $E_m, N_m, h_m$ )。

2.5 將校正標中心之坐標參考值，與校正件掃描所得之校正標中心坐標量測值，計 xx 組，進行器差計算，器差值計算方程式如下：

$$\begin{bmatrix} \Delta E \\ \Delta N \\ \Delta h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_m \\ N_m \\ h_m \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} E_r \\ N_r \\ h_r \end{bmatrix}$$

$\Delta E$ ：平面橫軸方向器差。 $\Delta N$ ：平面縱軸方向器差。 $\Delta h$ ：高程方向器差。

$E_m, N_m, h_m$ ：校正物坐標量測值。 $E_r, N_r, h_r$ ：校正物坐標參考值。

### 3. 校正用工作標準件

| 工作標準件 | 廠牌/型號/序號          | 校正報告編號 | 最近校正日期 | 校正週期   | 校正單位   |
|-------|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| 衛星接收儀 | Topcon NET-G3A    | XXXXXX | XXXXXX | XXXXXX | XXXXXX |
| 衛星接收儀 | Trimble R8s       | XXXXXX | XXXXXX | XXXXXX | XXXXXX |
| 全測站儀  | Sokkia SET3-30RK3 | XXXXXX | XXXXXX | XXXXXX | XXXXXX |

### 4. 擴充不確定度

4.1 本校正系統依據本實驗室「車載光達校正系統評估」進行評估。

4.2 本校正報告中之擴充不確定度，係組合標準不確定度與涵蓋因子（平面坐標方向  $k=X.XX$ ，高程方向  $k=X.XX$ ）之乘積，相對應約為 95% 之信賴水準。

### 三、參考資料

1. 「車載光達校正作業程序」，SICL-X-XX-X，X 版，內政部國土測繪中心，民國 109 年。
2. 「車載光達校正系統評估」，SICL-X-XX-X，X 版，內政部國土測繪中心，民國 109 年。



### 附錄十三 投稿論文摘要

本計畫依契約書之需求規格書項目【貳、六、(五)】辦理成果發表規劃，提出論文投稿(初稿)1 篇，期刊或研討會可選擇國土測繪與空間資訊期刊(每年一及七月出刊)、地籍測量學會會刊(每年三、六、九、十二月出版)、110 年測量研討會(每年八月底至九月初辦理)。相關成果論文摘要如下：

## 光達測繪車校正系統建置作業

### 摘要

內政部國土測繪中心為提升空間資料蒐集及圖資更新效率，參考國內外車載移動測繪系統經驗，於 106 至 107 年建置光達式移動測繪系統（以下簡稱光達測繪車），並於 108 年辦理光達測繪車率定作業相關之研究，為接續研究成果，規劃自 109 年起辦理光達測繪車校正系統相關建置作業，包含校正理論與方法之確認，校正標材質與標形評估測試、設計與製作、校正場規劃與建置、校正實作、成果分析、TAF 校正領域認證作業先期評估、校正場資料處理工具開發與 LMS 軟硬體保養維護作業等。

其中校正標經過材質、尺寸之實測確認，於牆面設計可拆式的磁吸式安裝校正標，考量到校正場位於交通部運輸研究所港灣研究中心，該處靠近海邊、風速較強，特別加強抗風性設計，經實際安裝後，具有拆裝方便與穩固性高之特點，符合本校正作業之需求。

有關校正場建置工作，經過網形控制點與固定點的衛星定位測量，確定校正場內固定點之坐標，後經校正標穩定性測試，於校正程序中制訂相關作業規範，於校正作業時利用固定點以全測站儀量測校正標中心參考值，並規劃光達測繪車掃描路線，經兩次校正實作，確認校正程序執行成果良好，所產出校正結果能確實反映 LMS 之測繪能力，經評估可應用於光達測繪車測繪案件，例如高精地圖之測製。

關鍵字：車載移動測繪系統、光達系統、定位定向系統、校正作業、ISO17025:2017

## 附錄十四 遵守性別工作平等法之規定辦理情形及作業人力之性別分析及統計之說明資料

本團隊謹遵性別工作平等法，對求職者或受僱者之招募、甄試、進用、分發、配置、考績或陞遷等，不因性別或性傾向而有差別待遇。本案團隊組織由 11 位專業技術人員組成，組織作業人員之組成為考量個別專業能力，適材適用，尊重並維護員工權益，排除性別與年齡歧視障礙，促進工作平等並營造友善工作環境，進而於專案期限內完成各項工作內容。

本團隊男女組成比例如下性別統計表所列，男性約占 91%，女性約占 9%。此外，除了由具備豐富專案經驗的資深專業人員帶領團隊主要工作項目之執行，基於培訓人才與經驗傳承的考量，本團隊各分組皆包含年資較淺的作業人員，透過各式教育訓練資源，培養相關專業，團隊組成人員年資以 10 年為分界之統計，其中 10 年以上年資約占 64%，而未滿 10 年年資約占 36%，如下年資統計表。

### 專案團隊作業人力性別統計表

| 生理性別 | 男      | 女     |
|------|--------|-------|
| 人數統計 | 10     | 1     |
| 比例   | 90.91% | 9.09% |

### 專案團隊作業人力工作年資統計表

| 工作年資 | 10 年以上 | 未滿 10 年 |
|------|--------|---------|
| 人數統計 | 7      | 4       |
| 比例   | 63.64% | 36.36%  |

## 附錄十五 參考文獻

1. 國土測繪中心，106 及 107 年度發展車載移動測繪系統(MMS)作業採購案工作總報告修訂版，2018，內政部。
2. 國土測繪中心，108 年度發展光達移動測繪系統(LMS)作業採購案工作總報告修訂版，2019，內政部。
3. El-Sheimy, N. (1996): The development of VISAT - A mobile survey system for GIS applications, Department of Geomatics Engineering, The University of Calgary, Calgary, Canada.
4. Sithole, G., (2001): Filtering of laser altimetry data using a slope adaptive filter, International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 34(3/W4), pp. 203-210.
5. <http://www.terrasolid.com/>
6. <http://www.zf-laser.com>
7. <http://www.geosat.com.tw/>
8. <http://pentaxsurveying.eu.com/en/>
9. <https://www.flir.com/products/grasshopper3-usb3/>
10. <https://novatel.com/>
11. [https://docs.novatel.com/oem7/Content/Technical\\_Specs\\_IMU/FSAS\\_Overview.htm](https://docs.novatel.com/oem7/Content/Technical_Specs_IMU/FSAS_Overview.htm)



內政部國土測繪中心

地址：臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓

網址：[www.nlsc.gov.tw](http://www.nlsc.gov.tw)

總機：(04) 22522966

傳真：(04) 22592533