113年度澎湖及南投仁愛地區 LiDAR 技術更新數值地形模型成果檢核與監審工作

QA/QC of updating Penghu & Nantou DTM by LiDAR technique - 2024

工作總報告 Final Report

標 案 案 號:NLSC-113-63

主辦機關:內政部國土測繪中心

執行單位:國立成功大學

中華民國 113 年 12 月

摘要

高解析度 DTM 資料應用於災區潛在大規模崩塌調查成果,對政府防減災規劃與國土保育工作,提供重要的決策依據。目前政府已完成臺灣本島以空載光達測製之 DTM 資料,然而臺灣易受颱風地震影響造成大面積地貌變遷,後續持續更新圖資也是國家防災的重要環節。內政部報經行政院核定推動「落實智慧國土-國土測繪圖資更新及維運計畫(105-109)」及「邁向 3D 智慧國土-國家底圖空間資料基礎建設計畫(110-114年)」專案後,已從 105 年起以 LiDAR技術更新數值地形模型成果測製工作案。

內政部國土測繪中心規劃辦理更新作業,除 112 年及 113 年持續規劃更新臺灣本島東部及南部地區範圍合計 1,702 幅外,另規劃「112 年及 113 年嘉南地區 LiDAR 技術更新數值地形模型成果檢核與監審工作採購案」87 幅成果(已結案)及「113 年度澎湖及南投仁愛地區 LiDAR 技術更新數值地形模型成果檢核與監審工作採購案」(本案),規劃 225 幅 1/5,000 圖幅(澎湖地區 108 幅;南投仁愛地區 117 幅),測製案由自強工程、詮華國土、中興測量共同投標,以自強工程為主標廠商,監審案由成功大學負責執行。本案丙方期程共分為 3 階段,分別對應澎湖地區及南投仁愛地區 4 階段成果之檢核作業。

本案澎湖地區之飛航掃瞄作業由農業部林業及自然保育署航測及遙測分署執行,資料後處理則由自強工程負責;南投仁愛地區之飛航掃瞄作業及資料後處理則由詮華國土與中興測量共同執行。現階段測製廠商已完成兩作業區內所有成果,包含1.各架次報告、2.地面控制測量成果、3.點雲資料後處理成果、4.點雲分類成果、5.DTM 網格成果、6.水域數化成果及 7.正射影像(含原始影像)。第1階段成果經本團隊審慎檢核後於113/07/03日前發文判定合格;第2階段各項成果於113/09/02日前發文判定合格。第3階段各項成果(含總報告審查)於113/12/25前日判定合格。

本案所產製的成果品質要求如下數點:(1).1公尺解析度 DEM/DSM 完成接邊之數值地形資料成果;(2).地面解析度 25 公分之正射鑲嵌影像;(3).雷射

測點密度:以 100×100 平方公尺為單位,每平方公尺點雲密度以 2 點為原則,低於 2 點的網格數應小於作業區全部網格數的 10%,低於 1 點的網格數應小於作業區全部網格數的 5%;(4).點雲分類分為 4 大類,即地面點、非地面點、水體及不合理點雲;(5).航帶重疊比例:其重疊率應大於 40%,每隔至多 25 公里,應進行垂直各航線之交叉飛航掃瞄;(6).每條航線至少應有 2 個 GNSS 基站同步接收 GNSS 觀測量;雙頻接收儀每秒至少接收 1 筆數據,且基站與航線範圍的距離應小於 20 公里;FOV 設定不應超過 50 度,坐標由丙方統一解算後回饋予測製廠商使用;(7).航帶平差時應加入頭、中及尾各 1 點控制點;(8).海岸地區應於當日低潮位前後 2 小時內進行資料施測,以蒐集最大面積海岸沙洲及潮間帶資料。

為順利推動專案執行,本團隊於 113 年度 9 月召開工作會議;並於 113/07/30 辦理完成教育訓練,以傳達測製方本案相關檢核標準。目前本案各項作業,共計 225 幅 1/5,000 圖幅,成果經本團隊檢查判定合格,故提送工作總報告予中心備查。

關鍵字:空載光達、數值地形模型、成果品質監審、兩期成果比對。

Abstract

High resolution DTM data support the decision making for mitigating the potential risks caused by large-scale landslides. A complete DTM data of the Taiwan Island have been generated by airborne LiDAR. However, since Taiwan is susceptible to the impacts of typhoon and earthquake, it is necessary to keep updating the DTM data. The Ministry of Interior (MOI) has conducted such a project for updating Taiwan DTM since 2016.

National Land Surveying and Mapping Center (NLSC) of MOI has conducted DTM updating of 225 tiles of 1/5,000 map scale (108 tiles are in Penghu; 117 tiles are in Nantou). The three parties in charge of the DTM updating are Strong Engineering Consulting Co., Ltd, RealWorld Surveying and Geomatics Corp, and Chung Hsing Surveying Co., Ltd. The quality assurance and quality control (QA/QC) of the data were conducted by National Cheng Kung University. There were three milestones for QA/QC, which match up to the four milestones for updating the DTM.

The airborne laser scanning of Penghu was conducted by Aerial Survey and Remote Sensing Branch of Forestry and Nature Conservation Agency. The data were post-processed by Strong Engineering Consultant Co., Ltd. The scanning and data processing of Nantou were conducted by RealWorld Surveying and Geomatics Corp, and Chung Hsing Surveying Co., Ltd. All works has been finished. The deliveries of the project include 1) report of each flight, 2) control survey, 3) post-processing of LiDAR point clouds, 4) classification of point clouds, 5) DTM raster, 6) digitized water body boundaries, and 7) orthophoto and raw aerial photo. The first milestone was achieved before July 3rd, 2024. The second milestone was achieved before September 2nd, 2024. The third milestone was achieved before December 25, 2024.

The QA/QC criteria for the project include: 1) stitched DEM and DSM of 1 m resolution; 2) mosaicked orthophoto of 25 cm GSD; 3) the laser pulse density should generally be greater than 2 pulses/m² (based on 100 m x 100 m grid), while the

portion of grids with lower than 2 pulses/m² density and 1 pulses/m² density had to be less than 10% and 5% of the total grids; 4) the LiDAR points were all classified as ground, non-ground, water, and noise points; 5) side overlap of adjacent strips was greater than 40% with the FOV being less than 50 degree and cross strips were conducted at every 25 km; 6) each trip should have two concurrent GNSS ground stations record signal at 1 hz frequency and are within a distance of 20 km; the coordinates of all the GNSS ground stations used in the project were computed by the QA/QC party; 7) ground control points were added at the two ends and middle of each strip to constraint strip adjustment; 8) the LiDAR data for the coastal area were collected within 2 hours of daily low tide to optimize the data coverage of tidal plane.

Monthly meetings have been convened since September 2024. An internal training was conducted on July 30th, 2024 to standardize the QA/QC criteria. Finally, a total of 225 tiles of 1/5,000 map scale have passed the QA/QC and delivered to NLSC.

Keyword: airborne LiDAR \ DTM \ QA/QC \ two periods LiDAR DEM data comparison.

身

摘要		I
	ACT	
第壹章	檢核與監審作業計畫	
1.1	前言	
1.2	計畫範圍與測製廠商	2
1.3	測區編碼	3
1.4	工作進度分配規劃	4
1.5	檢核點規劃說明	5
第貳章	作業項目	7
2.1	工作內容規劃	7
2.2	檢查人力規劃及執行結果	13
第參章	、成果檢查方法及標準	18
3.1	掃瞄飛航計畫成果檢核	18
3.1.1	1 空載光達掃瞄飛航計畫書檢查	19
3.1.2	2 空載光達系統率定 (含率定場) 檢查	21
3.1.3	3 各架次成果初步檢核與掃瞄飛航報告書檢查	23
3.2	控制測量成果檢核	25
3.2.1	1 控制測量書面資料檢核	25
3.2.2	2 新設地面 GNSS 基站坐標解算	28
3.2.3	3 平差控制點測量成果外業檢查	29
3.3	點雲及航帶平差檢核	30
3.3.1	1 點雲記錄格式檢查	31
3.3.2	2 測區覆蓋完整度及相鄰航帶重疊率檢查	32
3.3.3		
3.3.4		
3.3.5		
3.4	點雲分類及 DTM 成果檢核	
3.4.1		
3.4.2		
3.4.3		
3.4.4		
3.4.5		
3.4.6		
3.4.7	2, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	
3.5	航空攝影、空中三角測量及正射影像檢核	
3.5.1		
3.5.2	2 航拍像機檢查	50

3.5.3	航拍影像品質檢查	51
3.5.4	空中三角測量書面資料檢查	52
3.5.5	空中三角測量上機檢查	56
3.5.6	正射影像格式及品質檢查	58
3.5.7	正射影像地物連續及合理性檢查	59
3.5.8	正射影像地物平面位置精度檢查	59
第肆章	監審作業成果說明	61
4.1	飛航計畫書檢核結果	61
4.1.1	空載雷射掃瞄飛航計畫書檢查	61
4.1.3	各架次成果初步檢核與飛航掃瞄報告書檢查	66
4.2	控制測量檢核結果	68
4.2.1	控制測量成果書面資料	68
4.2.2	新設 GNSS 基站解算成果	71
4.2.3	控制測量成果外業檢查	75
4.3	點雲及航帶平差檢核結果	88
4.3.1	點雲紀錄格式	88
4.3.2	測區覆蓋完整度及相鄰航帶重疊率	89
4.3.3	點雲密度	91
4.3.4	航带平差書面資料	95
4.3.5	航带相對誤差檢查(內部精度檢查)	96
4.4	點雲過濾檢核結果	100
4.4.1	DEM 及 DSM 資料 ASCII 格式檢查	100
4.4.2	DEM 及 DSM 資料 GeoTIFF、LAS 格式檢查	101
4.4.3	點雲過濾及 DEM 成果檢查	104
4.4.4	點雲平面精度與水域線數化檢查	
4.4.5	點雲編修人員能力檢核	129
4.4.6	DEM 成果外業檢核	131
4.4.7	網格成果接邊檢核	138
4.4.8	地面點空間分布檢核(地面點孔洞分析)	139
4.5 航空	空攝影檢核結果	151
4.5.1	航拍影像涵蓋完整度檢查結果	151
4.5.2	航拍像機檢查結果	156
4.5.3	航拍影像品質檢查結果	156
4.5.4	空中三角測量書面資料檢查	159
4.5.5	空中三角測量上機檢查	164
4.6	正射影像檢核結果	167
4.6.1	正射影像格式及品質檢查	167
4.6.3	正射影像地物平面位置精度檢查	172

4.7	應辦理之項目	174
4.7.1	每月進度審查	174
4.7.2	雲圖資料	175
4.7.3	教育訓練	
4.7.4	與既有成果比對分析	
第伍章	測製區 DTM 正高轉換及全臺 DTM 鑲嵌作業方式及結果說明	
5.1	DTM 正高轉換	
5.2	全臺 DTM 鑲嵌作業方式	
第陸章	全室 D I M	
炉空早 6.1	影像遮密	
_		
6.2	地形雜點問題	
第柒章	結論	
参考文獻	<u> </u>	192
附件		
附件一	ISO 2859.1-1999 抽樣檢查樣本代字表	
附件二	掃瞄飛航計畫檢核表	
附件三	控制測量檢查表	
附件四	點雲及航帶平差檢查表	
附件五	點雲分類及 DTM 成果檢查表	
附件六	航空攝影檢查表	
附件七	正射影像檢查表	
附件八	DEM 外業檢核點統計表	
附件九	點雲及正射平面精度(內業及外業)檢查統計表	
附件十	會議紀錄	
附件十一	·	
附件十二	V AND V = 3.5 PAR VI V V	
附件十三	W 2	
附件十四	1 總報告審查意見回覆	

(附件為電子檔,請詳見光碟)

圖目錄

圖 1.1	113年澎湖及南投仁愛測區之作業區域	3
圖 1.2	測區編碼示意圖	
圖 1.3	測製廠商與丙方期程對應圖	5
圖 1.4	工作流程圖	6
圖 2.1	正高轉換執行畫面示意圖	10
圖 2.2	不同解析度之成果示意圖	10
圖 2.3	專案計畫組織架構圖	15
圖 2.4	點雲過濾檢核紀錄示意圖	17
圖 3.1	航带相對高程誤差檢查說明圖	36
圖 3.2	點雲平面精度檢查示意圖	43
圖 3.3	地面點大孔洞範圍定義示意圖	48
圖 3.4	像片外方位各姿態角與飛機關係示意圖	56
圖 3.5	點雲強度圖與正射影像比對示意圖	60
圖 4.1	第1作業區飛航掃瞄規劃範圍圖	63
圖 4.2	第2作業區3-5詮華-飛航掃瞄規劃範圍圖	63
圖 4.3	第2作業區3-5中興-飛航掃瞄規劃範圍圖	64
圖 4.4	第2作業區3-5自強(備援)-飛航掃瞄規劃範圍圖	64
圖 4.5	測製廠商控制點規劃分布圖	69
圖 4.6	點位透空環境示意圖	69
圖 4.7	控制點點之記示意圖	70
圖 4.8	本期計畫 GNSS 觀測站分布圖	74
圖 4.9	第1作業區(澎湖測區)新設 GNSS 基站點位及檢核點位分布圖	76
圖 4.10	第2作業區(南投仁愛測區)新設 GNSS 基站點位及檢核點位分布圖	77
圖 4.11	第1作業區(澎湖測區)外業檢核點位現況圖	78
圖 4.12	第2作業區(南投仁愛測區)外業檢核點位現況圖	79
圖 4.13	第1作業區(澎湖測區)抽測點位分布圖	82
圖 4.14	第1作業區(澎湖測區)外業檢測情形	82
圖 4.15	第2作業區(南投仁愛測區)抽測點位分布示意圖圖	85
圖 4.16	第2作業區(南投仁愛測區)外業檢測情形	85
圖 4.17	自動化檢查程式示意圖	88
圖 4.18	自強工程-澎湖測區航帶點雲掃瞄涵蓋範圍(共計 78條)及航帶重疊圖	
圖 4.19	自強工程-南投測區航帶點雲掃瞄涵蓋範圍(合計 104條)及航帶重疊圖	90
圖 4.20	澎湖測區點雲密度計算成果圖	
圖 4.21	澎湖測區點密度直方圖	
圖 4.22	南投仁愛測區點雲密度計算成果圖	
圖 4.23	南投仁愛測區測區點密度直方圖	95
圖 4.24	航带高程誤差分析	
圖 4.25	3-6 澎湖測區高程相對偏差量圖及高程相對偏差量直方圖	
圖 4.26	3-6 澎湖本島區域點雲航帶偏差量示意	
圖 4.27	3-5 南投仁愛測區高程相對偏差量圖及高程相對偏差量直方圖	
圖 4.28	3-5 南投測區河道應掃瞄時間差異俱較大偏差量示意	
圖 4.29	點雲渦瀘成果檢查作業窗格	105

圖 4.30	點雲過濾錯誤區圈選示意圖	105
圖 4.31	澎湖及南投仁愛測區 DEMLAS 成果分批提送分布圖	115
圖 4.32	影像偏移示意圖	
圖 4.33	正射影像偏移量測強度圖與正射影像比對示意圖	117
圖 4.34	HDR 高動態範圍點雲強度圖製作流程	117
圖 4.35	點雲強度圖之優點	118
圖 4.36	外業特徵角點與點雲平面坐標一致性比對示意圖(93203034)	120
圖 4.37	加強橋梁、高架鐵公路交通系統之抽驗	121
圖 4.38	正射與點雲一致性抽樣點位分布圖	122
圖 4.39	澎湖測區點雲與正射平面位置差值分布直方圖	123
圖 4.40	南投仁愛測區點雲與正射平面位置差值分布直方圖	123
圖 4.41	自動化水域內水體點合理性檢查程式示意圖	
圖 4.42	澎湖及南投仁愛測區水域繪製成果示意圖	125
圖 4.43	水域及海域資料位相處理流程圖	126
圖 4.44	澎湖測區水域點雲分類範例圖	127
圖 4.45	南投仁愛測區水域點雲分類範例圖	128
圖 4.46	3-6 澎湖測區編輯人員負責圖幅分色圖	129
圖 4.47	南投測區編輯人員負責圖幅分色圖	130
圖 4.48	澎湖及南投測區地形陰影圖及坡度分級圖	132
圖 4.49	DEM 成果外業檢核「單一區域」量測示意圖	134
圖 4.50	DEM 成果外業檢核教育訓練內容截圖示意	134
圖 4.51	DEM 成果外業檢核實地測量照片	135
圖 4.52	2作業區 DEM 外業檢核抽驗區域分布圖(計 11 個區域, 136 點)	135
圖 4.53	澎湖測區外業檢查高程差值分布直方圖	137
圖 4.54	南投仁愛測區外業檢查高程差值分布直方圖	137
圖 4.55	3 澎湖及南投仁愛測區甲方驗收	138
圖 4.56	DTM 網格資料空缺位置檢查示意	139
圖 4.57	DEM/DSM 接邊檢核程式示意圖	139
圖 4.58	地面點孔洞分析統計程式示意	140
圖 4.59	南投測區既有光達成果大孔洞比例較少之資料來源統計	141
圖 4.60	澎湖測區地面點孔洞分析圖	
圖 4.61	南投測區既有及 113 年光達成果地面點孔洞分析與變異圖	142
圖 4.62	地面點大孔洞統計遮罩	
圖 4.63	澎湖地區地面點大孔洞成因分析示意圖	145
圖 4.64	澎湖各島嶼受銀合歡影響點雲穿透範例	
圖 4.65	澎湖地區銀合歡影響點雲穿透之點雲剖面示意圖	147
圖 4.66	銀合歡生長性狀(引用王相華等,2013)	
圖 4.67	澎湖銀合歡常綠時期與落葉時期	
圖 4.68	單幅影像推估涵蓋與實際拍攝涵蓋	153
圖 4.69	原始影像重疊率檢查示意圖	
圖 4.70	原始影像重疊分析示意圖	
圖 4.71	3-6 澎湖測區航拍影像涵蓋圖	
	3-5 南投仁愛測區航拍影像涵蓋圖	
圖 473	3-6 澎湖測區原始影像她面解析度 GSD 直方圖	157

圖	4.74	3-5 南投仁愛測區原始影像地面解析度 GSD 直方圖	158
啚	4.75	各家測區空中三角作業分區示意圖	160
啚	4.76	澎湖測區原始影像陸域不足(海域)計 427 張示意	161
圖	4.77	影像外方位、內方位及空三成果填寫範例	162
圖	4.78	連結點重複量測抽樣影像分布圖	165
圖	4.79	澎湖測區正射影像格式及範圍程式檢查報表示意圖	168
啚	4.80	南投仁愛測區正射影像格式及範圍程式檢查報表示意圖	168
啚	4.81	測製廠商正射影像拼接圖	169
啚	4.82	正射影像平面精度檢核示意圖(3-5-D-002-04)	172
啚	4.83	正射影像平面精度實測檢查點位分布圖	173
啚	4.84	測製廠商提送月進度報表示意圖及丙方審查進度表	175
啚	4.85	丙方蒐集之雲圖資料庫畫面	
啚	4.86	113 年度教育訓練	
啚	4.87	3-5 南投測區高程變異分析示意圖	
啚	4.88	人為開發所造成之高程變異分析示意圖	179
啚	4.89	山區因崩塌造成之高程變異分析示意圖	180
啚	4.90	因測製方法及儀器不同所導致之高程變異示意圖	181
啚	4.91	因測製方法及儀器不同所導致之高程變異地面點剖面示意圖	
啚	5.1	正高轉換執行畫面示意圖	182
啚	5.2	資料轉檔及坐標轉換之程式處理畫面	183
啚	5.3	接邊範圍圖	
啚	6.1	澎湖測區影像遮密	
啚	6.2	地形雜點問題(雜點被分類為地面點)	
啚	6.3	地面高點渲染圖協助點雲分類檢核	187

表目錄

表 1.1	各檢核點之檢核項目表	5
表 2.1	月工作進度規劃報表	
表 2.2	本案作業人員男女統計表	17
表 3.1	控制點點之記格式(範例)	27
表 3.2	LAS 格式應具備資料	31
表 3.3	檔頭資料內容	38
表 3.4	網格成果命名方式	40
表 3.5	點雲過濾常見錯誤表	41
表 3.6	地形類別調整參數 B (單位 公尺)	45
表 3.7	地表植被覆蓋情形調整參數 C (無單位)	46
表 3.8	空中三角測量連結點強度標準表	54
表 4.1	2作業區飛航計畫送審時間	61
表 4.2	2作業區飛航儀器設備表	62
表 4.3	各測製廠商平均點雲密度表	65
表 4.4	各測製廠商航帶重疊比例表	65
表 4.5	2作業區之飛行方向統計表	65
表 4.6	2作業區之 GNSS 幾何條件評估統計表	66
表 4.7	測製廠商各架次成果初步檢核紀錄表	67
表 4.8	第1作業區-自強工程蒐集 GNSS 資料統計表 (113 年7月6 日~8日)	72
表 4.9	第2作業區-中興測量蒐集 GNSS 資料統計表 (113 年 8 月 2 日 ~ 4 日)	72
表 4.10	第2作業區- 詮華國土蒐集 GNSS 資料統計表 (113年8月2日~4日)	72
表 4.11	本計畫使用的 TWD97[2020]框架站列表	73
表 4.12	新設 GNSS 基站及外購站於 TWD97[2020]框架下的成果(公尺)	74
表 4.13	測製廠商檢送新設地面 GNSS 基站資料時間表	75
表 4.14	測製廠商 GNSS 基站數量及丙方檢核數量統計表	76
表 4.15	乙方測製廠商提送各批次航帶平差高程控制點及平面控制點時間表	80
表 4.16	乙方測製廠商提送控制點點數及丙方檢測數量統計表	80
表 4.17	第1作業區(澎湖測區)檢核點(送驗點)坐標對照表(單位:公分)	
表 4.18	第1作業區(澎湖測區)檢核點(送驗點)檢核成果表(單位:公分)	83
表 4.19	第2作業區(南投仁愛測區)檢核點(送驗點)坐標對照表(單位:公分)	
表 4.20	第2作業區(南投仁愛測區)檢核點(送驗點)檢核成果表 (單位: 公分)	
表 4.21	乙方提送原始資料涵蓋檢核資料日期	
表 4.22	測製廠商航線數量表	
表 4.23	3-6 測區 100 公尺×100 公尺密度統計結果	
表 4.24	3-5 測區 100 公尺×100 公尺密度統計結果	93
表 4.25	各家航带平差書面檢查結果表	
表 4.26	澎湖測區航帶間相對誤差抽測點數及偏差量平差值表	
表 4.27	南投仁愛測區航帶間相對誤差抽測點數及偏差量平差值表	
表 4.28	其他資料格式檢查表	
表 4.29	自強工程 DEM/DSM 資料格式檢查紀錄表	
表 4.30	自強工程 DEM/DSM 資料格式檢查紀錄表	
表 4.31	點雲分類圖層說明表	104

表 4.32	3-6 測區 DEMLAS 檢核統計略表	109
表 4.33	3-6 測區 DEMLAS 成果分批提送時程表	109
表 4.34	3-5 測區 DEMLAS 檢核統計略表	
表 4.35	南投仁愛測區 DEMLAS 成果分批提送時程表	
表 4.36	測製廠商外業實測特徵角點與點雲平面位置比較統計表	
表 4.37	各家正射影像與點雲強度平面位置抽驗點數	
表 4.38	各測區點雲與正射平面位置一致性檢查誤差分析統計表	122
表 4.39	3-6 澎湖測區編輯人員作業編號及不合格率統計表	
表 4.40	3-6 澎湖測區檢核人員作業編號及不合格率統計表	129
表 4.41	3-5 南投測區編輯人員作業編號及不合格率統計表	
表 4.42	3-5 南投測區檢核人員作業編號及不合格率統計表	
表 4.43	第1作業區 DEM 成果外業檢核點數量統計表	
表 4.44	第2作業區 DEM 成果外業檢核點數量統計表	
表 4.45	各作業區實際抽測 DEM 外業檢核點數統計表	134
表 4.46	各測區外業檢查結果統計表	
表 4.47	各測區外業檢查誤差分析統計表	136
表 4.48	113 年甲方外業驗收統計表	138
表 4.49	測區地面點分布通過數統計表	144
表 4.50	各家測製廠商原始影像數量統計表	152
表 4.51	測製廠商航拍像機規格表	156
表 4.52	各家影像航拍架次日期	158
表 4.53	空中三角平差計算連結點強度及誤差均方根值統計表	160
表 4.54	像機內方位元素資訊表	163
表 4.55	連結點重複量測統計檢查表	164
表 4.56	實測檢核點與內業模型量測檢查統計表	166
表 4.57	正射影像平面精度檢查統計表	173
表 4.58	本案主要作業項目權重分配	174
表 4.59	教育訓練成員簽到表	177
表 4.60	113 年度教育訓練課程內容	178
表 5.1	兩期空載光達案成果比較表	183
表 7.1	本案測製廠商作業期程簡表(原契約繳交期限)	188
表 7.2	監審作業期程及工作項目表	189
表 7.3	2作業區因颱風影響而辦理展延日期調整表	189
表 7.4	各階段測製廠商提送成果日期及丙方判定合格日期	190
表 7.5	澎湖測區各項成果分批次提送及檢查日期	190
表 7.6	南投測區各項成果分批次提送及檢查日期	190

第壹章 檢核與監審作業計畫

1.1 前言

數值地形模型 (DTM,包括 DEM 及 DSM)資料為國家各項重大建設的基礎,舉凡遙測衛星影像糾正、水資源決策與管理、水文模擬應用、洪氾地區溢淹模式分析、工程設計與規劃及飛航安全管理等,均需要高精度數值地形資料輔助提升決策之正確性。臺灣每年面臨颱風、水災及地震等天然災害的威脅,位處板塊交界處地質不穩定,土石災害伴隨風災雨災而來,導致地質敏感區域地質結構破碎、崩塌、土石滑動等地形地貌變動,更顯得定期更新數值地形資料之重要性。高解析度 DTM 資料應用於災區潛在大規模崩塌調查成果,對政府防減災規劃與國土保育工作,提供重要的決策資訊,應持續規劃短、中、長期工作,循年度及中長程施政計畫作業程序辦理,以持續更新國土資料庫。

鑒於臺灣易受風災與地震災害影響致國土地貌發生大規模變動,內政部自民國 105 年推動「落實智慧國土-國土測繪圖資更新及維運計畫 (105~109)」,規劃自 105 年度起分年以 LiDAR 技術更新 DTM 資料,於105~107 年度,以 3 年期間建立 2,114 幅 1/5,000 圖幅,108~109 年度起由內政部國土測繪中心(以下簡稱甲方)辦理「108 及 109 年度 LiDAR 技術更新數值地形模型成果檢核與監審工作採購案」完成更新中部及東部 1,066 幅 1/5,000 圖幅高解析度 DTM 資料成果。至 109 年辦理完成 3,180 幅(含海域外擴圖幅)。後續 110~111 年度則依據「邁向 3D 智慧國土-國家底圖空間資料基礎建設計畫(110-114 年)」持續更新 1,648 幅成果。112 年及 113 年除持續規劃更新臺灣本島東部及南部地區範圍合計 1,702 幅外,另規劃「112 年及 113 年嘉南地區 LiDAR 技術更新數值地形模型成果檢核與監審工作採購案」87 幅及「113 年度澎湖及南投仁愛地區 LiDAR 技術更新數值地形模型成果檢核與監審工作採購案」(以下簡稱本案)225 幅數值地形成果資料以更新強化國家空間資訊基礎,作為國土規劃重要決策依據。

本測製案由成功大學(以下簡稱丙方)負責成果檢核與監審工作,針對各階段成果進行客觀且專業之品質驗證。現階段已完成本案所有階段成果檢核,將統整第2、3階段之審查結果與過程於本工作總報告詳細說明。

1.2 計畫範圍與測製廠商

本案規劃區域包含臺灣離島及本島地區,涵蓋澎湖縣及南投縣仁愛地區 2 個縣市,預計於 113 年底完成成果測製及監審作業,總圖幅為 225幅 1/5,000 圖幅。範圍如圖 1.1。本案共分為 2 個作業區,第 1 作業區測製範圍為澎湖縣全境陸域面積,包含澎湖本島及所有附屬島嶼,測製圖幅為 108幅,實際陸域面積約為 180平方公里,第 2 作業區為南投縣仁愛鄉武界及眉溪集水區域,測製圖幅為 117幅,面積約為 824平方公里。本案依 4 階段繳交成果至監審廠商審查。其中澎湖測區將採 TWD97_119分帶坐標系進行成果測製;而南投仁愛測區採 TWD97_121 分帶坐標系進行測製。

本案由 3 家乙方共同承攬,分別是自強工程顧問有限公司(主標).詮華國土測繪有限公司、中興測量有限公司,共同執行本案 2 個作業區。其中第 1 作業區(澎湖測區)由自強工程顧問有限公司負責進行資料成果後處理作業(飛航掃瞄由航遙測分署執行);第 2 作業區(南投仁愛測區)由詮華國土測繪有限公司負責仁愛測區西半部 59 幅(1/5,000)範圍之飛航掃瞄及資料後處理;仁愛測區東半部計 58 幅(1,5000)範圍則由自強工程負責飛航掃瞄、由中興測量有限公司進行資料後處理,3 家乙方共同執行113 年度澎湖及南投仁愛測區之空載光達各項成果測製作業。

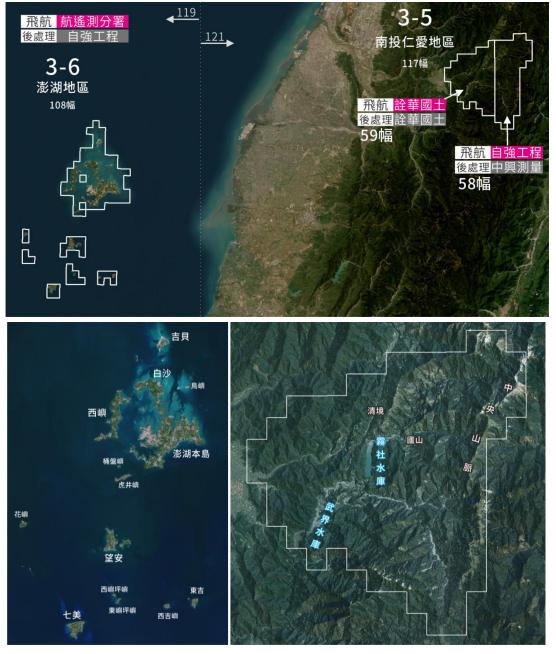


圖 1.1 113 年澎湖及南投仁愛測區之作業區域

1.3 測區編碼

測區編號依「年度-分區」進行編號,112 年度光達案實施之時,部分測區已進入 2 次更新,故自 112 年起,團隊將年度末碼作為**測區編號之首碼**,因本案成果預定於 113 年完成測製與檢核作業,113 年光達正規案測區編碼為 3-1~3-3,於今年度 7 月結案之嘉南測區其編碼為 3-4,故規劃將本案測區編碼訂為 3-5(南投仁愛測區).3-6(澎湖測區),如圖 1.2

所示;而本案總圖幅數為 225 幅,兩作業區分別為 108 幅、117 幅成果,數量不需另行劃分出子測區,乙方應於契約規定期限前分批次或全數將成果提送至丙方進行各項檢核。

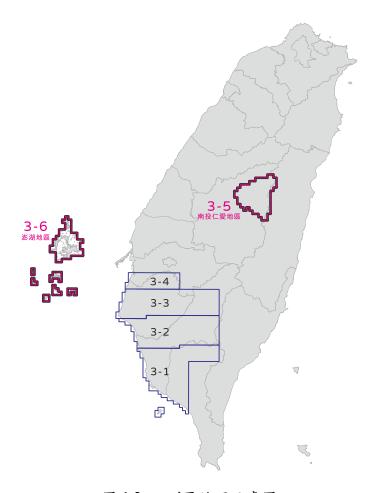


圖 1.2 測區編碼示意圖

1.4 工作進度分配規劃

本案服務建議徵求書中明訂,乙方分4階段繳交測製成果;丙方分為3階段辦理審查作業,於圖1.3中可瞭解測製與監審兩者間期程概略對應關係。乙方第1階段提送飛航計畫及工作計畫予丙方審查;第2階段為提送控制測量、原始點雲(含航拍影像)資料;第3階段為提送測製成果,包含DEMLAS點雲分類及編修、DEM/DSM成果含圖幅接邊處理、正射影像含水域線數化成果、航拍影像及空中三角測量成果;第4階段則為總報告提送。丙方則依不同階段之審查內容,提出審查報告及總報告。



圖 1.3 測製廠商與丙方期程對應圖

1.5 檢核點規劃說明

為控管測區之成果品質,本團隊依空載光達產製流程,將監審作業分3檢核點進行審查。所設定的第1個檢核點是飛航計畫審查,第2個檢核點測區原始掃瞄成果審查,第3個檢核點是點雲資料過濾及成果審查。

依檢核點概念所製成之流程圖如圖 1.4 所示,乙方經丙方審查飛行計畫書通過後,依規劃之航線執行測區掃瞄及航拍工作,以獲取測區原始點雲及影像。後續需經點雲航帶平差及影像空中三角測量後,進行各批次點雲分類成果(DEMLAS)及正射影像製作,即提送丙方進行點雲分類及 DTM 成果審查。因此,本案各項成果皆需經過 3 個檢核點才能確保成果品質滿足契約規範。各檢核點之提送項目及檢核項目如表 1.1。

表 1.1 各檢核點之檢核項目表

檢核點	乙方提送項目	丙方檢查項目
【檢核點 1】 飛航計畫審查	● 乙方年度作業計畫 (含空載光達掃瞄飛航計畫書)	❶掃瞄飛航計畫檢查(3.1 節)
【檢核點 2】 原始掃瞄成果	掃瞄資料獲取成果地面控制測量成果點雲航帶平差成果	②控制測量檢查(3.2 節) ❸點雲及航帶平差檢查(3.3 節)
檢核	原始航拍影像空中三角測量平差成果	動於空攝影、空中三角測量成果檢查(3.5 節)
【檢核點 3】 點雲資料過濾 及成果審查	人工編修後之點雲分類成果水域數化成果DEM 與 DSM 成果正射影像接邊檢核	◆點雲分類及 DTM 成果檢查 (3.4 節)◆正射影像檢查(3.5.6 節)

乙案各項成果需通過以下3個檢核點各項檢查



飛航計畫審核 檢核點 1

掃瞄飛航計畫檢核

空載光達掃瞄飛航計畫書檢查 光達系統率定檢查 各架次成果初步檢查

表 100

成果送審

本案飛航相關項目責任分配

	工作項目	澎湖地區	南投仁愛地區
Į Į	掃瞄飛航計畫書	自強	詮華+中興
É	飛航掃瞄及率定作業	🐼 航遙測分署	詮華+中興
7	率定報告	自強	詮華+中興
	各架次成果報告	自強	詮華+中興

✓) 審核通過

※ 不通過 ↑

修正錯誤 重新提送

原始掃瞄成果審核

控制測量檢核

控制測量成果書面資料檢查 基站解算成果說明 控制測量成果外業檢查

點雲及航帶平差檢核

點雲記錄格式檢查 測區覆蓋完整度及重疊率檢查 點雲密度檢查 航帶平差書面資料 航帶相對高程誤差檢查

表 110 應於乙案 2 階段辦理完峻 表 200 應於乙案 3 階段辦理完峻

航空攝影及空中三角測量成果檢核

航拍影像涵蓋完整度檢查 航拍像機檢查 航拍影像品質檢查 空中三角測量書面資料檢查 空中三角測量上機檢查

表 400

應於乙案 3 階段辦理完峻

✓) 審核通過|

※ 不通過 ↑

修正錯誤 重新提送

影像相關檢查項目

點雲資料過濾及成果審核 檢核點 🔞

點雲分類及DTM成果檢核

DEM/DSM資料ASCII格式檢查 DEM/DSM資料其他格式檢查 點雲分類成果檢查

點雲平面精度與水域數化成果檢查 點雲編修人員能力檢查

DEM成果外業檢查

網格成果接邊檢查 地面點空間分布檢查

正射影像檢核

正射影像格式及品質檢查 地物連續及合理性檢查 地物平面位置精度檢查

表 410

應於乙案 3 階段辦理完峻

✓ 審核 通過

※ 不通過 ↑

表300



修正錯誤 重新提送

撰寫各階段審查報告

113年度期末 (對應乙標第4階段) 除審查報告外,需額外完成以下作業

- ▶歷史光達比對分析
- ▶年度工作總報告
- ▶成果彙整 | 鑲嵌

其他工作項目

- 學 113年辦理教育訓練
- ₩ 定期召開工作會議
- ≦ 每月工作進度報告
- ☆ GNSS基站統一解算
- ☞ 審查乙方各式報告 作業計畫、趕工計畫、總報告...

圖 1.4 工作流程圖

第貳章 作業項目

如前言所述, 113 年度**澎湖及南投仁愛地區** LiDAR 更新數值地形模型成果測製案中,為維護成果之品質,本團隊針對專案執行內容及成果審查進行規劃。本團隊依多年執行空載光達監審之經驗,針對本案工作項目及內容、各階段成果繳交之檢核方法與品質管制提出詳細規劃如下說明。

2.1 工作內容規劃

依上述各工作項目,規劃工作執行內容如下:

1、測製案廠商作業計畫審查及進度管控

- (1).測製案廠商作業計畫審查:審查測製廠商作業時程規劃及進 度管控方式是否合乎本案要求,針對測製廠商所提出之各階 段成果作業方式進行審查,並評估其作業硬軟體設備及人力 是否充足以確保本案執行內容及品質無誤。
- (2).每月進度審查:審查測製案廠商每個月所繳交之進度報告,督 導及確認其工作進度,並於彙整後提報每月工作進度報告予 機關。丙方應於決標次月起,每個月 28 日前提交當月之工 作進度報告予機關,報告內容應包含預定及實際執行工作進 度、作業與成果檢查情形及對測製案廠商工作進度報告之審 查情形,並視需要提出工作協調事項及工作遭遇困難,以利 召開工作會議時提出討論,因應測製案不同作業區特性,視 其履約工項及各階段成果繳交期限彈性調整工作進度報表。

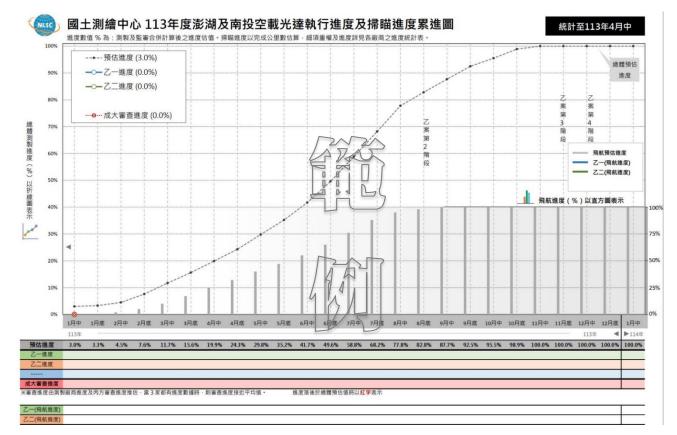


表 2.1 月工作進度規劃報表

- (3).進度督導及管制作業:測製案廠商作業進度落後時,丙方會確實督促檢討,視實際執行進度狀況,必要時要求測製案廠商提出趕工計畫,其中趕工計畫內之時程規劃、繳交數量及人力安排請予以量化,如趕工時人力數量及每人每天應完成之圖幅數等,由數據檢視其趕工計畫是否滿足期程要求。
- (4).工作會議召開:廠商於計畫執行期間,得視需要與機關及測製 案廠商召開工作會議,並彙整進度報告資料及相關協調事項 等,製作工作會議書面紀錄。

2、測製案廠商繳交成果審查

- ※ 此項目為本案最主要作業項目,各分項檢查實際執行方法及 步驟繁複,詳見第參章。
- (1).測製案廠商掃瞄飛航規劃審查:包含空載光達掃瞄飛航計畫 審查、空載光達系統率定(含率定場)檢查、掃瞄飛航成果 初步檢查與報告書檢查。(詳如 3.1 節)

- (2).控制測量檢查:辦理測製案廠商繳交施測之地面 GNSS 基站 坐標、點雲航帶平差及空中三角測量所需的控制點、檢核點 坐標等書面資料檢查外,另須規劃及彙整機關測量隊交付之 控制測量外業檢核成果。(詳如 3.2 節)
- (3).點雲及航帶平差成果檢查:包含點雲記錄格式檢查、測區覆蓋 完整度及相鄰航帶重疊率檢查、點雲密度檢查、航帶平差書 面資料檢查、航帶相對高程誤差檢查。(詳如 3.3 節)
- (4).點雲分類及 DTM 成果檢查:包含成果 ASCII 格式、其他格式 檢查、點雲分類成果檢查、點雲平面精度及水域線數化成果 檢查、點雲編修人員能力檢核、DEM 成果外業檢查、DEM 及 DSM 成果接邊一致性檢查及地面點空間分布檢查。(詳如 3.4 節)
- (5).航空攝影及空中三角測量檢查:包含航拍影像涵蓋完整度檢查、航拍像機檢查、航拍影像品質檢查、空中三角測量書面資料檢查及空中三角測量上機檢查。(詳如 3.5 節)
- (6).正射影像檢查:包含正射影像格式及品質檢查、地物連續及合理性檢查(含內部及外部接邊檢查)、地物平面位置精度檢查。 (詳如 3.5.6 節)

3、測製案廠商之地面 GNSS 基站坐標解算

測製案各作業區廠商所設地面 GNSS 基站應於架設完成後, 蒐集 3 天(72 小時)觀測檔,並提供儀器、天線盤型號及天線高等 資料,統一交由丙方辦理坐標成果解算。丙方應於接獲測製案最 後一個作業區廠商繳交資料日期之次日起 20 個日曆天內完成解 算,並將成果提供測製案廠商使用。坐標系統將規劃採用內政部 最近公告之框架進行解算。本案規劃採 TWD97[2020]坐標框架進 行空載光達各項成果測製,如各項成果需化算至 TWVD2001 正 高系統時,規劃統一採用 TWHYGEO2014 混合法大地起伏模型 (geoid2014)或內政部公告最新之大地起伏模型進行正高化算。

※新設地面 GNSS 基站架設相關規定,請見第 3.2 節檢核內容說明。

4、測製區 DTM(含 DEM 及 DSM)正高轉換及成果整合分析

(1). 將乙方繳交之 DTM 分幅成果,使用機關指定之大地起伏模式進行正高轉換,製作 DTM (正高)分幅成果。階段性成果完成後,丙方將依機關指定之大地起伏模式以自行開發之程式批次進行正高轉換。執行畫面如圖 2.1 所示。



圖 2.1 正高轉換執行書面示意圖

- (2).製作測製區全年度範圍鑲嵌之 DTM (橢球高)合併成果。
- (3).製作測製區全年度範圍鑲嵌之 DTM (正高) 合併成果。
- (4).另將前開成果疏化為網格間隔5公尺及20公尺之成果各1式。 疏化後5公尺與20公尺成果解析度示意如圖2.2所示。 (正高轉換及成果整合待期末完成)

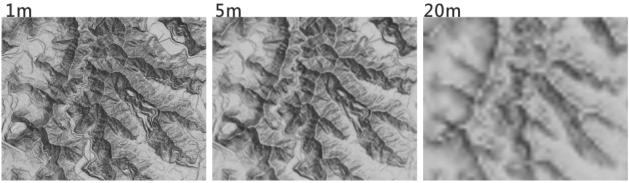


圖 2.2 不同解析度之成果示意圖

(5).與既有成果比對分析:本案測區內,如包含既有空載光達測製成果,則規劃比對既有成果與測製廠商測製成果之高程差異分析、地面點空間分布分析等項目於第3階段報告內說明。

5、全臺 DTM(含 DEM 及 DSM)成果整合

將測製案廠商之成果與機關提供之全臺 DTM 成果進行合併,產製一版全臺範圍 DTM 成果。於第 3 階段製作更新本案範圍全臺 DTM 成果,成果為正高系統、LAS 格式。

6、教育訓練

針對測製案廠商及機關人員辦理 113 年度教育訓練, 丙方應 於決標次日起 60 個日曆天內辦理以下教育訓練:

- (1).安排 6 小時之教育訓練,並配合準備至少 6 人次之場地 及教材資料。
- (2).訓練所需場地、講師(含助教)、軟硬體設備、教材及餐 點等所需經費由監審廠商負責,其餘參訓所需相關費用則 由作業廠商及機關自行負擔。
- (3).應於教育訓練時提供「點雲過濾常見錯誤範例」,內容應 包含編修錯誤樣態說明,並有實際範例呈現給機關及測製 案廠商編修人員參考。並於年度工作總報告中依當年度檢 查情形,檢附修訂之「點雲過濾常見錯誤範例」。

7、各式報告

(1).作業計畫

丙方應於最後一家乙方提送第 1 階段成果至機關次日起 10 個日曆天(或稱 D_1 +10 天)內提送 113 年度工作計畫,經機關審定通過後依計畫書內容實行相關作業,內容至少包含以下項目:

A.計畫進度控管:含作業時程規劃(各項工作權重配比)、進度控管方式說明。

- B.成果檢查方式:含繳交成果之檢查項目、數量、內容、通 過標準及所需作業時間等。
- C. 三方權責訂定。
- D.風險管理與機制。
- E.其他相關資料及附件(得以電子檔格式提供)
- (2).每月工作進度報告

廠商應於決標次月起,每個月 28 日前提交當月之工作進度 報告予機關,報告內容應包含預定及實際執行工作進度、作 業與成果檢查情形及對測製案廠商工作進度報告之審查情 形,並視需要提出工作協調事項及工作遭遇困難,以利召開 工作會議時提出討論。

(3).各階段成果檢核報告

廠商應於測製案廠商各階段繳交成果檢核作業完成後,提交 成果檢核報告,報告內容應包含:

- A.作業項目。
- B.監審作業成果說明。
- C.其他相關資料及附件(含檢查報表附佐證資料、期間往返公文、各次工作會議結論與追蹤事項辦理情形,以上附件以電子檔格式提供)。
- (4).年度工作總報告

須提報工作總報告,工作總報告內容至少包含以下項目:

- A.中英文摘要(含關鍵字)。
- B. 前言。
- C.工作項目及內容說明。
- D.監審工作執行方法及情形:含測製範圍分區檢查規劃、進度管控時程規劃及成效(趕工計畫及解決方案)、檢查人力規劃及執行結果、成果檢查情形(錯誤態樣、疑義分析及處理原則)。
- E.測製區 DTM(含 DEM 及 DSM)正高轉換及全臺 DTM(含 DEM 及 DSM) 鑲嵌作業方式及結果說明。

- F.教育訓練成果及辦理情形。
- G.結論(例如檢討與建議或工作遭遇困難及解決方案)。
- H.其他相關資料及附件(含性別平等資訊、點雲過濾常見錯 誤範例、外業監審檢查作業常見錯誤範例、各次工作會議 結論與追蹤事項辦理情形及函文)。
- (5).作業計畫及工作總報告繳交之電子檔為 PDF 檔案格式,報告 書面文件則採 A4 彩色雙面列印(加註書背)

2.2 检查人力規劃及執行結果

1.人力規劃

執行本計畫之組織架構如圖 2.3 為能確實掌握進度,圓滿達成計畫 需求,特設專案人員編組,定期召開內部工作會議,以利丙方內部之工 作協調、行政管理及作業整合,組織分工職責為:

- (1).計畫主持人:王驥魁教授擔任。負責全面政策性之決策、協助計畫 業務推動、各技術事項之協調及督導,並對計畫目標之達成負完全 之責任。
- (2).共同主持人及協同主持人:共同主持人由曾義星教授及楊名教授擔任、協同主持人由郭麟霖專案研究人員/組長擔任。負責對外各項事務之協調並協助計畫主持人推動各專業組之作業、管制作業品質、進度及協調工作,使計畫工作之進行更為順利。
- (3).行政管理:由郭俐慧專案研究人員擔任行政管理組負責人。主要任 務為:進行計畫控管工作月報表、服務成果提送、計畫相關事宜聯 繫及行政協調,定期舉辦工作會議、教育訓練。
- (4).掃瞄飛航計畫檢核:由王驥魁教授擔任負責人。主要任務為:飛航計畫檢核、空載光達系統率定檢核(含率定場檢核)及各架次成果初步檢核。
- (5).資料收發控管:由陳冠樺專案研究人員擔任負責人。主要任務為: 資料傳送系統建立、資料存放系統建立、資料管理。
- (6).點雲及航帶平差檢核:由曾義星教授擔任負責人。主要任務為:原

始點雲資料檢核、航帶重疊檢核、航帶相對平差誤差檢核、航帶平差檢核。

- (7).點雲分類及 DTM 成果檢核:由郭麟霖及郭秀玲專案研究人員擔任 負責人。主要任務為:點雲分類及編輯成果檢核、分類成果誤差分 析、DEM 成果誤差分析。
- (8).航拍/空三/正射影像檢核:由郭麟霖專案研究人員擔任負責人。主要 任務為:原始影像解析度、品質及覆蓋率檢核、空中三角測量書面 及上機檢查、影像正射糾正品質檢核、正射影像鑲嵌品質檢核。
- (9).控制測量及 DEM 外業檢核:由楊名教授擔任負責人,主要任務為 DEM 品質檢核抽樣成果檢核。
- (10).計畫聯絡人:由郭俐慧、郭秀玲及郭麟霖專案研究人員擔任,負責 計畫聯絡相關事宜。



圖 2.3 專案計畫組織架構圖

■【成功大學衛星資訊研究中心】12人

2.執行結果

航帶相對高程誤差檢查

本單位之計畫主持人、共同主持人皆為成功大學測量及空間資訊學 系專任教師,具有豐富的教學研究經驗,也具有完整的計畫案規劃執行 的資歷,無論學術素養及計畫案管理執行上的能力,都是一時之選。另

外,本團隊之主要工作分組負責人及主要工作成員為成功大學衛星資訊 研究中心專案研究人員及成大測量及空間資訊學系博士生及碩士生組成, 所有成員之專業背景皆屬測量工程、空間資訊、資訊工程、土木及地球 科學等,在此領域有多年的工作經驗,且大部分工作人員具有以下 15個 年度空載光達監審相關工作經驗,分別為經濟部中央地質調查所(現為地 質調查及礦業管理中心,簡稱地礦中心)6 個年度光達案:『莫拉克災區 LiDAR 高解析度數值地形製作之檢核與監審』99~101 年度、『非莫拉克 災區與特定事件(颱風豪雨或地震等事件)後 LiDAR 高解析度數值地形製 作之檢核與監審』102~104 年度、及內政部 3 個年度光達案: LiDAR 技 術更新數值地形模型成果檢核與監審工作案(105-106) 』、『107 年度 LiDAR 技術更新數值地形模型成果檢核與監審工作案』。及內政部國土 測繪中心『108 及 109 年度 LiDAR 技術更新數值地形模型成果檢核與監 審工作採購案』、『110年及111年度LiDAR技術更新數值地形模型成果 檢核與監審工作採購案」、『110 年水利數值地形資料檢核與監審工作採 購案」、『111年度水利數值地形資料檢核與監審工作採購案」、『112年及 113 年度 LiDAR 技術更新數值地形模型成果檢核與監審工作採購案』、 『112 年及 113 年嘉南地區 LiDAR 技術更新數值地形模型成果檢核與監 審工作採購案』等專案。每位主要工作成員之專業背景與在本案所負責 的工作項目,皆密切吻合,能勝任各項工作的最佳人選。以下詳細說明 本團隊人力資源之特點。

丙方作業人員實際執行本案各項成果,皆如期完成2作業區所提送之成果檢核,並製成檢核記錄,提供予乙方修正參考。圖2.4 為點雲過濾檢核,檢核人員逐幅進行各1/5,000圖幅點雲編修錯誤處所製之檢核記錄,供乙方點雲編修人員依檢核結果進行修正,以提高成果之正確性。其餘各項成果檢核完整說明請詳見第肆章。

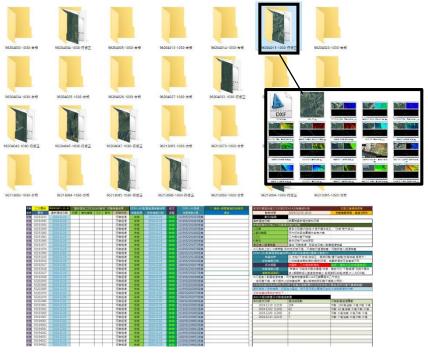


圖 2.4 點雲過濾檢核紀錄示意圖

3.性別平等資訊

成功大學 113 年 12 月本校公勞保人數統計及進用身障人員、原住民人數資料如下:本校 113 年 12 月份公勞保人數 6,301 人(公務人員 223人、教師 1,269人、駐衛警 2 人、聘僱人員及其他人員 4,747人、技工友60人)已進用身心障礙者人數 228人、原住民人數 17人。本校一向恪遵政府法令,作業過程當中,落實性別平等,且本案檢核作業多項作業內容以女性作業為工作主力,執行期間實際投入作業人員共計 17員,男女性別比例如表 2.2 所示。

項次	作業項目	男:女
1	掃瞄飛航計畫檢核	3:1
2	點雲及航帶平差檢核	2:3
3	點雲分類及 DTM 成果檢核	2:5
4	控制測量	3:2
5	資料收發控管	1:2
6	正射影像檢核	1:4
7	計畫行政控管	0:3

表 2.2 本案作業人員男女統計表

註:部分作業人員之作業項目重疊,故表 2.2 內作業人員總數非本案實際人員總數。

第參章、成果檢查方法及標準

本章節將說明如何針對測製廠商提送之<u>光達相關成果進行檢查</u>,主要分為:掃瞄飛航計畫、控制測量檢核、點雲及航帶平差檢核、點雲分類及 DTM 成果檢核、航空攝影(含空中三角測量)及正射影像檢核等五個大項。其中掃瞄飛航計畫書檢查為本團隊規劃之檢核點 1;控制測量檢核、點雲及航帶平差、航空攝影及空中三角測量檢核為檢核點 2;點雲分類及 DTM 成果檢核、正射影像成果檢核為檢核點 3 之檢核項目,所有成果需經過上述 3 個檢核點檢查通過才算合格。乙方提送成果與丙方檢查項目規劃如表 3.1 所示,各工作項目包含多項細部檢查方式、通過標準,本團隊依此檢查方式分別於各期檢查完成後提送相對應之檢查報告予甲方,本小節分別就掃瞄飛航計畫(3.1 節).控制測量檢核(3.2 節).點雲及航帶平差檢核(3.3 節).點雲分類及 DTM 成果檢核(3.4 節).航空攝影檢查、空中三角測量檢查及正射影像檢核(3.5 節)五大項之檢查項目逐一說明監審實施方法與品質管制標準,本項光達相關成果品質監審為本案主要工作,預估佔所有工作量之七成左右。

部分檢查依特性不同,其驗收標準 AQL(Acceptable Quality Limit) 採 ISO2859.1-1999 抽樣檢查計畫表決定抽樣數及定義通過標準,即定義正 常檢驗單次抽樣質量允收水準,抽樣表詳見附件一。

檢核點及子測區規劃說明請參照本報告第1.5節內文。

3.1 掃瞄飛航計畫成果檢核

此節描述資料獲取工作項目之檢核,包含:空載雷射掃瞄飛航計畫書審查、空載光達系統率定 (含率定場) 檢查、各架次成果初步檢核與掃瞄飛航報告書檢查。飛航計畫檢查工作應在乙方繳交完備資料之日期起算,於10日內檢查完竣,並於廠商交付計畫起算14日內提送審查報告,本項檢查總表設計如附件二表100。此檢核步驟屬本團隊規劃之檢核點1,檢查項目以下依序說明各項目檢查工作之送審資料、檢查內容及方法及通過標準。

3.1.1 空載光達掃瞄飛航計畫書檢查

- 1、送審資料:乙方依期程需於113年提送空載光達掃瞄飛航計畫予 丙方審查,乙方應於決標次日起20個日曆天內繳交。內容應包 含:
 - (1).空載光達掃瞄飛航儀器設備形式與規格說明:包含 IMU、 LiDAR、機載 GNSS。
 - (2).掃瞄範圍規劃圖:需檢附 SHP、CAD 或其他通用之流通格式 範圍圖檔。
 - (3).各規劃航線之掃瞄設定參數:包含雷射測點密度、視角角度大小、雷射發射頻率、掃瞄頻率、航高、航帶重疊比例與飛行方向,其中規劃航線、測區範圍等圖檔,應檢附 SHP、CAD或其他通用之流通格式圖檔。
 - (4).地面GNSS基站分布圖:需檢附GNSS基站點位圖層,為SHP、 CAD或其他通用之流通格式。
 - (5).GNSS 衛星觀測時段規劃圖與潮汐資料:海岸地區原則上為飛 航當日低潮位前後2小時進行資料蒐集,以蒐集最大面積海 岸沙洲及潮間帶資料。
 - (6).應具有最近 2 年內經全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation; TAF)認證實驗室出具之校正報告做為品保參據。 其報告內容所列器差值之均方根應小於 0.18 公尺(高程基本 精度)。

2、檢查內容及方法:

(1).飛航儀器設備:本案空載光達儀器於各年度計畫首次飛航前應辦理空載光達系統率定或至少一年進行一次率定,每次空載光達儀器經拆卸後應辦理系統率定或提出精度佐證報告。率定報告至少需包含系統率定方法、日期、地點、原始率定資料、計算過程記錄(含關鍵之軟體處理畫面、率定結果校差不得超過0.1公尺)及成果精度說明等相關資料並檢查其型式與規格是否詳列於報告書中。

- (2).掃瞄範圍:檢查掃瞄範圍是否涵蓋測區。而飛機換航線之轉彎 掃瞄資料,不得使用於後續航帶平差及 DEM、DSM 之製作, 亦不可視為補飛加密航線成果使用。
- (3).雷射測點密度:利用軟體全面檢驗原始點雲資料,進行處理及計算作業,採用重疊航帶計算點雲密度之檢核作業方式,累計所有航線點雲以100×100平方公尺為單位。每平方公尺點雲密度以2點為原則,低於2點的網格數應小於作業區全部網格數的10%,低於1點的網格數應小於作業區全部網格數的5%。上述點雲密度不足及低點雲密度區域可採補飛航線方式加密點雲資料,以達點雲密度通過標準。
- (4).補飛航線規定:非掃瞄飛航計畫書所規劃之航線,目的為補雲 洞、補密度不足及補航帶間重疊率不足之航線。相關規定如 下:

A、因系統特性引起之資料缺漏,不可視為補飛航線,如:山谷無回波之航線,應以正規航線規劃掃瞄,不適用補飛航線規定。

- B、補飛航線位於海拔高程 1,500 公尺以上區域時,其航高需介於該區域原規劃航高之±300 公尺以內。
- C、海拔高程低於 1,500 公尺之區域,其補飛航線需依該區域原規劃航高及參數進行飛航掃瞄補飛作業。
- (5).航帶重疊比例:影像航拍及點雲掃瞄之重疊率規劃應滿足以下規定:航空攝影方式採垂直連續攝影(攝影軸傾斜角應小於 15 度), 航線內相鄰影像重疊率(前後重疊)應大於 80%, 相鄰航帶重疊率(左右重疊)應大於 40%。空載光達點雲掃瞄相鄰航帶應採 50%以上重疊進行規劃,並確實依規劃進行掃瞄,掃瞄成果經查驗,相鄰航帶點雲需滿足 40%以上重疊。
- (6).飛行方向:作業區域範圍內各條航線之頭尾皆有交叉航線,其 目的在增強全區平差時之幾何強度。檢查作業區域範圍內交

叉飛航數據,各條航線每隔至多 25 公里應進行各航線之交叉掃瞄飛航。

- (7).GNSS 幾何條件評估:檢查 GNSS 基站分佈與規劃之 GNSS 衛星觀測時段之幾何條件是否符合要求。每條航線至少應有 2 個 GNSS 基站同步接收 GNSS 觀測量。所用之 GNSS 接收儀須為雙頻儀器,且基站與航線範圍的距離應小於 20 公里。 飛航時定位光達掃瞄之 FOV 設定不應超過 50 度。進行率定場之率定作業時,地面 GNSS 基站接收頻率皆須達 2Hz;其餘飛航掃瞄時地面 GNSS 基站接收頻率應達 1Hz。辦理飛航掃瞄時,地面 GNSS 基站接收頻率應達 1Hz。辦理飛航掃瞄時,地面 GNSS 基站及掃瞄飛航載具上 GNSS 之平均 PDOP 值應小於等於 4,且衛星顆數大於 6 顆。測區內若人車抵達困難,致不易架設基站,測製單位應蒐集相關佐證資料,經丙方同意後,得放寬基站布設間距。
- (8).潮位資料:掃瞄海岸地區時,原則上為飛航當日低潮位前後2 小時進行掃瞄,以蒐集最大面積海岸沙洲及潮間帶資料。

若丙方對於測製廠商所提送之飛航計畫書內容或規劃產生 疑義時,必要時將協請測製廠商提供相關佐證資料說明。

- 3、檢查表:空載雷射掃瞄飛航計畫書檢查表設計如附件二-表 101。
- 4、通過標準:所有資料須全數符合上述規定,否則洽詢測製廠商修正。

3.1.2 空載光達系統率定 (含率定場) 檢查

- 1、送審資料:乙方應於第2階段(乙標契約)執行期間提送檢核。
 - (1).率定場設置報告書:乙方團隊應自行設置一座率定場,其設置 方式參考內政部 LiDAR 測製數值高程模型及數值地表模型 標準作業程序(草案),或依據空載光達設備廠商之建議。
 - (2).率定報告書:首次飛航前需進行光達系統率定;空載光達儀器 經拆卸後應辦理率定或提出精度佐證報告。率定報告至少需 含系統率定方法、日期、地點、原始率定資料、雷射掃瞄儀

器形式與序號、計算過程記錄(含關鍵之軟體處理畫面)、航線設計、率定前後結果及成果精度說明等相關資料。

- (3).掃瞄儀器所下載未經處理前之資料:包含 GNSS、IMU 與空 載光達測距資料、經初步處理後之 LAS 格式檔、原始航空影 像。
- (4).GNSS 基站原始觀測資料及其 RINEX 檔。
- (5).空載光達校正報告。

2、檢查內容及方法:

- (1).率定場設置報告書:檢查率定場面積、與場內地表坡度、與植被覆蓋率及具有容易辨識之地物特徵是否符合要求。率定場面積為長寬各約1公里範圍。率定場內之地表坡度應平緩。植被覆蓋率應小於10%,且應具有容易辨識之大型建物(平頂、斜頂)及道路標線等明顯特徵。率定場避免設置於例行班機航道、軍事要地、大規格開發或地層下陷區域。
- (2).率定報告書:檢查系統率定方法、日期、地點、原始率定資料、計算過程記錄(含關鍵之軟體處理畫面)、雷射掃瞄儀器形式與序號、航線掃瞄飛機姿態傾角(bank angle)圖形,飛航過程中飛機之傾斜角包含偏航(yaw).顛簸(pitch).滾動(roll)亦需保持在15度以內。率定結果誤差不得超過10公分及成果精度說明等相關資料。航線設計至少須包含4個不同航向及2個不同航高,或依原廠建議加以設定;並須進行額外之確認飛行(verification),以提供後續成果驗證。地面GNSS基站所用之儀器需為雙頻,在觀測前應先完成定期檢校;並選擇PDOP小於4,且衛星數量大於6顆之時段作業,觀測時應以至少2Hz之接收頻率加以記錄。率定飛航於起飛及降落階段,均應使飛機停在機坪或跑道上之固定位置,維持10分鐘以上穩定接收GNSS訊號;且自系統開機起至完成作業後關機之過程,POS系統均不得有斷訊或其他錯誤訊息產生。
- (3).率定日期及時間:首次飛航前須進行光達系統率定,並至少一年進行一次率定檢核(每次空載光達儀器經拆卸後應辦理系

統率定或提出精度佐證報告)。逐筆檢查各原始檔案檢查率定 日期及時間。

- (4).**空載光達檢正報告**:檢查校正日期及器差均方根是否符合規 定。
- 3、通過標準:所有資料須全數符合上述規定,否則洽詢乙方修正。
- 4、檢查表:光達系統率定 (含率定場)檢查表設計如附件二-表 102。

3.1.3 各架次成果初步檢核與掃瞄飛航報告書檢查

- 1、送審資料:乙方需按規劃航線飛行,於飛航掃瞄後之14日內, 須繳交該批次執行之原始連續飛航掃瞄數據(含掃瞄儀器所下 載未經處理前之資料及處理後之LAS格式檔)給監審案廠商。
 - (1). 飛航掃瞄報告書:包含航線圖、飛航參數與掃瞄參數、本作業期程內之天氣、當日低潮位時間、航管資料(需向中央氣象署或交通部民航局或相關單位申請)、航線掃瞄飛機姿態傾角(bank angle)圖形、GNSS 軌跡圖(含坐標、飛行姿態、時間,其中時間記錄格式應為 GNSS WEEK、GNSS TIME,且儲存為 ASCII 檔或其他通用格式)、GNSS 基站分佈圖、GNSS基站衛星觀測 PDOP圖、空載雷射掃瞄儀檢定報告書。
 - (2).空載光達所下載未經處理前之資料:包含 GNSS、IMU 與空載 光達測距資料、經初步處理後之 LAS 格式檔,同時乙方需提 出各架次成果原始掃瞄採全波形紀錄之佐證資料供丙方備 杳。

2、檢查內容及方法:

(1).GNSS 幾何條件:檢查 GNSS 基站分佈與 GNSS 衛星觀測時 段之幾何條件與時間記錄是否符合要求。空載光達資料獲取 同時,應於掃瞄區域內 20 公里範圍內,選取 2 點以上之透 空度佳(仰角 10 度以上無遮蔽)的地面 GNSS 基地站,故地面 控制點距上述 GNSS 基站之最長距離應為 20 公里之半,統

- 一以 10 公里為驗收基線計算。基地站 GNSS 起始時間應比 光達掃瞄系統之 GNSS 測量起始時間早 10 分鐘,且關機要 比光達掃瞄系統之 GNSS 測量觀測時間晚 10 分鐘。資料獲 取間隔應與機上之 GNSS 接收儀一致。地面 GNSS 基站,接 收儀須為雙頻儀器,數據每秒至少接收 1 筆。
- (2). 空載雷射掃瞄儀: 檢查空載雷射掃瞄儀校正報告, 其空載雷射掃瞄儀形式是否符合要求。IMU 之 Rool、Pitch (RMS)精度至少 0.015 度, Heading (RMS)精度至少 0.05 度。機上 GNSS 接收儀需為雙頻儀器。
- (3).掃瞄日期及時間:依據各原始檔案檢查施測日期及時間。
- (4).飛航掃瞄報告書:
 - A、航線圖必須使用內政部 1/25,000 比例尺地形圖為底圖, 繪製航線圖、控制點分布圖、成果圖索引圖,並掃瞄製作 成電子檔。
 - B、飛航參數與掃瞄參數應配合航線圖說明每條航線之日期、 航高、航速、航向、掃瞄角度(FOV)、掃瞄頻率、雷射 脈衝頻率、每條航線計算 GNSS 所使用之地面控制點、使 用儀器之規格等有關掃瞄參數與飛航參數及儀器資訊等。
 - C、作業區域範圍內各條航線之頭尾皆有交叉航線,同時每隔至多25公里應進行各航線之交叉掃瞄飛航。
 - D、天氣(必須繳交作業區內民航局塔台資料以資佐證).當日 低潮位時間、航管資料是否符合本作業期程內。航線掃瞄 飛機姿態傾角(bank angle)圖形。
 - E、掃瞄飛航過程中飛機之傾斜角(Roll、Pitch)須保持在15度以內。飛航時光達掃瞄之FOV設定不應超過50度。
 - F、乙方需提出各架次成果原始掃瞄採全波形紀錄佐證資料 供丙方備查,依乙方使用儀器不同,協調提供佐證資料格 式。
- 3、通過標準:所有資料須全數符合上述規定,否則洽詢乙方修正。
- 4、檢查表:各架次成果初步檢核與飛航掃瞄報告書檢查表設計如附件二-表 103。

3.2 控制測量成果檢核

檢核乙方施測之 GNSS 新設基站及航帶平差所需的控制點坐標成果。 檢查總表設計如附件三-表 110,以下逐項說明檢查內容及方法。送審資 料包含:

- (1).新設 GNSS 基站布設及觀測資料:本項應包含乙方自行架設之 GNSS 基站點號及點位分布圖、點之記、原始觀測數據及說明。另外請乙方蒐集該區可能使用到之地礦中心、氣象署、國土測繪中心或其他機關之連續站資料供丙方計算之用。
- (2).平差控制點布設成果:應包含平面及高程控制點量測成果坐標、點位分布圖及點之記。
- (3).上述成果需提供橢球高及正高成果。正高成果採用內政部發布之臺灣地區大地起伏模型,將橢球高成果內插計算為正高值。

3.2.1 控制測量書面資料檢核

1、檢查樣本單元及數量:所有書面資料全數檢查。

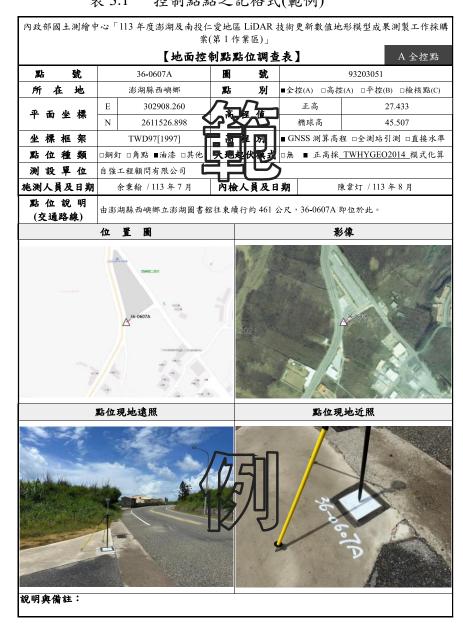
2、檢查內容及方法

- (1).新設地面 GNSS 基站檢查:空載光達資料獲取同時,應於掃 瞄區域內 20 公里範圍內,選取 2 點以上之透空度佳(仰角 10 度以上無遮蔽)的地面 GNSS 基地站,故基站之分布需滿足 上述要求。同時接收儀須為雙頻儀器,數據每秒至少接收一 筆。廠商所設之地面 GNSS 基地站坐標成果,於架設完成後 需蒐集 3 天(72 小時)之觀測檔並提供儀器、天線盤型號及天 線高等資料,由監審單位統一進行坐標解算後使用,以確保 本案成果框架之一致性,非經丙方統一計算回饋之連續站坐 標不得使用於本案。乙方應提送之基站觀測資料說明如下:
 - 新設基站若為移動站,應辦理 GNSS 靜態觀測,重複觀測 次數為 2 次以上(腳架重擺),每次觀測時間均大於 6 小時,且應同步連測附近點位,天線高化算至相位中心寫至 RINEX 觀測檔中。

- 新設基站若為其他機關設置之連續追蹤站,請向該機關申請並取得至少3天(72小時)之觀測檔資料,並記錄儀器、天線盤型號及天線高等資料。
- 請廠商蒐集該區可能使用到之其他機關(如:地礦中心、氣象署、國土測繪中心等),同時段連續站資料一併供丙方計算之用。
- (2).平差控制點檢查: 航帶平差控制點為辦理點雲航帶平差及影像空中三角平差所需之控制點。 航帶平差控制點布設條件:
 - 測區之四角應布設1組(2個)全控點(即A點)。
 - 每個航帶間應有3個高程控制點(航帶頭、中及尾各段應至少1點,同樣視為A點),除測區左右側邊外,高程控制點應以位於正常及交叉航線重疊區為原則;若於高程控制點位周圍有透空度良好的角點特徵時(如屋角點能於空載光達點雲中形成可辨識的角點特徵),一併設置航帶平差所需之平面控制點(即B點)。
 - 相鄰之測區接邊處應共用控制點。
 - 控制點位應設置鋼標(釘),得視需要佈設航空標,航空標之 尺寸應配合航高、立體測圖儀量測標尺寸及測圖精度等條件之考量,以立體測繪時可清楚辨認為原則;亦可選擇自 然點作為控制點。
 - 高程控制點之高程包含橢球高及正高。
 - 為確保空中三角測量品質,應於測區中央布設 5%圖幅數 (不得小於 10 個點)以上之檢核點(即 C 點),供驗證空中三 角平差品質,若測區中因地形限制無法挑選規定數量之檢 核點,經委辦單位同意後得調降檢核點之數量。
 - 如測區內部分區域因不易到達,無法辦理地面控制測量作業,致控制點分布無法符合要求,經委辦單位同意後,得使用既有影像控制點成果,惟該點位坐標須經檢測合格。
 - 控制點類型:A點:頭中尾高程控制點及測區四角全控點;B點:平面控制點(特徵角點); C點:檢核點。

- (3).控制點點之記:每個 GNSS 基站、控制點及檢核點皆須製作 點之記、點位分布圖及坐標檔案,點之記格式如表 3.1。
 - 點之記檔案格式為*.doc 或*.pdf,各點一個檔案儲存,檔名以點號命名之,點之記之點位說明及照片需明確以利抽測尋點。點位分布圖為 CAD *.dwg 格式提供,坐標檔案以*.xls 格式提供,點位坐標採內政部最近公布坐標系統紀錄之。有關點之記內高程值之表示法,若其高程值為採大地起伏模型化算時,應在正高/橢球高欄位註記其化算模型。(如:採 TWHYGEO2014 版本化算)。

表 3.1 控制點點之記格式(範例)



- GNSS 基站需額外繪製點位透空圖並附上四方環景照片,若基站附近包含雷達、高壓電塔、電台等電訊設施,請一併註明其距離及方位角。採雙主站方式布設之基站若透空度類似則點之記內可共用透空圖,但需註明清楚雙主站之共點點號。
- (4).原始觀測數據及說明:觀測網形應符合內政部「基本測量實施規則」。
- (5).最小約制及強制附合網形平差成果:網形平差成果應達到內 政部「基本測量實施規則」所規定之加密控制點施測標準。
- (6).GNSS 校正報告:檢查其器差之均方根誤差是否合於規範。
- 3、通過標準:所有書面資料皆合乎上述要求。
- 4、檢查表:控制測量成果書面資料檢查表如附件三-表 111。

3.2.2 新設地面 GNSS 基站坐標解算

1、檢查樣本單元及數量:樣本單元為繳驗之新設地面 GNSS 基站及控制點,採單次抽樣,抽樣比例為 10%以上,每個送驗批至少抽 4個點,允收品質水準(AQL)為 0,亦即所有抽樣皆須通過檢查標準。ISO 2859.1999 抽樣檢查樣本代字表請詳見附件一。此項外業委由國土測繪中心測量隊執行。

2、檢查內容及方法

- (1).新設地面 GNSS 基站觀測資料:各測製單位所設之地面 GNSS 基地站坐標成果,於架設完成後需蒐集 3 天(72 小時)之觀測檔並提供儀器、天線盤型號及天線高等資料提送監審方,新設基站若為移動站,請重複觀測 2 次(腳架重擺),每次觀測時間均大於 6 小時,且應同步連測附近點位,天線高化算至相位中心寫至觀測檔中提送監審方。
- (2).坐標統一解算:監審方於收齊乙方基站資料後,20個日曆天內, 完成基站坐標解算後提供使用,以確保本案成果框架之一致性。 坐標系統採用內政部最新公告之坐標系統;若需執行正高轉換計

算則使用內政部公告之大地起伏模式為之(實際採用大地起伏模式版本待工作會議中討論決定)。另也需繳交框架解算成果,以乙方提供之已知點,實施網形觀測(具備多餘觀測量,並採最小二乘平差解算),引測抽樣點之三維坐標,與內政部公告坐標比對。

- 3、通過標準:所有基站分布需滿足 3.1.3 節所述之 GNSS 幾何條件規定。且抽樣之地面 GNSS 基站需滿足透空度(仰角 10°以上無遮蔽)之規定,若有不合格之情形乙方應重新規劃布設並提送觀測資料予丙方解算,並負擔重新解算及檢查之費用。
- 4、檢查表:本項控制點坐標統一由丙方解算後回饋各廠商使用故僅 針對乙方控制點布設及分布情況是否與點之記吻合,丙方坐 標計算項目則不另設檢查表。

3.2.3 平差控制點測量成果外業檢查

- 1、檢查樣本單元及數量:樣本單元為繳驗之平差控制點(航帶平差 用之頭中尾控制點),採單次抽樣,抽樣比例為 10%以上,每個 送驗批至少抽 4 個點,允收品質水準(AQL)為 0,亦即所有抽樣 皆須通過檢查標準。
- 2、檢查內容及方法:外業重複量測乙方平差控制點(10%以上),獲得該抽測點之三維坐標後與乙方所提供之平面坐標於內政部最新公布之坐標系統(本案原則規劃採用 TWD97[2020]坐標系統)下比對差值,所得差值中誤差於平面方向應小於 10 公分,高程方向應小於 10 公分,自平面方向最大較差值應小於 20 公分,高程方向最大較差值應小於 20 公分。上述外業點位量測方式依本案空載光達測製數值地形模型作業說明(貳、四、(四) 2 項)規定辦理,同時,有關控制點抽樣規劃、量測及記錄方式應於本案測量隊外業監審檢查作業說明講習時,針對外業測量人員提出說明。
- 3、通過標準:所有抽樣點位皆須合格,若有不合格之情形乙方應重 新觀測,並負擔下次檢查之費用。
- 4、檢查表:控制測量成果外業檢查表如附件三-表 112。

3.3 點雲及航帶平差檢核

此節描述點雲及航帶平差檢核方法,此檢核步驟屬每個測區之檢核 點2檢查項目,針對點雲資料後處理成果之檢核而設計。針對此檢核點, 乙方應送審資料如下:

- 2、飛航軌跡與姿態資料:每個航帶光達掃瞄儀之飛航軌跡與姿態 資料。
- 3、正射影像資料:空載光達掃瞄當時同時拍攝之空照正射影像, 影像格式為 TIF 及記錄其對應坐標之 TFW。
- 4、航帶平差書面資料:包括控制點分布、觀測點分布、交叉航線 分布、各航帶點雲資訊統計、點雲涵蓋圖、點雲密度及航帶間 相對偏差量分布圖等成果報表(本團隊將提供相關檢核程式供 乙方輸出一致之檢核報表)。
- 5、水域數化成果:該測區所有水域之邊界線,為 SHP、CAD 或 其他通用之流通格式(含水域、沙洲及海域等圖層)。
- 6、雲覆蓋區域邊界線:該測區掃瞄時為雲霧所覆蓋區域之邊界線,為SHP、CAD或其他通用之流通格式。
- 7、空中三角測量相關成果:點雲航帶平差有採用空三立體量測之 控制點,須一併提供空中三角測量平差成果報表及立測點位 點之記。

點雲及航帶平差檢核工作項目包含:點雲記錄格式檢查、測區覆蓋 完整度及相鄰航帶重疊率檢查、點雲密度檢查、航帶平差書面資料檢查、 航帶相對高程誤差檢查。檢查總表設計如附件四-表 200,本項檢查工作 應在測製廠商繳交完備資料之日期起算,於30日內完成。以下依序說明 各項目檢查工作之檢查樣本單元及數量、檢查內容及方法及通過標準。

3.3.1 點雲記錄格式檢查

為確保各乙方所繳交的光達點雲資料檔案符合規格,所有繳交的點雲資料皆須經過檢查,檢查資料內容是否包含各掃瞄點的地面三維坐標值、反射強度值及回訊順序等資料,資料格式是否採 LAS 格式,點位坐標是否記錄至公分,可記錄的回波數是否大於或等於 3,及回波強度值域是否不少於 256 階等。若有任何不通過檢查之檔案,應洽詢乙方修正或重新觀測。

1、檢查樣本單元及數量:樣本單元為航帶點雲檔案,檢查數量為全 數航帶點雲檔案。

2、檢查內容及方法

(1).檔案格式:記錄檔案應符合 LAS 1.2 格式。檢查方法是以檢核程式開啟並檢查檔案是否符合 LAS 1.2 記錄格式。且應至少包含表 3.2 中的欄位資料:

欄位名稱	欄位說明	
X	X 坐標	
Y	Y坐標	
Z	Z坐標	
Intensity	雷射光反射強度值	
Return Number	此點之回波序號	
Number of Returns	此點之雷射光束產生之總回波數	
Classification	分類編碼	
Scan Angle Rank	雷射光掃瞄角度	
Point Source ID	點來源代號(航帶編號)	
GNSS Time	GNSS 時間	

表 3.2 LAS 格式應具備資料

- (2).回訊數目:記錄之回訊數目應大於或等於3。檢查方法是以檢 核程式計算檔案中所記錄之點位回訊順序數目之比例。
- (3).點位記錄的有效位數:點位記錄應以公尺為單位,並記錄至小數點以下 3 位。以每 1 點(列)為 1 個單元,若任 1 點(列)有 1 個以上的坐標值的有效位數不足,則此點位即屬不符,每一檔案有效位數不足的點數比例應小於 1 %。檢查方法為程式檢查點位記錄的有效位數。

- (4).回波強度值域:回波強度值域至少為 256 階,有效的記錄階數應大於 50。檢查方法是以檢核程式檢查檔案之回波強度值域是否多於 256 階,再以程式繪製回波強度值之直方圖,以檢查有效的回波記錄階數是否大於 50。
- (5).重複點檢驗:點位坐標值完全相同之數目減1,為不符合數目。 檢查方法是以檢核程式檢查每1檔案之不符合數,不符合數 目比例應小於1%。
- 3、通過標準:所有點雲檔案須全數符合上述規定,否則洽詢測製廠 商修正或重新觀測。
- 4、檢查表:點雲紀錄格式檢查表設計如附件四-表 201。

3.3.2 測區覆蓋完整度及相鄰航帶重疊率檢查

為確保乙方所繳交的光達點雲資料完整涵蓋測區並符合相鄰航帶重疊率大於 40%之規定(原始航線規劃應以 50%重疊進行規劃),所有繳交的點雲資料皆須經過覆蓋率及重疊率之檢查。若有任何不通過檢查之檔案,應洽詢乙方補充航線。

 1、檢查樣本單元及數量:檢查單元為航帶點雲檔案,檢查數量為 全數航帶點雲檔案。

2、檢查內容及方法

- (1).測區覆蓋完整度:測區應全面覆蓋預定的規劃區域,檢查方法 是以程式讀檔並繪製所有航帶點雲覆蓋及重疊圖,人工檢視 點雲覆蓋及重疊圖,以確定扣除掉飛機變換航帶之轉彎航線 後的點雲區域是否完整覆蓋測區。
- (2).相鄰航帶重疊率: 航帶間點雲重疊率應大於 40%, 人工檢視 點雲覆蓋及重疊圖,以確定相鄰航帶之重疊率是否符合規定。
- 3、通過標準:點雲完整覆蓋整個測區,且每個航帶與相鄰航帶重疊率皆應大於40%,否則洽詢測製廠商補充航線。
- 4、檢查表: 測區覆蓋完整度及相鄰航帶重疊率檢查表設計如附件 四表 202。

3.3.3 點雲密度檢查

全面檢查點雲密度以確保乙方所繳交的光達點雲資料之點雲分佈密度符合本計畫之規格,即本案掃瞄區域所有航帶重疊後之原始數據之第一或最後回波 100×100 平方公尺之平均密度,每平方公尺點雲密度以 2 點為原則,低於 2 點的網格數應小於作業區全部網格數的 10%,低於 1 點的網格數應小於作業區全部網格數的 5%。若檢查不通過,應洽詢乙方補充航線。

1、檢查樣本單元及數量:樣本單元為每 100×100 平方公尺之點雲, 檢查所有樣本。

2、檢查內容及方法

(1).點雲密度:採用重疊航帶計算點雲密度之檢核作業方式,累計所有航線以100×100平方公尺為單位,每平方公尺點雲密度以2點為原則,低於2點的網格數應小於作業區全部網格數的10%,低於1點的網格數應小於作業區全部網格數的5%。上述點雲密度不足及低點雲密度區域可採補飛航線方式加密點雲資料,以達點雲密度通過標準。

任何點雲資料缺漏(俗稱雲洞)之定義:經監審方認定因點雲資料缺漏以致掃瞄成果不足以表現地形或地表模型之區域或經以下點雲密度統計:扣除水域範圍後平坦地區大於9(即 3×3)倍檢查方格面積範圍內(300 公尺×300 公尺);丘陵、山區及陡峭山區大於4(2×2) 倍檢查方格面積範圍內(200 公尺×200 公尺),統計上述檢查範圍內之平均密度若低於每平方公尺0.5點,則視為資料缺漏,廠商需採補飛方式取得資料。若監審方於檢核點3—點雲過濾成果檢核項目時發現成果有雲洞影響品質,則乙方仍需設法規劃補飛航線補足點密度。

「補飛航線」定義為非飛航計畫書所規劃之航線,目的 為補雲洞、補密度不足及補航帶間重疊率不足之航線,相關 規定如下: a.因系統特性引起之資料缺漏,不可視為補飛航線,如:山谷 無回波之航線,應以正規航線規劃掃瞄,不適用補飛航線規 定。

b.補飛航線位於海拔高程 1,500 公尺以上區域時,其航高需介於該區域原規劃航高之±300 公尺以內。

c.海拔高程低於 1,500 公尺之區域,其補飛航線需依該區域原 規劃航高及參數進行飛航掃瞄補飛作業。

- 3、通過標準:測區內不合格網格數目比例應低於 10%,且低點雲密 度網格數目比例應低於 5%,否則洽詢測製廠商補充航線。
- 4、檢查表:點雲密度檢查表設計如附件四-表 203。

3.3.4 航帶平差書面資料檢查

檢查航帶平差書面資料以確保各乙方所執行的點雲資料航帶平差工作符合本計畫之規格,即應進行測區內所有航帶資料間高程偏差量之全區最小二乘嚴密平差,控制點分布應滿足契約要求,進行航帶平差時應加入控制點,每航帶間應有3個控制點(包括頭、中及尾各1點)。控制點應該具有均勻分布的航帶重疊高程偏差量觀測點位,其分布密度應高於每平方公里2點;平差結果之單位權中誤差(觀測量的權皆給1)應小於10公分。若檢查不通過,應洽詢乙方修正。

1、檢查樣本單元及數量:檢查單元為本案測區之航帶平差結果。

2、檢查內容及方法:

(1).控制點分布:控制點分布應滿足契約要求,進行航帶平差時應加入控制點,每航帶間應有3個控制點(包括頭、中及尾各1點)。測區範圍內如有因交通中斷等不可抗力因素導致無法到達或該區域無適合地點設置,經查證屬實,可採空中三角測量方式量測補足所需控制點,此時乙方應提送空中三角測量平差報告及立測點位予監審方審查。檢查方法為書面檢查控制點分布是否適當,並確認所使用的控制點已經過測量隊抽驗檢查通過。

- (2).觀測點位置分布:共軛區(點、線、面)位高程差量取方法,針 對測製案廠商提出之點雲航帶平差報告書,檢查其航帶平差 作業之共軛區選取、量測及平差方式是否符合本案點雲航帶 平差作業規定。
- (3).交叉航線:飛航計畫書中所規劃的交叉航線皆應納入平差。檢查方法為書面檢查是否有交叉航帶之觀測點位。
- (4).平差成果:平差結果之單位權中誤差(觀測量的權皆給1)應 小於10公分。書面檢查平差後的單位權中誤差及改正數是 否合乎精度要求。
- (5).點雲坐標修正:檢查點雲是否已依據各航帶修正參數修正點 雲坐標。
- 3、通過標準:須通過上述之檢查內容,否則洽詢測製廠商修正。
- 4、檢查表:點雲航帶平差檢查表設計如附件四-表 204。

3.3.5 航帶相對誤差檢查(內部精度檢查)

為確保航帶平差結果已有效修正航帶點雲之系統誤差,應執行航帶 相對誤差檢查,以驗證修正後之點雲內部幾何精度符合本計畫之規格, 即內部幾何精度應優於20公分。若檢查不通過,應洽詢乙方修正。

1、檢查樣本單元及數量:樣本單元為間隔50公尺之5×5平方公尺 區域內之點雲,檢查所有樣本。

2、檢查內容及方法:

(1).航帶相對高程偏差量計算:於測區每隔 50 公尺取一個對應平面位置為檢核位置,以各檢核位置為中心取 5×5 平方公尺的小區域, 擷取各重疊此區域之航帶點雲,以區域內之各航帶點雲估計平均坡度, 若估計之坡度小於 10 度,則進而計算點雲之最適平面,以此平面中心位置高程為推估之高程,如此可計算得每個航帶同一位置之推估高程,以計算航帶之相對高程偏差量,如圖 3.1 所示。若為 2 個航帶之重疊位置,則兩航帶之推估高程差為相對高程偏差量;若為多個航帶之重疊位置,則以推估高程最大及最小值之差為相對高程偏差量。以上述方法進行全測區之相對高程偏差量估算。

- (2).內部精度估計:測區之內部幾何精度應優於 20 公分,即所有有效的檢核位置之航帶相對高程偏差量估計值之平均值應小於 20 公分。
- 3、通過標準:測區之內部幾何精度應優於20公分,否則洽詢測製 廠商修正。
- 4、檢查表: 航帶相對誤差檢查表設計如附件四-表 205。

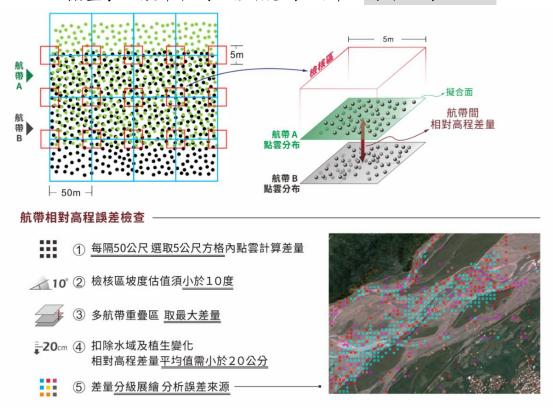


圖 3.1 航帶相對高程誤差檢查說明圖

3.4 點雲分類及 DTM 成果檢核

此節描述點雲分類成果檢核方法,此檢核步驟屬測區之第3個檢核點,針對點雲資料分類及DEM及DSM成果之檢核而設計。針對此檢核點,乙方應送審資料如下:

1、分類後點雲資料:即分幅 DEMLAS 檔(點雲分類目的為產製 DEM,故稱之為 DEMLAS),分類後之點雲資料應以 1/5,000 圖幅分幅,檔案格式採 LAS 1.2 格式,內容除包括各掃瞄點的地面三維坐標值、反射強度值及回訊順序等資料外,另需

包括分類後之編碼(共分4類:地面點、水面點、雜點及非地面點)。

- (2).DEM/DSM 網格資料:規則網格式 DEM 資料,網格間距為整數1公尺,應同時繳交3種資料格式,第一種是依內政部「高精度及高解析度數值地形模型測製規範」(草案)所規定之ASCII 格式(*.xyz),其他2種分別是 GeoTIFF 及 LAS 格式。
- (3).正射影像資料:以 1/5,000 圖幅分幅之正射影像,影像格式 為 TIF 及記錄其對應坐標之 TFW。

檢查工作項目包含:DEM 及 DSM 資料 ASCII 格式檢查、DEM 及 DSM 資料其他檔案格式檢查、點雲分類及 DTM 成果檢查、點雲平面精度與水域數化成果檢查、點雲編修人員能力檢核、DEM 外業檢查、成果接邊一致性檢查及地面點空間分布檢查。檢查總表設計如 附件五-表 300。除品質檢查外,各階段所應繳交之數值地形及正射影像成果數量及總繳交數量包括電子檔及紙本,丙方逐一清單後,確認數量無誤始為合格。以下依序說明各項目檢查工作之檢查樣本單元及數量、檢查內容、方法及通過標準。

3.4.1 DEM 及 DSM 資料 ASCII 格式檢查

為確保乙方所繳交的 DEM 及 DSM 資料檔案符合內政部「高精度及高解析度數值地形模型測製規範」(草案)所規定之 ASCII 格式,所有 DEM 及 DSM 資料檔案皆須經過檢查,檢查資料內容是否包含檔頭資料檔內容及網格資料檔內容。

乙案廠商於第 3 階段應繳交之 DEM/DSM 成果係指橢球高系統、LAS 格式。有關 XYZ(含 HDR、XML)及 GeoTiff 格式,應於甲方於 LAS 格式成果驗收合格後,再由測製案廠商據以轉製 XYZ(含 HDR、XML)及 GeoTiff 格式,測製案廠商於收到機關通知次日起 30 個日曆天內繳交經審查通過之 XYZ 及 GeoTiff 格式(均含正高及橢球高)至甲方。故本項目將於乙案廠商提送相關成果後再進行檢查,對應至乙案第 4 階段(年度期末)。

1、檢查樣本單元及數量:樣本單元為 1/5,000 圖幅,全數檢查。

2、檢查內容及方法

(1).檔頭資料檔(*.hdr)內容:

檔頭資料應備有之內容如表 3.3 所示。

表 3.3 檔頭資料內容

-F -7	衣 3.3 個與貝們的合
項目	說明
圖幅名稱	以文數字表示(例如五千分之一基本地形圖圖名)
圖幅號碼	以數字表示(例如五千分之一基本地形圖圖名)
坐標系統	採內政部一九九七坐標系統(TWD97[2020])
高程系統	採內政部二零零一坐標系統(TWVD2001)
比例尺等級	比例尺之分母,以整數表示(例如 1,000 或 5,000)
東西向網格間距	以 m 為單位 (例如 1 或 5)
南北向網格間距	以 m 為單位 (例如 1 或 5)
總網格點數	網格資料檔內的總網格點數(以整數表示)
行數	規則網格在東西方向的總行數(以整數表示)
石川・中人	規則網格在南北方向的總列數(以整數表示)
列數	(行數乘列數等於總網格點數)
圖幅西南隅 E 坐標	以整數表示 (例如 1 或 5 的倍數)
圖幅西南隅 N 坐標	以整數表示 (例如 1 或 5 的倍數)
生產方式代碼	數字代碼如下: 00 航測,人工量測 01 航測,自動匹配,但大部分經人工編修 02 航測,自動匹配,僅少部分經人工編修 03 航測,幾乎完全以自動匹配方式生產,僅極少數以人工剔錯 04 航測,自動匹配,未經人工編修 10 光達,大部分經人工編修 11 光達,僅少部分經人工編修 12 光達,未經人工編修
生產設備名稱	文字代碼 AP (解析測圖儀),如AP-LEICA-SD2000 DPW (影像工作站),如DPW-VIRTUOZO LiDAR (光達),如LiDAR-OPTECH-SOFTWARENAME (代碼後之說明必須以短橫線「一」連接起來,為連續之一個字)
原始資料採集設備名稱	文字代碼:AC(航攝),如AC-ZEISS-30 LiDAR(光達),如LiDAR-OPTECH-ModelType(代碼後之設 備型號必須以短橫線連起來,以成為連續的一個字)
飛行高度	海拔絕對高度,單位公尺 (例如 2,500 公尺)
最高地面高度	海拔絕對高度,單位公尺 (例如 500 公尺)
最低地面高度	海拔絕對高度,單位公尺 (例如 50 公尺)
平均地面高	海拔絕對高度,單位公尺 (例如 200 公尺)

万 从 次 似 止 文 口 如	如: 20210510		
原始資料生產日期	(註:年、月、日之間直接聯結,月、日並補足兩位數)		
原始資料生產單位	如:內政部國土測繪中心(註:名字之間不可留空)		
DTM (DSM) 生成日期	指測製完成之日期而非提交成果之日期		
DTM (DSM) 生成日朔	(註:生成日期之日可不填)		
DTM (DSM) 製作單位名稱	如:000公司(註:名字之間不可留空)		

(2).網格資料檔內容:

每一網格點是一組 E、N、h 三個坐標值,組成右旋坐標系的 三維坐標(如 250000 2670000 123.00),高程值取至小數點後 2 位。 坐標之間以一個空格(space)隔開,依序由圖幅西南角開始由西向 東排完一列後再向北由第二列排起,最後一個點為圖幅之東北角。 網格資料內除每一網格點之 E、N、h 三維坐標值外,不得含有任何其它數據。如遇到海域範圍高程無法計算時,ASCII 格式則跳 過該網格不賦予任何值,內陸地區之水域及湖泊則保留原始內插 數值,乙方需於提送水體數化成果中明確定義水域、沙洲及海域 範圍線。

以程式讀取網格資料檔,統計總網格點數、行數及列數是否 與檔頭資料相符。

(3).網格成果高程值及檔名檢查:

DEM、DSM 之檔案規劃採用(類別代號+1/5,000 圖號-製作日期),平面坐標取至整數值,高程值取至小數點後 2 位(單位為公尺)。上述「製作日期」命名可依需要改以圖號配合製作日期之清單方式提供。

(4).網格資料檔名檢查:

各網格檔案命名方式以 DEM 或 DSM 為首,第四碼英文字代碼高程系統(橢球高為 e、正高為 g)最後加上五千圖幅號,命名範例如表 3.4 所示。網格資料 ASCII 格式之檔名為*.xyz,如:DSMe94193022.xyz。若各項正高成果為採 geoid 大地起伏模式化算者,可於檔名後加註大地起伏版本,如:DEMg94193022_g14,代表使用 TWHYGEO2014 大地起伏模式化算之正高成果。詮釋資料 HDR 檔的命名如 94193022dsm.hdr。

成果高程系統	DEM檔名範例	DSM檔名範例	
橢球高成果	DEMe95201022	DSMe95201022	
正高成果	DEMg94193022	DSMg94193022	
採TWHYGEO2014版本 大地起伏模式化算之正高成果	DEMg94193022_g14	DSMg94193022_g14	

表 3.4 網格成果命名方式

- 3、通過標準:所有 DEM 及 DSM 資料 ASCII 檔案須全數符合規定,否則洽詢乙方修正。
- 4、檢查表:點雲紀錄格式檢查表設計如附件五-表 301。

3.4.2 DEM 及 DSM 資料其他檔案格式檢查

檢核測製廠商所繳交的 DEM 及 DSM 資料其他檔案格式之正確性。

- 1、檢查樣本單元及數量:樣本單元為 1/5,000 圖幅,採單次抽樣, 檢查水準第 I 級,允收品質水準(AQL)為 6.5。ISO 2859.1999 抽 樣檢查樣本代字表請詳見附件一。
- 2、檢查內容及方法:以程式讀取 DEM 及 DSM 資料 GeoTIFF、LAS 檔案格式,能被正確讀取並顯圖者才屬合格,同時需針對各幅網格成果輸出陰影圖(Shaded Relief Map),逐幅檢查其地形/地貌之合理性,山區應至少合併 4 方向以上之陰影圖,以減少因地形陰影處過暗導致無法發現錯誤之情況。
- 3、通過標準:抽驗樣本通過允收水準,否則洽詢測製廠商修正。
- **4、檢查表:** DEM 及 DSM 資料 GeoTIFF、LAS 格式檢查表設計如 附件五-表 302。

3.4.3 點雲分類成果檢查(含水域線檢查)

由於點雲分類成果之品質會影響 DEM 成果之精度,因此採全數檢 核方式,全面檢核乙方所提送之成果。

- 1、樣本單元及數量:樣本單元為 1/5,000 圖幅之分類後點雲資料及 水域線資料,全數檢查。
- 2、檢查內容及方法:

點雲過濾(分類)之查核需檢查乙方提送之全數圖幅,並逐幅檢查圖幅內是否包含下述點雲過濾常見錯誤表內所列之 11 項大錯,如表 3.5,若單一圖幅包含超過 3 個(含)以上明顯錯誤點,則視該幅點雲過濾為不合格,若非不合格惟圖幅內仍有錯誤處需修正,則視該幅點雲過濾為待修正,若全數錯誤修正完畢,則視該幅點雲過濾為合格。上述不合格圖幅數量應低於該階段(批次)應繳總圖幅數之 10%。乙方提送之點雲過濾成果,需(僅)包含地面點(ground, code 2).非地面點(nonground, code 31).水面點(water, code 9)及不合理點及雜點(noise, code 30)等 4 種類別。因水域內之點雲資料非正確之高程點資料,其回波易受水面特性反射而產生錯誤點雲,故於資料後處理時需將之分類為水域點雲。實際做法為乙方需數化測區內之水域線資料,將水域線圖層分為水線、沙洲線及海岸線。待丙方檢查合格後,將水域內點雲分類至水域點雲(water, code 9)圖層內,內插完成之 DEM 依海域線去除海域資料(不記錄)。

點雲編輯			
1	建物未濾除	7	非永久性堆積物未濾除
	17 p. 上帝、"少pb. 注析办		(土堆、垃圾、工程、地基)
2	堤防或實心道路被濾除	8	地面點不足(分類成果不佳或穿透
	(含土堤、魚塭及土埂等)		率不佳導致之地面點稀少)
3	橋樑、涵洞未濾除(含高架)	9	DEM 產生接邊線
4	不合理點雲未濾除(高點或低點)	10	平差問題(航帶).點雲缺漏(雲洞)
5	大量地面點過度濾除導致地形表現		
3	不足(地形反曲線、山脊線被濾除)	11	水域點雲分類錯誤
6	植被未濾除		

表 3.5 點雲過濾常見錯誤表

本案要求乙方於飛航掃瞄時應全程採全波形作業方式掃瞄及紀錄。除提送紀錄予丙方備查外,當乙方所繳交分類點雲 DEMLAS,經丙方檢核認定因穿透率不佳導致地形表現不足時,丙方應圈選地面點不足範圍,可要求乙方嘗試解算全波形資料以增加地面點。

3、通過標準:分幅點雲過濾資料不合格圖幅數量應低於該批次應繳

總圖幅數之 10%則判定通過,否則全數退回乙方重新修正。後續 乙方仍需將所有錯誤及待修正處逐一修正完畢。

4、檢查表:點雲分類及 DEM 成果檢查表設計如附件五-表 303。

3.4.4 點雲平面精度與水域數化成果檢查

為確保點雲平面精度,丙方透過點雲強度圖外平面位置特徵角點與點雲資料進行比對。水域數化成果則配合正射影像檢查水域數化正確與否。

1、樣本單元及數量:點雲平面精度檢查採抽樣檢查,至少抽 10% 圖幅數。樣本單元為 1/5,000 圖幅。水域數化成果採全數檢查。

2、檢查內容及方法:

- (1). 點雲強度圖與正射影像平面位置一致性檢查:分析點雲強度 值域、色階與對比,自動強化回波強度圖,便於人工觀測特 徵線段。於 TerraPhoto 環境中分區塊進行抽樣,描繪點雲特 徵與正射影像逐一進行比對,並量測兩者偏移量(如圖 3.2 所 示),原則採採樣點方式比對並記錄平面差值。針對量測結果 有明顯偏移處,乙方需查明成因為點雲資料或正射影像問題, 逐一修正至兩者間無明顯偏移為止,該批次成果才判定通過。
- (2).外業特徵角點檢查:檢查航帶平差平面控制點(屋角點)與點雲資料對應位置之平面較差。
- (3).水域數化檢查:配合正射影像逐幅檢查水域數化正確性;水 域線、沙洲線及海域線需分層記錄,且數化線段需閉合。

3、通過標準:

- (1). 點雲強度圖與正射影像平面精度檢查:透過人工比對點雲強 度圖之特徵對應正射影像位置,並量測統計兩者平面較差量, 其差量之平均應小於0.5公尺。抽樣之10%圖幅需全數通過。
- (2). 平面位置特徵角點檢查:檢查航帶平差平面控制點(屋角點) 與點雲資料對應位置之平面較差,其差量之平均應小於 0.5 公尺。
- (3). 水域數化成果採人工逐幅檢查,需全數通過,審查通過之水

域線數化成果應與光達水面點(水體點)分類成果相符,即水域範圍內不應有地面點,水域範圍外不應有水面點。

4、檢查表:點雲平面精度與水域數化成果檢查表設計如附件五-表 304。



圖 3.2 點雲平面精度檢查示意圖

3.4.5 點雲編修人員能力檢核

參與本案乙方之人員均須嚴格管理及登記,本團隊期初將辦理教育 訓練,建議各乙方廠商需指派數名實際參與點雲編修人員含內檢負責人 參加,以利瞭解本案點雲編修要求標準。本項工作將針對點雲過濾與編 修人員進行能力檢查。

1、檢查方法:參與測製案各家乙方之點雲編修人員均須嚴格管理及登記,編修人員對於 LiDAR 點雲之分類、編修及影像鑲嵌應具有相當之概念。故全面統計乙方編修人員之點雲編修成果不合格率,並於各階段成果繳交後提出統計結果予各方做人員調配參考。

統計該名編修人員初次送檢之不合格率:

初檢不合格率(%)=
$$\frac{\dot{s}$$
人員初檢不合格圖幅數量(m)} \dot{s} 人員辦理總圖幅數量(a) (1)

乙方針對丙方判定不合格之圖幅進行修正,於修正完成後重新 送驗(二次送驗)。並統計該名編修人員複檢之不合格率:

依作業經驗,乙方於第三次送驗成果大都可達合格,因此此部分將不再統計其不合格率。於複檢後,統計該編修人員之累計不合格率,即該編修人員(所有不合格圖幅數量/所有提送圖幅數量):

累計不合格率
$$(\%) = \frac{\text{is} \land \text{具所有不合格圖幅數量}}{\text{is} \land \text{具所有提送圖幅數量}} = \frac{\text{m+n}}{\text{a+b}}$$

a、b、m、n 定義如上(1).(2)式中所示。

2、檢查表:點雲編修人員能力檢查表設計如附件五-表 305。

3.4.6 DEM 成果外業檢核

DEM 成果檢核乃針對乙方繳交之 DEM 最終產品進行精度檢驗,採取外業測量的方式抽樣檢驗。本項內業規劃抽樣點位及數據統計分析由本團隊負責,外業量測作業則由測繪中心外業隊負責。

1、檢查樣本單元及數量

2、檢查內容及方法:

外業點位量測方式依本案空載光達測製數值地形模型作業說明 (貳、四、(四)2項)規定辦理,同時,有關控制點抽樣規劃、量測及 記錄方式應於本案測量隊外業監審檢查作業說明講習時,針對外業 測量人員提出說明。

檢查單元以區為單元,每區選擇大致平坦之區域,於半徑 50 公 尺範圍之內抽選 11 點,其中 1 點須位於範圍中央。以觀測得之抽樣 點平面坐標,從 DEM 內插對應點之 DEM 高程,與實測之點位高程 相互比較之。

依據契約附件空載光達測製數值地形模型作業說明(附錄二、高程容許誤差),本案取高程精度之 95%信心水準(E₉₅)為高程容許誤差,乃基本精度標準(Fundamental Accuracy),再依據不同地形類別及地表植被覆蓋情形,調整精度標準,計算公式為:

$$\sigma^2 = a^2 + b^2 + c^2 \cdot t^2$$

式中 a 為基本精度;

- b 為地形類別調整參數;
- c 為地表植被覆蓋情形調整參數;
- t 為地表植被平均高度。

以本案而言, a 為 0.18 公尺; 當不考慮地形及地表植被覆蓋類別時, 則 95%信心水準(E95)高程容許誤差為:

 $E_{95}=\pm 1.96 \times \sigma \approx \pm 0.35 m$ (其中 $\sigma = \sqrt{a^2} = 0.18 m$,此時 b、c 參數皆為 0)

b 參數之設定如表 3.6; c 參數之設定如表 3.7。

表 3.6 地形類別調整參數 b (單位 公尺)

地形類別	Level 2
平地	0.0
丘陵	0.2
山地	0.5
陡峭山地	1.0

植被覆蓋類別	Level 2
裸露地	0.0
植生地	0.2
林地	0.3
密林地	0.5

表 3.7 地表植被覆蓋情形調整參數 c (無單位)

分區統計各區(11點)所量測之高程相應 DEM 內插高程之差值的 均方根(RMSE),應滿足小於 0.35m 之條件。否則此抽驗區為不合格。

- 3、通過標準:不合格點數與總抽樣點數之比例,應小於5%。
- 4、檢查表: DEM 外業成果檢查表設計如附件五-表 306。

3.4.7 DEM 及 DSM 資料成果接邊一致性檢查

圖幅接邊處理工作包含 DEM/DSM,除各年度各家廠商範圍內部圖幅接邊之外,各年度分區接邊與不同年度資料的接邊工作,務必達到重疊區域的坐標點與高程值一致。配合 3.4.1 節內容說明,本項檢查於各階段僅針對 LAS(橢高)格式進行檢查,並依接邊一致之版本進行其他格式轉換。

- 1、檢查樣本單元及數量:檢查所有接邊圖幅,包含各年度間相鄰圖幅。
- 2、檢查內容及方法:以程式讀取 DEM/DSM 網格資料,求出圖幅之重疊區範圍,萃取重疊區之共點,進行高程值比對,實際檢查時分為各家內部一致檢查及與其他廠商(或年度)之外部一致檢查,本團隊將提供接邊檢查程式予測製廠商使用,並輸出一致之接邊檢查報表以利乙方自我內檢及丙方複檢。
- 3、通過標準:除地形明顯變遷處外,其餘重疊區之高程值必須完全一致。當測區銜接處因掃瞄時間差距造成地形或地貌明顯變遷(如河谷、崩塌地等)無法將其接邊高程處理至完全一致之情況時,乙方需將明顯變遷處圈選記錄成向量檔案,經認定合理後,保留該處範圍存查。

4、檢查表:圖幅接邊檢查表設計如附件五-表307。

3.4.8 地面點空間分布檢查

本項目針對測製廠商提送之分類後點雲資料進行檢查,透過評估指標檢視測製廠商所產製成果之地面點空間分布狀況,以確保其地形表現 與成果品質。

1、檢查樣本單元及數量:樣本單元為 1/5,000 圖幅之分類後點雲資料(DEMLAS)。採全數檢查。

2、檢查內容及方法:

- (1).定義地面點大孔洞區域為:將各圖幅分類後點雲(DEMLAS)內之地面點雲,進行 Delaunay 三角剖分分析,剖分成數個三角形,當單一三角形之最大邊長超過 10 公尺,則該三角形所涵蓋區域即視為地面點大孔洞範圍。如圖 3.3 所示。
- (2).每幅 5,000 分之一圖幅扣除平坦地、水域及建物區後,剩餘面積超過 36 公頃以上(約 1/20 圖幅),即視為有效檢核圖幅,面積未達 36 公頃之圖幅則不納入規範。(平坦地定義:地形坡度小於 10°之區域)。
- (3).針對有效檢核圖幅,統計地面點大孔洞範圍,當地面點大孔洞面積比例小於 10%(含),則判定該圖幅為通過,計算比例時須扣除圖幅內平坦地、水域及建物區。
- (4).當地面點大孔洞面積比例大於 10%時,採同圖幅既有成果(對照組)之地面點大孔洞面積比例進行比較,並額外賦予+10%之彈性容許門檻,即設定「對照組大孔洞比例+10%」為浮動門檻。當第(3)點之統計結果小於浮動門檻(含),則視為相對通過,反之則視為不通過。如該圖幅無對應既有成果可進行比對時,則仍以 10%(含)為門檻判定地面點空間分布檢查是否通過。
- (5).地面點大孔洞面積比例不得超過 30%上限,超過 30%則該圖幅一律判定不通過。

(6).既有成果(對照組)之選擇,如包含多期既有成果時,原則應選 用該圖幅歷年最佳者(大孔洞面積比例最小者),調整彈性容許 門檻。

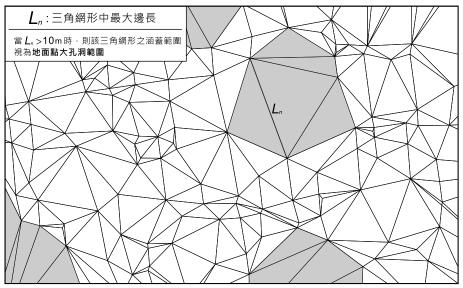


圖 3.3 地面點大孔洞範圍定義示意圖

- 3、通過標準:不通過之圖幅數量少於各階段有效檢核總圖幅數 1/10 以下(含),則判定地面點空間分布檢查合格;超過 1/10, 判定地面點空間分布檢查不合格。
- 4、檢查表:地面點空間分布檢查表設計如附件五-表 308。

3.5 航空攝影、空中三角測量及正射影像檢核

此節描述正射影像檢核方法,針對正射影像資料處理之檢核而設計, 因正射影像之產製資料來源為航拍影像,故本項檢查分為航空攝影檢查 及正射影像檢查2個部分來進行,其中航空攝影檢查除原始影像之基本 涵蓋、重疊率等,需另外提送相應之空中三角測量平差計算成果。乙方 所需繳交之成果資料分別如下:

航空攝影、空中三角測量資料繳交內容應包含:

- 1、原始影像(TIFF格式,含未糾正及畸變差糾正之影像成果)。
- 2、空中三角測量成果(影像內外方位元素).平差計算報表、連結點強度等,依指定格式填寫之電子檔。
- 3、原始空中三角測量平差專案檔(採 zip 檔壓縮檢附)。

- 4、原始影像航空片號記錄檔(SEL 檔)。
- 5、航空測量攝影機校正報告(含檢附像機原廠出具之率定報告及 TAF 認證報告)。
- 6、率定場檢定資料(如外方位初始值採 POS 數據時,則需提供本項資料)。
- 7、空中三角測量平差使用之平面及高程控制點資料、檢核點資料。

正射影像資料繳交內容應包含:

- 1、依內政部 1/5,000 圖幅分割之彩色正射影像,採內政部最新公布之坐標系統(本案原則規劃採用 TWD97[2020]坐標系統)。正射影像格式 tif,每幅正射影像包含其對應之坐標檔(*.tfw)。
- 2、乙方應提供鑲嵌線數值檔供接邊及鑲嵌檢查。

航空攝影檢核工作項目包含:航拍影像涵蓋完整度檢查、航拍像機檢查、航拍影像品質檢查、空中三角測量檢查,航空攝影檢查總表設計如附件六-表 400。正射影像檢核工作項目包含:正射影像格式及品質檢查、地物連續及合理性檢查、地物平面位置精度檢查,正射影像檢查總表設計如附件七-表 410,以下逐項說明檢查內容及方法。以下依序說明各項目檢查工作之檢查樣本單元及數量、檢查內容及方法及通過標準。

3.5.1 航拍影像涵蓋完整度檢查

為確保乙方所繳交的航拍影像資料之可製圖範圍能涵蓋全測區,所有航拍原始影像皆須經過檢查。若有涵蓋或重疊率不足之情形,乙方應規劃補拍航線取得。承攬廠商於各次航帶在飛航掃瞄同時所拍攝之航照影像,即使品質不佳,也應全數交予甲方。

1. 檢查樣本單元及數量:樣本單元為原始影像航空片號記錄檔,檢 查數量分區檢查。

2.檢查內容及方法:

(1).**前後重疊率**:由航跡資料(航高資料)及乙方所提供之像機像幅 資料推估影像之單一航帶前後重疊率。前後重疊率應大於 80%之要求。

- (2).左右重疊率:由航跡資料(航高資料)及乙方所提供之像機像幅 資料推估影像之航帶間左右重疊率。左右重疊率應大於40%。
- (3).攝影軸傾斜角: 航空攝影方式採垂直連續攝影(攝影軸傾斜角 應小於 15 度。(角度定義採: 360 度十進位制)
- (4).**測區覆蓋完整度**:檢查所有品質合格之航拍影像是否涵蓋全 測區,各航線前後應於測區外各多拍攝 2 個像對(至少 3 張 連續之航拍影像),**測區涵蓋是否完整,應僅考量陸域範圍**。
- 3.通過標準:須全數符合上述規定,否則洽詢乙方修正或重新觀測。 本項僅依解算完之影像外方位推估其影像測區涵蓋、 重疊率、傾角等項目是否合格,若於後續航拍像機及航 拍影像品質不合格之影像,應予以扣除,扣除不合格影 像後若測區涵蓋不足,乙方仍需規劃航線補拍。
- 4. 檢查表: 航拍影像涵蓋完整度檢查表設計如附件六-表 401。

3.5.2 航拍像機檢查

航空攝影工作應由具有航空攝影能力之政府機關或航空公司辦理。 航空攝影機採用精密測圖之寬角或常角航空數位式像機,並檢附像機校 正報告書。另外後續製作正射影像之影像外方位元素原則應採空中三角 平差計算而得。如空中三角測量計算時,引用之影像外方位初始資料採 POS系統解算者,乙方應提出率定場資料供檢核單位檢查。

1、檢查樣本單元及數量: 像機規格及各項率定資料, 檢查數量為全數檢查。

2、檢查內容及方法

- (1).**像機型式/規格**:依據提送之像機形式及規格諸元檢查是否符合航拍要求。攝影機需採用精密測圖用之數位式攝影機,影像成果應輸出為24位元自然彩色影像(紅、綠、藍各波段均為8位元)。
- (2).**像機率定資料**:具有最近2年內經TAF認證實驗室出具之校 正報告做為品保參據。其報告內容所列器差值之均方根誤差 應小於本案正射影像製圖精度2.5公尺。

- (3).**像機鏡頭畸變差率定報告**:除上述 TAF 認證實驗室出具之校 正報告外,應提出驗證填報之內方位數值,並用於判斷影像 是否須進行畸變差糾正。交付原始報告之電子(掃瞄)檔,優 先檢附像機原廠出具之率定報告;倘無原廠率定報告,得檢 附自行辦理像機鏡頭畸變差率定作業之成果報告,其自行率 定之成果報告內容應敘明率定方式及率定成果(像機參數及 鏡頭畸變差參數)。
- (4).率定場資料: 乙方團隊應自行設置率定場,率定攝影曝光站之 瞬間位置及姿態資訊與 GNSS/IMU 之空間關係,並提出率定 報告書供檢核。
- 3、通過標準:須全數符合上述規定,否則洽詢乙方修正。
- 4、檢查表: 航拍像機檢查表設計如附件六-表 402。

3.5.3 航拍影像品質檢查

為確保乙方所繳交之航拍資料品質適用於後續製圖使用,故需針對所有航拍影像逐一檢查並統計成像品質。若不合格之影像導致地面涵蓋不足時,則應洽詢乙方補正,得重新航拍。

 檢查樣本單元及數量:原始航拍影像及航跡資料,檢查數量為 全數檢查。

2、檢查內容及方法

- (1).地面像素解析度(Ground Sample Distance, GSD):依據每張底 片之攝影站三維坐標,高程值為航高(已化算至正高);再依 據航空攝影站之平面坐標,於 DTM 中內插出該張航攝像片 涵蓋區域之平均高程值或最大高程值,根據公式推估該張航 攝像片之地面像素解析度。原始航拍影像之地面解析度需優 於 25 公分,針對山區地形起伏變化大之處,允許 5%以下數 量之航拍影像 GSD 不足 25 公分,但仍需全數優於 30 公分。 本項採全數檢查。
- (2).攝影日期及天氣: 航空攝影天氣晴朗無雲, 無煙霧濛氣, 能見 度良好之時間拍攝, 並盡量減少陰影。丙方於電腦螢幕上逐

張檢查影像,檢查影像含雲量、有無濛氣。另外依據航空片 號記錄檔檢查攝影日期及時間是否合於規定。彩色航照與 LiDAR資料以同步取得為原則,如影像品質不佳、涵蓋不足, 乙方得另規劃補拍航線取得。

- (3).以彩色 24 位元之 TIFF 格式儲存(紅、綠、藍各波段均為 8 位元)。
- (4).影像品質航攝影像必須明銳清晰,色調均勻柔和。本項採人工 檢查,逐張檢查影像狀況,記錄品質優劣,並判斷影像是否 適合進行後續製圖使用。本項採全數檢查。
 - 是否有因 CCD 毁損或其它電子干擾造成之成像雜訊?
 - 影像是否模糊、霾氣濛氣、陰影過長、含雲或雲影等因素 而不適用於測繪。
- (5).影像畸變差糾正:原始影像應繳交【未糾正之原始影像 + 畸變差糾正參數】,繳交之影像應為無壓縮之 Tif 格式。像機畸變差糾正參數,統一採用 Australis 模式糾正參數。
- (6).機敏區域遮蔽處理:原始影像及正射影像內之機敏區域,應予 以遮蔽處理。其原始航拍影像及正射影像應繳交機敏區已遮 蔽處理及無遮蔽處理之成果各1式。待各年度測區成果審查 通過後,再依甲方要求辦理遮蔽作業。
 - ※針對品質不合格之影像(如:包含部分雲霧之影像),考量後續空中三角測量作業之連續性及完整性,得一併納入空三作業,惟最終合格影像立體涵蓋範圍應可包含全測區陸域範圍
- 3、通過標準:合格影像應至少涵蓋全測區,如有不足則應洽詢乙方補正。
- 4、檢查表: 航拍影像品質檢查表設計如附件六-表 403。

3.5.4 空中三角測量書面資料檢查

為確保乙方所繳交之航拍影像外方位適用於後續製圖使用,故需針對所有提送之空中三角測量進行書面資料檢查及上機檢查,以確保經測

製廠商作業完成之空中三角測量之平差計算方法、連結點強度及觀測值殘餘誤差均方根值滿足基本立體製圖需求。

其中書面資料檢查針對乙方提送之平差書面及報表成果(含電子檔), 審查其連結點分布、空中三角測量作業方法、平差成果報表、品質等進 行檢查,此外針對後續應用時,重組立體模型所需之影像內外方位填寫 格式亦納入本項目一併檢查。說明如下:

1、檢查樣本單元及數量:空中三角測量平差計算書面資料全數檢查。

2、檢查內容及方法

(1).連結點強度分布:

空中三角測量連結點分布要求:

- 每片的 9 個標準位置上至少量測 2 個點,每一標準位置至少有量測與同航帶或相鄰航帶像片上共軛點相連,不同鄰片允許以不同量測點連結。惟相鄰航帶連結點必須至少為 4 重點(4 光線束)。當航帶前後重疊大於標準 60%(例如為 80%)時,則相鄰航帶間之連結可以不必每片之每一標準位置都與相鄰航帶相連,而可減至以前後重疊率 60%計算之基線距離內,至少有一連結點為原則。
- 如採影像匹配自動化量測空中三角連結點,得不以上述原則 分析連結強度,惟其連結應符合以下標準,如表 3.8,且相鄰 航帶之間仍應達到以 60%重疊率計算基線時,每一基線距離 內至少有一4重以上點連結鄰航帶。
- 如因地形限制,連結點分布無法滿足以上規定,經監審單位確認後得酌降連結點數量。

前後重疊率可靠度指標	60 % 前後重疊率時	80 % 前後重疊率時	90% 前後重疊率時
平均多餘觀測數 (總多餘觀測數/總觀測數)	≥ 0.55	≥ 0.6	≧ 0.7
連結點平均光線數	<u>≥</u> 4	≧ 6	≥ 7
連結點強度指標 (N 重光線以上連結點數/總點數)	4 重光線以上 連結點點數 總點數 ≧ 0.3	6重光線以上 連結點點數 總點數 ≥ 0.3	8 重光線以上 連結點點數 總點數 ≥ 0.3

表 3.8 空中三角測量連結點強度標準表

- 1. 平均多餘觀測數:空中三角測量平差計算時·網系總多餘觀測數除以總觀測值個數後所得到之一個平均可靠度 之指標。
- **2. 連結點平均光線數**:觀測同一連結點的總影像片數,即為該連結點的光線數,亦稱為連結點重點 數。所有連結點的總光線數除以總連結點數,即為連結點平均光線數。
- 3. 連結點強度指標:N 重光線以上連結點數(N 指自然數)除以總點數後所得到之一強度指標。

(2).空中三角測量平差計算方法:

檢查控制點及連結點展點網系圖、像坐標原始量測資料 是否符合作業規定。既有影像控制點品質檢查:如因地形因 素無法辦理地面控制測量,須引用既有影像控制點(如:影 像控制區塊、舊專案立體模型點等)時,惟該點位坐標須經 檢測合格。

空中三角測量平差計算,須分 2 個過程進行。先以最小約制(或自由網)平差,進行粗差偵測並得到觀測值精度的估值,並去除粗差觀測量。其次進行強制附合至控制點上平差,連結點觀測值之殘餘誤差均方根值不得大於 1.5 個像元,最大殘餘誤差不得大於 3 個像元,需於第(5)空中三角測量平差報表註明,空三平差重複計算驗證則納入上機檢查項目(3.5.5 節-檢查項目 1)。

(3).影像外方位(Exterior Orientation, EO)填寫格式:包含以下 11 組資訊,填寫於 excel 表格中。其中像機投影中心、影像外方位各姿態角與飛機之關係,包含姿態角起始方向(0 度)及旋轉量正向(+)之示意如圖 3.4 所示,不同階段提送成果如包含相同像片,則相同像片之外方位元素需一致。

- File Name:填入原始影像檔案名稱(原始影像編號)。
- 空中三角測量編號:上述原始影像對應於空中三角測量平差報表中之編號。
- 拍攝日期:採西元記錄,年(4碼)/月/日,如 2020/10/21。
- 航帶編號:原則上以數字記錄規劃之航帶編號,位數不限。
- 空中三角測量平差分區:原始影像對應之空中三角測量平差作業分區 (空中三角測量平差專案分區),當同一影像使用於多個空中三角測量 平差作業區,則中間以、分隔,如 AT01、AT02、AT03,惟其影像外方 位數值仍需擇一填寫,並將選擇之外方位來源分區編號置於第一順位。
- Camera Name:填入相機【型號/序號】,相機序號需與 TAF 認證實驗室 出具之校正報告內容所列序號一致。
- 平面坐標系統:例如填入 TWD97、TWD97[2010]、TWD97[2020]。
- 高程系統:請註明為【橢球高】或【正高】,如正高為採用大地起伏模式化算取得,可額外填入大地起伏模式如:正高(採 TWHYGEO2014 化算)。
- 像片投影中心 X、Y、Z, 單位為公尺, 至少記錄至小數點以下 3 位。
- 像片姿態角 Omega、Phi、kappa:為 360 度十進制,至少記錄至小數點以下 6 位。
- 檢查該像片是否涵蓋機敏區:是填【是】,否則保留【空白】。
- (4).像機內方位(Interior Orientation, IO)填寫格式:包含以下六組 資訊,填寫於 excel 表格中,填寫內容需與檢附之像機原廠 出具之率定報告或自行辦理像機鏡頭畸變差率定作業之成 果報告一致。
 - Camera Name:填入像機【型號/序號】,並與影像外方位填寫資訊對應。
 - Focal Length: 像機焦距,單位為 mm。
 - Pixel Size:像素大小,單位為um。
 - Principal point offset _ X: 像主點位置 X,以像片中央為原點,單位為mm。
 - Principal point offset _ Y: 像主點位置 Y,以像片中央為原點,單位為mm。
 - 畸變差參數,統一使用 Australis 模式之糾正參數。

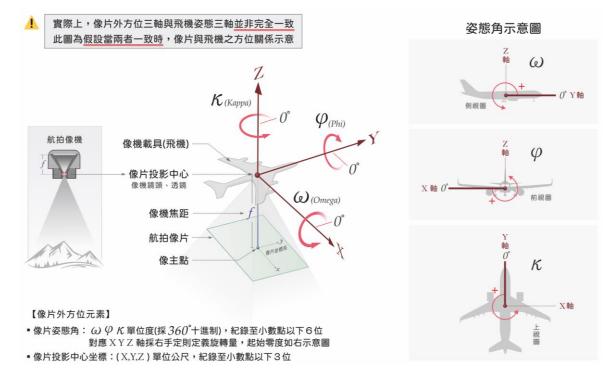


圖 3.4 像片外方位各姿態角與飛機關係示意圖

- (5).空中三角測量平差報表格式:包含以下基本平差成果資訊, 填寫於 excel 表格中,為空中三角測量平差軟體直接輸出之 成果報表,按解算軟體不同其格式不限,惟須包含下列 8 項 資訊並檢附原始空中三角測量平差專案檔(zip 壓縮方式提 供),以呈現空中三角測量品質。
 - A. 總觀測數、B. 多餘觀測數、C. 總連結點數、D. 總光線數、E. 多重光線之連結點數統計資料、F. 量測值像坐標中誤差(sigma-0)、G. 連接點地面坐標標準偏差之 RMS(RMS_X、RMS_Y、RMS_Z)、H. 自由網平差、強制附合後之連結點觀測值之殘餘誤差均方根值及最大殘餘誤差。
- 3、通過標準:乙方提送之各項空中三角測量書面資料內容必須全數 通過上述檢查。
- 4、檢查表:空中三角測量書面資料檢查表設計如附件六-表 404。

3.5.5 空中三角測量上機檢查

上機檢查針對乙方提送之影像外方位及連結點量測成果進行實際上機重複量測檢查。說明如下:

1、檢查樣本單元及數量:

- (1).空中三角平差:全數檢查。
- (2).連結點重複量測:總片數之 0.1%。
- (3).檢核點:全數檢查。
- (4).空中三角平差成果格式:隨機抽 10 個模型。

2、檢查內容及方法

(1). 檢查空中三角測量重新計算成果:利用作業單位所送之影像量 測檔及控制點檔(含空中三角測量 GNSS 資料)使用相同之空 中三角測量平差軟體重新計算成果應與報告書內成果相符。如 無法取得相同之空三軟體,則重複計算之成果需滿足強制附合 至控制點上平差,連結點觀測值之殘餘誤差均方根值需滿足不 得大於 1.5 個像元,最大殘餘誤差不得大於 3 個像元之規定。

(2).連結點重複量測檢查:

- A. 連結點採人工量測點時,每片影像至少抽查 1 個人工量測連結點,針對同一連結點的所有影像(如 4 重光線連結點須量測該點所在之 4 片影像),進行上機重複量測,重複量測值與原量測值較差之均方根值不大於 1.5 個像元。
- B.連結點採影像自動匹配量測時,則以人工方式於抽查之影像內 9 個標準點位中至少重新觀測 1 點,並將觀測所得結果加入原觀測值檔案內,重新平差計算,以驗證原匹配結果的正確性。重新計算後,最大像坐標改正數增量不得超過上述連結點量測中誤差的 2 倍。
- (3). 檢核點檢查:強制附合平差後,由全數檢核點計算得到之平面 及高程坐標均方根誤差值並依像片比例尺換算至像片坐標上,不 得大於上述連結點量測中誤差的 3 倍。檢核點由乙方外業實測 取得,應於測區中央布設 5%圖幅數(不得小於 10 個點)以上之檢 核點,供驗證空中三角平差品質,若測區中因地形限制無法挑選 規定數量之檢核點,經委辦單位同意後得調降檢核點之數量,檢 核點於空中三角測量平差計算時不應視為控制點使用,依經驗本

案空三作業常因天候因素取得影像時間不同,往往會分多區進行空三平差,各區之中誤差不同,將造成統計不易,建議其上述連結點量測中誤差值,直接以1個像元取代之(平差後量測中誤差上限為1.5個像元)。例如:使用像機之像元尺寸為5um,像比例尺(無至f)為1/30,000,則全數檢核點立體量測後得到之平面及高程坐標與實測值較差之均方根誤差值皆必須小於5um×30,000×3=45cm

- (4).空中三角平差成果格式:上機抽查 10 片模型之內外方位元素是 否與繳交成果相符。
- (5).原則上不同像機拍攝之影像不合併進行空中三角量測,如配合作業需求將不同像機影像合併進行空中三角量測及平差時,當通過標準門檻單位為像元(或稱像素,即航拍數位像機之 CCD pixel size)之項目,則依該空三分區中像元較小之像機來規範通過標準。
- 3、通過標準:空中三角測量重新計算、連結點重複量測檢查、檢核 點檢查及空中三角平差成果格式檢查結果應全數合格,如有不符 者,作業單位應全面重新修正後再送監審單位複查。
- 4、檢查表:空中三角測量上機檢查表設計如附件六-表 405。

3.5.6 正射影像格式及品質檢查

全面檢查正射影像之品質,檢查包含格式、地元尺寸、色調及色彩 平衡等項目,若檢查不通過應洽詢乙方修正。

1、檢查樣本單元及數量:正射影像,全數檢查。

2、檢查內容及方法

- (1).正射影像格式:檢查影像格式,影像需為彩色 tif 格式,並包含其對應之坐標檔,圖幅依內政部 1/5,000 基本圖圖幅範圍分割,範圍需與 DEMLAS 一致。
- (2).地元尺寸:即地面像素解析度檢查,其 GSD 應優於 25 公分。
- (3).以彩色 24 位元之 TIFF 格式儲存(紅、綠、藍各波段均為 8 位元)

- (4).色調及色彩平衡:為使正射影像所顯示的地物色彩與原本天 然色彩一致,應對於正射影像進行色彩平衡調校。正射影像 所顯示地物的色彩,應與其原本天然色彩一致。
- (5).測製廠商應於正射影像判定合格後,繳交機敏區域已遮蔽處理及無遮蔽處理之成果各1式。
- 3、通過標準:上述檢查項目應全數通過,否則應洽詢乙方補正。
- 4、檢查表:正射影像格式及品質檢查表設計如附件七-表 411。

3.5.7 正射影像地物連續及合理性檢查

檢查正射影像資料之地物、地貌內容物之糾正情況,包含正射內容 及接邊是否連續無縫檢查。若檢查不通過,應洽詢乙方修正。

- 1、檢查樣本單元及數量:正射影像,全數檢查。
- 2、檢查內容及方法:
 - (1).地物糾正是否完整性檢查:包含建物之完整性檢查、交通系統之完整性檢查及其它地物之完整性檢查。
 - (2).地物、地貌是否無扭曲變形檢查:包含建物、交通系統及其它 地物是否扭曲變形之檢查(鐵、公路、橋梁及對地圖判讀有 重要意義的基礎建設必須糾正高差位移)。
 - (3).接邊是否連續無縫檢查:包含色調是否一致,地物、地貌接邊是否一致,不同期、不同影像來源之接邊處理是否都連續無 維,本項檢查內部接邊處理是否一致。
- 3、通過標準:須通過上述之檢查內容,否則洽詢測製廠商修正。
- 4、檢查表:正射影像地物連續及合理性檢查表設計如附件七-表 412。

3.5.8 正射影像地物平面位置精度檢查

以正射影像圖套疊線繪地形圖或以立體量測方式重複量測平面無高差之地物點(如道路邊緣交點、田埂交點)平面位置。選定之抽樣圖幅,每幅方格重複量測點數至少5點,若方格內無足夠數量之明確點可供量測,則得以擴大至相鄰方格內量測。抽查點位重複量測之平面位置與原平面位置較差之均方根值不大於2.5公尺。

- 1、檢查樣本單元及數量:樣本單元為每幅正射影像,抽樣數量採單次抽樣檢查,檢查水準第 I級,允收品質水準(AQL)為 6.5。 ISO 2859.1999 抽樣檢查樣本代字表請詳見附件一。
- 2、檢查內容及方法:重複量測平面位置較差:以正射影像圖套疊線繪地形圖、立體量測或點雲強度圖方式重複量測平面無高差之地物點(如道路邊緣交點、田埂交點)平面位置。選定之抽樣圖幅,每幅方格重複量測點數至少5點,若方格內無足夠數量之明確點可供量測,則得以擴大至相鄰方格內量測。本案包含點雲平面精度及鐵、公路、橋梁之高差修正檢查,因點雲強度圖於合理之情況下,其可視為無高差位移之影像,加上點雲蒐集與影像時間一致,可全面檢查正射影像平面位置、點雲平面位置及鐵公路高架橋梁等正射糾正作業,如圖 3.5 所示,故建議本項合併至 3.4.4 點雲平面精度與水域數化成果檢查項目。除內業抽檢外,亦納入部分外業抽樣點位,分內業及外業統計其平面位置較差均方根值。
- 3、通過標準:抽查點位重複量測之平面位置與原平面位置較差之 均方根值不大於 2.5 公尺,否則洽詢乙方修正。
- 4、檢查表:正射影像地物平面位置精度檢查表設計如附件七-表 413。

圖 3.5 點雲強度圖與正射影像比對示意圖

第肆章 監審作業成果說明

本章節說明丙方針對本案各項審核,包含飛航計畫審查、控制測量檢查、點雲及航帶平差檢查、點雲過濾成果、航空攝影檢查、正射影像各項目之審查結果進行說明,及丙方應完成之其他工作項目(如教育訓練、工作會議、正高轉換..等)之辦理情形。丙方之執行方法與通過標準請見前一章節。

4.1 飛航計畫書檢核結果

◆工作項目

針對2作業區進行空載雷射掃瞄飛航計畫書檢查。飛航計畫書主要 以作業區為提送單位,針對作業區進行檢核。本案之第1作業區澎湖測 區其空載光達掃瞄及航空攝影施測作業由行政院農業部林業及自然保育 署航測及遙測分署(以下簡稱航遙測分署)辦理;第2作業區南投仁愛 測區由詮華及中興負責測製(自強備援),故針對4個單位之飛航計畫書 檢核內容作一整理說明。

◆送審時間

測製廠商資料檢送時間及丙方審核時間如表 4.1 所示:

測區	廠商	提送日期	提送項目及數量	有無相 關附件	封面 格式
澎湖	自強	113.06.28	作業計畫1式 空載光達掃瞄飛航計畫1式 (自工字第1130610098號)	有	正確
南投 仁愛	自強	113.06.28	作業計畫1式 空載光達掃瞄飛航計畫1式 (自工字第1130610099號)	有	正確
審查	結果	丙方檢查後於 113.07.03 判定 合格	測製廠商皆提送作業計畫及 空載光達掃瞄飛航計畫各一 式-此項目 判定合格	判定合格	判定合格

表 4.1 2 作業區飛航計畫送審時間

4.1.1 空載雷射掃瞄飛航計畫書檢查

1. 檢查項目包含飛航儀器設備、掃瞄範圍、雷射測點密度、航帶重

疊比例、飛行方向、GNSS 幾何條件評估及潮位資料,以下說明 各項檢查結果,對測區之飛航計畫檢核結果記錄於『表 101 空載 光達掃瞄飛航計畫書檢查表』(詳附件二)。飛航儀器設備:2 作 業區之飛航儀器設備整理如表 4.2。

測區	廠商	主要儀器設備	型號	合格與否
澎湖	航遙測	空載雷射掃瞄儀	Riegl VQ1560 II-S	合格
3-6	分署	數位像機	Leica DMC III	石俗
	詮華	空載雷射掃瞄儀	Riegl VQ1560II	
	3-5	數位像機	Phase One IXU-RS-1000 \ AOS one	合格
		安 八亚 1家 7戏	WA · Intergraph DMCIII	
南投	中興	空載雷射掃瞄儀	Optech Pegasus HA500	合格
3-5	3-5	數位像機	Phase One IXU-RS1000	石俗
	自強	空載雷射掃瞄儀	Riegl LMS-Q780 · Riegl LMS-Q680i	
	(3-5 備	まん / h / ゆ / 必	Phase One IXU-RS-1000 \ PhaseONE	合格
	援)	數位像機	iXA 180	

表 4.2 2 作業區飛航儀器設備表

2. 掃瞄範圍

(1).第1作業區:掃瞄範圍涵蓋113年澎湖測區,如圖4.1所示。 檢查結果符合規定。

² 作業區於計畫書內皆說明飛航儀器設備形式及規格,本檢查項目符合規定。

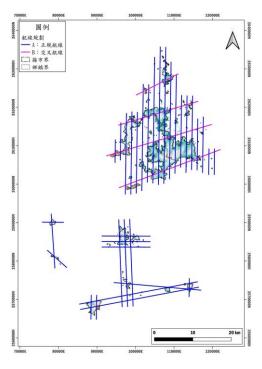


圖 4.1 第 1 作業區飛航掃瞄規劃範圍圖

(2).第2作業區:3家廠商所規劃之掃瞄範圍涵蓋113年南投仁愛 測區。符合規定。掃瞄範圍圖如圖4.2所示:

A.3-5: 詮華國土依據地形變化以及航線規劃需求,區分為3個區塊,共計規劃40條航線,包含3條交叉航線,其航線規劃如圖4.2所示,掃瞄範圍涵蓋全部3-5作業區工作區域。

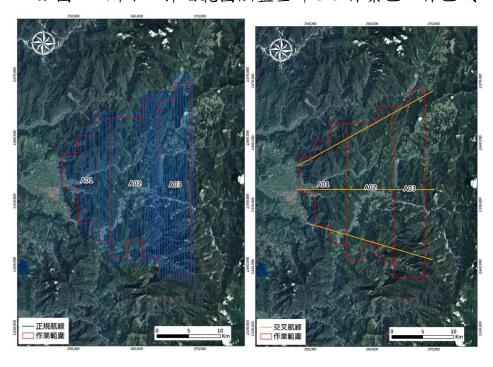


圖 4.2 第 2 作業區 3-5 詮華-飛航掃瞄規劃範圍圖

B.3-5:中興測量共規劃 39 條航線,包含 5 條為交叉航線,航線規劃如圖 4.3 所示,掃瞄範圍涵蓋 3-5 作業區工作區域。

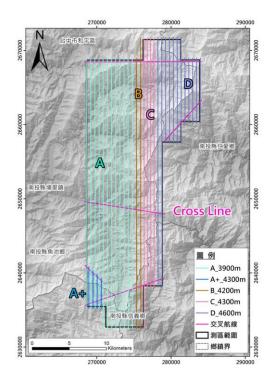


圖 4.3 第 2 作業區 3-5 中興-飛航掃瞄規劃範圍圖

C.3-5:自強工程(備援)共規劃 41 條航線,包含 4 條為交叉航線,航線規劃如圖 4.4 所示,掃瞄範圍涵蓋 3-5 作業區工作區域。

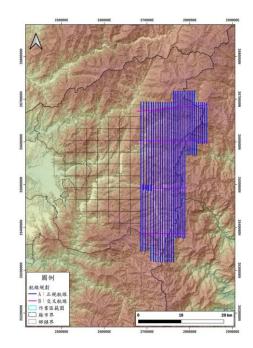


圖 4.4 第 2 作業區 3-5 自強(備援)-飛航掃瞄規劃範圍圖

3. 雷射測點密度:

掃瞄參數設定之掃瞄點距(飛行方向與垂直飛行方向)各航帶原始數據之第一或最後回波之平均密度高於每平方公尺 2 點(如表 4.3), 2 作業區皆符合規定。

測區	廠商	平均密度(每平方公尺)	合格與否
澎湖	航遙測分署 (由自強規劃)	2.2 點以上	合格
	3-5 詮華	2點以上	合格
南投仁爱	3-5 中興	2點以上	合格
	自強(3-5 備援)	2點以上	合格

表 4.3 各測製廠商平均點雲密度表

4. 航帶重疊比例:

第1作業區掃瞄範圍之航帶重疊比例為50%;第2作業區掃瞄範圍之航帶重疊比例為50%以上,如表4.4 所示,符合大於平均航帶寬度的50%,2作業區皆符合規定。

測區	廠商	航帶重疊比例	合格與否			
澎湖	航遙測分署 (由自強規劃)	50%	合格			
南投仁愛	3-5 詮華	50%	合格			
1777	3-5 中興	66%以上	合格			
	自強(3-5 備援)	50%	合格			

表 4.4 各測製廠商航帶重疊比例表

5. 飛行方向:

各家之飛行方向整理如表 4.5,檢核結果 2 作業區皆符合規定。 表 4.5 2 作業區之飛行方向統計表

測區	廠商	各條航線之頭尾有交叉航線	各條航線每隔至多 25 公里增加垂直各航線之 交叉飛航掃瞄	合格與否
澎湖	航遥測分署 (由自強規劃)	✓	✓	合格
	3-5 詮華	✓	✓	合格
南投仁爱	3-5 中興	✓	✓	合格
	自強(3-5 備援)	√	✓	合格

6.GNSS 幾何條件評估:

各家測製廠商之 GNSS 幾何條件評估整理如表 4.6,檢核結果 2 作業區皆符合規定。

測區	廠商	GNSS 基站數量	基站與航線距離	飛航掃瞄時的 PDOP/VDOP	合格 與否
澎湖	航遙測分署 (自強規劃)	10 站	8 站於 20 公里以內 2 站外擴至 24 公里	小於3	合格
	詮華 3-5	16 站	20 公里以內	小於3	合格
南投仁愛	中興 3-5	6站	20 公里以內	小於3	合格
, , , ,	自強 (3-5 備援)	6 站 (採用中興規 劃基站)	20 公里以內	小於3	合格

表 4.6 2 作業區之 GNSS 幾何條件評估統計表

7.潮位資料:

澎湖測區依據中央氣象署 113 年度潮汐預報表提供測區內之潮位 站資訊顯示,其規劃適合掃瞄時間均符合於飛航當日低潮位前後 2 小時進行光達掃瞄之施測,蒐集最大面積海岸沙洲及潮間帶資 料;南投仁愛測區因未臨海,故無需提供潮位站資料,本項檢查 符合規定。

4.1.3 各架次成果初步檢核與飛航掃瞄報告書檢查

測製廠商自期程開始陸續進行各測區點雲掃瞄作業,依契約規定掃瞄結束後需於隔週繳交上週掃瞄數據及報告書予丙方審查,各架次檢查紀錄表如表 4.7。本項檢查 2 個作業區**合格**。

項目	子項目	自強工程	
	GNSS 基站分布		
GNSS 幾何條件	時間記錄		
	GNSS 衛星觀測幾何條件		
	空載雷射掃瞄儀檢定報告書		
空載雷射掃瞄儀	IMU 精度		
	機上 GNSS 接收型式		
掃瞄日期及時間	掃瞄日期及時間		
	航線圖	合格	
	控制點分布圖		
	交叉飛航數據		
	成果圖索引及電子檔		
	天氣		
飛航掃瞄報告書	飛航參數及掃瞄參數		
	當日低潮位資料		
	航管資料		
	航線掃瞄姿態偏航(heading)傾角		
	航線掃瞄姿態顛簸(pitch)傾角	小於 15 度合格	
	航線掃瞄姿態滾動(roll)傾角		

表 4.7 測製廠商各架次成果初步檢核紀錄表

◈飛航計畫檢查小結

總和測製廠商飛航計畫,檢查2個項目成果是否符合規定,以下為檢核成果之總結,並附上檢核總成果合格表(如附件二所示)。

- 1. 空載雷射掃瞄飛航計畫書檢查:檢查測製廠商所提送之飛航計畫書內皆說明飛航儀器設備、掃瞄範圍、雷射測點密度、航帶重疊比例、飛行方向、GNSS 幾何條件評估及潮位資料,檢查結果判定測製廠商合格。
- 2. 各架次成果初步檢核與飛航掃瞄報告書檢查:測製廠商所繳交之 各架次初步成果及飛航掃瞄報告書所載內容符合契約規範,檢查 結果判定合格。

4.2 控制測量檢核結果

◆工作項目

本階段檢核對象為2個作業區(澎湖測區及南投仁愛測區),作業項目包含檢核測製廠商為對象施測之新設地面 GNSS 基站及航帶平差所需的控制點坐標成果,作業項目包含:

- (1).控制測量成果書面資料:包含新設地面 GNSS 基站及控制點分布 圖、新設地面 GNSS 基站及控制點點之記、原始觀測數據及說 明、及最小約制及強制附合網形平差成果等書面資料。
- (2).新架 GNSS 基站坐標解算。
- (3).控制測量成果:控制點三維坐標及其後驗精度。

4.2.1 控制測量成果書面資料

控制測量成果書面資料檢查內容包含:控制點分布圖、控制點點之 記、原始觀測數據及說明及最小約制及強制附合網形平差成果,本項成 果判定合格。

- 1. 控制點分布圖:測區之四角應布設 1 組(2 個)全控點(即 A 點)。每個航帶間應有 3 個高程控制點(航帶頭、中及尾各段應至少 1 點,同樣視為 A 點),除測區左右側邊外,高程控制點應以位於正常及交叉航線重疊區為原則;若於高程控制點位周圍有透空度良好的角點特徵時(如屋角點能於空載光達點雲中形成可辨識的角點特徵),一併設置航帶平差所需之平面控制點(即 B 點),為確保空中三角測量品質,應於測區中央布設 5%圖幅數(不得小於 10 個點)以上之檢核點(即 C 點),供驗證空中三角平差品質,若測區中因地形限制無法挑選規定數量之檢核點,經委辦單位同意後得調降檢核點之數量。測製廠商控制點規劃分布圖詳圖 4.5。
- 2. 控制點點之記:每個新架 GNSS 基站及控制點皆須製作點之記, 檔案格式為 doc 或 pdf(如圖 4.7)。環境透空圖如圖 4.6。

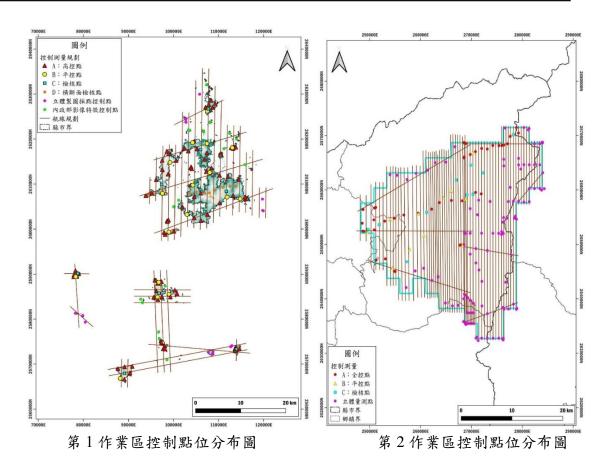


圖 4.5 測製廠商控制點規劃分布圖

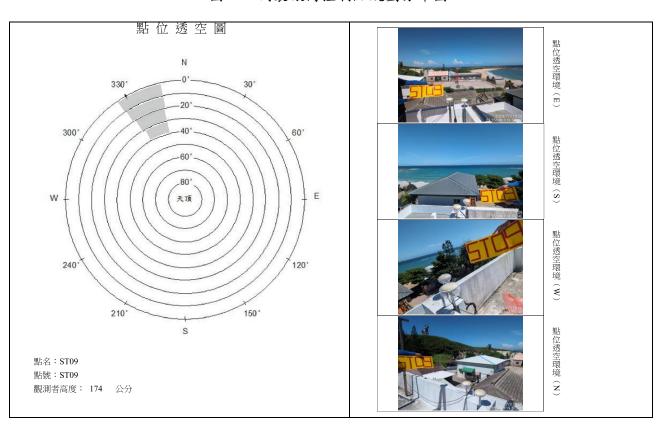


圖 4.6 點位透空環境示意圖



圖 4.7 控制點點之記示意圖

- 3. 原始觀測數據及說明:觀測網形應符合內政部「基本測量實施規則」。
- 4. 最小約制及強制附合網形平差成果:網形平差成果應達到內政部「基本測量實施規則」所規定之加密控制點施測標準。

- 根據國土測繪中心之契約規範所訂定,新設之航帶平差控制 點可採 GNSS 靜態測量及 VBS-RTK 方式獲得控制點之三維 坐標。
- 檢核標準:檢核已知點坐標是否符合加密控制點的精度需求, 利用最小約制平差結果與已知坐標成果反算相比較,應符合 加密控制點精度要求:

$$\Delta_H \le 30mm + 6 \times 10^{-6} L$$

 $\Delta_V \le 75mm + 15 \times 10^{-6} L$

其中 $^{\Delta_{H}}$ 為水平分量之差值, $^{\Delta_{V}}$ 為垂直分量之差值, L 為兩點間之基線長度。

■ 已知點精度檢核符合加密控制點施測標準。

4.2.2 新設 GNSS 基站解算成果

依據丙方監審案的合約規定,控制測量的框架資料由丙方提供,乙方提供框架點及控制點的觀測資料予丙方,並由丙方進行解算後將成果提供乙方運用。內政部已於109年8月10日公告「基本測量2020年成果」(台內地字第1090263608號),又名為TWD97[2020]坐標系統。因此,丙方以TWD97[2020]成果作為坐標框架進行本期計畫GNSS觀測站資料的解算依據。

本期計畫須將主標廠商自強工程顧問有限公司及共同投標廠商中興 測量有限公司、詮華國土測繪有限公司所觀測的2個作業區之新架地面 GNSS 基站(自架基站)套合於 TWD97[2020]參考框架下,乙方蒐集的 GNSS 連續站與新架觀測站整理如下。

1. 各區之 GNSS 基站內容描述與計算成果

第1作業區及第2作業區之 GNSS 連續站與新架觀測站統計如下(表 4.8~4.10):

- (a).第1作業區(澎湖測區地區)
 - 自強工程 GNSS 觀測資料統計(總數 10 站,如表 4.8):
 - GNSS 連續站數:共6站
 - 新架地面 GNSS 基站數:共4站
 - 資料蒐集日期:113年7月6日~8日。

(b).第2作業區(南投仁愛測區)

● 中興測量 GNSS 觀測資料統計(總數 7 站,如表 4.9):

■ GNSS 連續站數:共5站

■ 新架地面 GNSS 基站數:共2站

■ 資料蒐集日期:113年8月2日~4日。

● 詮華國土 GNSS 觀測資料統計(總數 10 站,如表 4.10):

■ GNSS 連續站數:共8站

■ 新架地面 GNSS 基站數:共2站

■ 資料蒐集日期:113年8月2日~4日。

表 4.8 第1作業區-自強工程蒐集 GNSS 資料統計表 (113 年 7 月 6 日~ 8 日)

序號	點號	種類	管理單位	備註
1	CIME	GNSS 連續站	NLSC	TWD97[2020]框架約制站
2	HUSI	GNSS 連續站	NLSC	TWD97[2020]框架約制站
3	JIBE	GNSS 連續站	NLSC	TWD97[2020]框架約制站
4	PANG	GNSS 連續站	CWA	TWD97[2020]框架約制站
5	WIAN	GNSS 連續站	NLSC	TWD97[2020]框架約制站
6	DOJI	GNSS 連續站	CWA	
7	ST06	新架站		
8	ST07	新架站		
9	ST08	新架站		
10	ST09	新架站		

表 4.9 第 2 作業區-中興測量蒐集 GNSS 資料統計表 (113 年 8 月 2 日 ~ 4 日)

		, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	71 11 10	1 7 1 7 1 7 1
序號	點號	種類	管理單位	備註
1	KFN2	GNSS 連續站	NLSC	TWD97[2020]框架約制站
2	MFEN	GNSS 連續站	CWA	TWD97[2020]框架約制站
3	SLIN	GNSS 連續站	CWA	TWD97[2020]框架約制站
4	WARO	GNSS 連續站	NLSC	TWD97[2020]框架約制站
5	JSAN	GNSS 連續站	CWA	
6	CH34	新架站		
7	CH35	新架站		

表 4.10 第 2 作業區- 詮華國土蒐集 GNSS 資料統計表 (113 年 8 月 2 日 ~ 4 日)

序號	點號	種類	管理單位	備註
1	CHIU	GNSS 連續站	CWA	
2	GUK2	GNSS 連續站	CWA	
3	HOPN	GNSS 連續站	CWA	
4	HUYS	GNSS 連續站	CWA	
5	JYAN	GNSS 連續站	CWA	TWD97[2020]框架約制站
6	KFN2	GNSS 連續站	NLSC	TWD97[2020]框架約制站

7	MFEN	GNSS 連續站	CWA	TWD97[2020]框架約制站
8	SUN1	GNSS 連續站	CWA	TWD97[2020]框架約制站
9	RW05	新架站		
10	RW06	新架站		

註:CWA(氣象署).NLSC(國土測繪中心)

綜合整理表 4.8~ 表 4.10,可得本計畫共約制 11 個 TWD97[2020]框架約制站,依地區順序排列於表 4.11;並共計觀測 17 個 GNSS 連續站以及 8 個新架站,因此本案共計蒐集 25 站資料,點位分布如圖 4.8。

序號 點號 種類 管理單位 備註 JYAN GNSS 連續站 1 CWA 2 KFN2 GNSS 連續站 **NLSC** 3 **MFEN** GNSS 連續站 **CWA** 4 SLIN GNSS 連續站 **CWA** 5 SUN1 GNSS 連續站 **CWA** GNSS 連續站 **NLSC WARO** 6 7 **NLSC CIME** GNSS 連續站 澎湖 8 GNSS 連續站 澎湖 HUSI **NLSC** 9 JIBE GNSS 連續站 **NLSC** 澎湖 10 **PANG** GNSS 連續站 **CWA** 澎湖 11 GNSS 連續站 澎湖 WIAN **NLSC**

表 4.11 本計畫使用的 TWD97[2020]框架站列表

註: CWA(氣象署).NLSC(國土測繪中心)

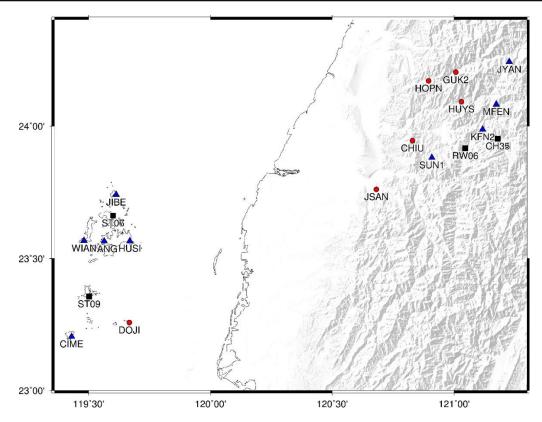


圖 4.8 本期計畫 GNSS 觀測站分布圖,其中,藍色三角形為 TWD97[2020] 框架約制站,共11站;紅色圓形為 GNSS 連續站,共6站;黑色正方形為新架站,共8站。

為了將各新架 GNSS 觀測站套合於 TWD97[2020]框架之下,本計畫 聯合解算新架 GNSS 站與連續觀測站的 GNSS 資料,解算策略與內政部 國土測繪中心近年的研究計畫解算策略相同(楊名等,2013;陳國華等,2016;2017;2018;2019;陳國華、景國恩,2021;陳國華,2022;2023);並套合至 11 個 TWD97[2020]框架站坐標,得到各觀測站的坐標如表 4.12 所列,計有 11 個 TWD97[2020]框架約制站、6 個 GNSS 連續站以及 8 個新架站,總計 25 站的坐標成果。

表 4.12	新設 GNSS	基站及外購站於	TWD97[2020]框架 ⁻	下的成果(公尺)
--------	---------	---------	----------------------------	----------

序號	點名	N	E	h 橢球高	備註
1	CIME	2567008.705	294012.142	54.878	澎湖-約制點
2	HUSI	2607164.681	318334.780	44.903	澎湖-約制點
3	JIBE	2626521.982	312530.039	31.018	澎湖-約制點
4	PANG	2606985.257	307548.337	29.291	澎湖-約制點
5	WIAN	2607212.440	299080.394	45.005	澎湖-約制點
6	ST06	2617740.674	311231.417	29.449	澎湖-自架站
7	ST07	2617741.111	311231.192	29.460	澎湖-自架站

序號	點名	N	E	h 橢球高	備註
8	ST08	2583829.009	301365.740	33.329	澎湖-自架站
9	ST09	2583828.676	301365.639	33.318	澎湖-自架站
10	DOJI	2572934.673	318284.797	63.125	澎湖
11	JYAN	2681895.436	272986.083	1967.434	南投-約制點
12	KFN2	2653669.196	261884.610	1583.285	南投-約制點
13	MFEN	2664133.330	267537.206	2237.033	南投-約制點
14	SLIN	2634257.089	294974.946	202.814	南投-約制點
15	SUN1	2641874.285	240666.996	1036.194	南投-約制點
16	WARO	2634275.590	294926.545	210.324	南投-約制點
17	CH34	2649828.916	268161.394	1289.421	南投-自架站
18	CH35	2649827.420	268161.140	1289.398	南投-自架站
19	RW05	2645787.055	254682.769	762.946	南投-自架站
20	RW06	2645788.199	254682.220	762.926	南投-自架站
21	CHIU	2648985.434	232585.750	1067.587	南投
22	GUK2	2677501.699	250706.024	772.216	南投
23	HOPN	2673940.714	239319.515	564.077	南投
24	HUYS	2665249.069	252990.253	855.822	南投
25	JSAN	2628617.660	217470.809	192.557	南投

4.2.3 控制測量成果外業檢查

1.新設 GNSS 基站檢測-

(1).送審時間

■ 測製廠商廠商於 113 年 8 月 27 日繳齊資料, 丙方於 113 年 9 月 11 日解算完成並提供使用,檢送時間如表 4.13(成大產 創字第 1131102785 號)。

表 4.13 測製廠商檢送新設地面 GNSS 基站資料時間表

測 區	新架設 GNSS 基站	繳交日期	解算完成日期	
第1作業區(澎湖測區)	4	113年8月27日	113年9月11日	
第2作業區(南投仁愛測區)	4	113 平 8 万 27 日	113 平乡月 11 日	

(2).檢核數量

抽樣比例為 10%以上,每家測製廠商至少檢核 4 個點,本年度總共檢核 8 個點,測製廠商 GNSS 基站數量、丙方檢核數量統計及外業檢和日期如表 4.14,圖 4.9~圖 4.10 為檢核點位分布圖。

表 4.14 測製廠商 GNSS 基站數量及丙方檢核數量統計表

測 區	第1作業區(澎湖測區)	第2作業區(南投仁愛區)		
新設 GNSS 基站數量	4	4		
檢核數量	4	4		
外業檢測日期	113年9月10日~11日	113年9月18日		



▲ 成大檢核點 - 4站 (全數抽樣)

檢查樣本單元及數量:

採單次抽樣·抽樣比例為 10% 以上每個送驗批至少抽 4 個點·允收品質水準 (AQL) 為 0·亦即所有抽樣皆須通過檢查標準。

檢核點位皆符合契約規範



圖 4.9 第1作業區(澎湖測區)新設 GNSS 基站點位及檢核點位分布圖

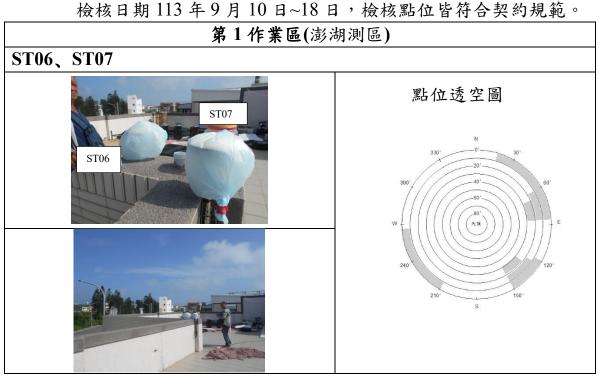


圖 4.10 第 2 作業區(南投仁愛測區)新設 GNSS 基站點位及檢核點位分布圖

(3).外業檢核

各家測製廠商抽查點號如下:

- 第1作業區(澎湖測區): ST06、ST07、ST08, ST09
- 第2作業區(南投仁愛測區): CH34、CH35、RW05、RW06 實地抽查2作業區測製廠商新架設 GNSS 基站點位及檢核 點位現況圖如圖4.11~4.12,新架設 GNSS 基站總共抽查8個站, 檢核日期113年9月10日~18日,檢核點位裝符合契約規範。



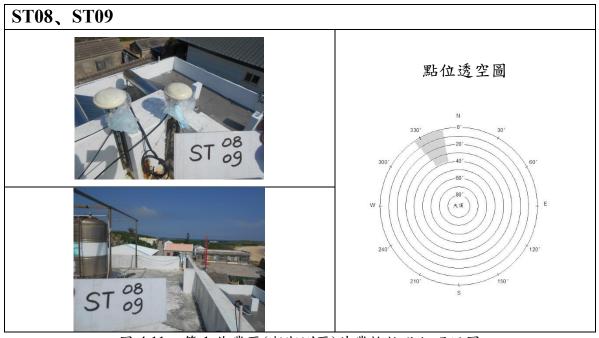
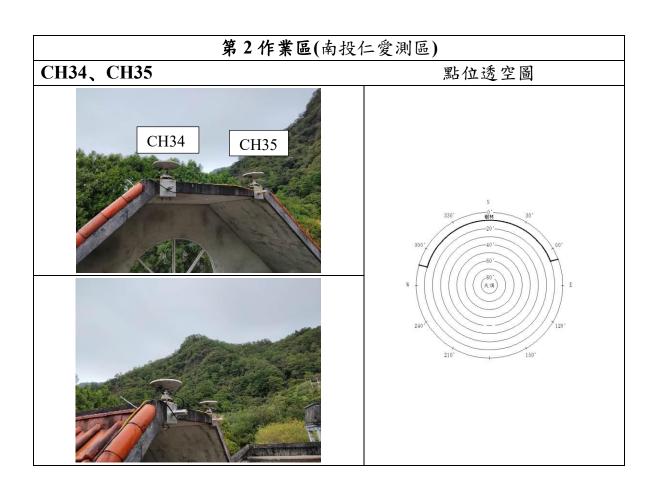


圖 4.11 第 1 作業區(澎湖測區)外業檢核點位現況圖



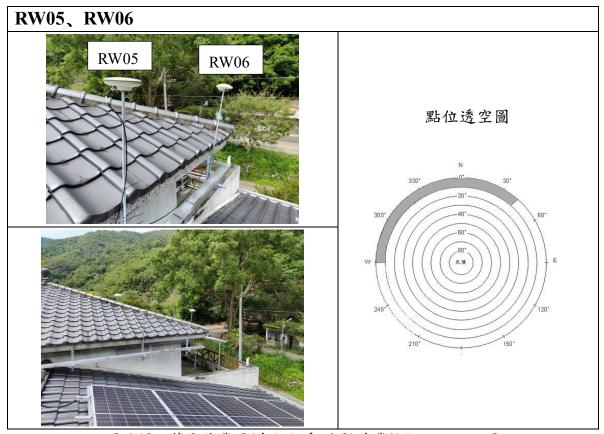


圖 4.12 第 2 作業區(南投仁愛測區)外業檢核點位現況圖

2. 航帶平差高程控制點及航帶平差平面控制點檢核

本階段檢核工作為檢核第1作業區及第2作業區測製廠商施 測之航帶平差高程控制點及航帶平差平面控制點坐標成果。

(1).控制測量成果外業檢查

監審方外業實際採 VBS-RTK 方式抽測乙方平差控制點,獲得該抽測點之三維坐標後與乙方所提供之平面坐標於內政部最新公布之坐標系統(本案原則規劃採用 TWD97[2020]坐標系統)下比對差值。由於本案空載光達資料獲取同應於掃瞄區域內 20 公里範圍內,選取 2 點以上之透空度佳 (仰角 10°以上無遮蔽)的地面 GNSS 基地站。地面控制點距上述 GNSS 基站之最長距離應為 20 公里之半,故本案驗收之基線統一以 10 公里計算。所得差值中誤差於平面方向應小於 10 公分,高程方向應小於 10 公分,且平面方向最大較差值應小於 20 公分,全數合格為通過標準。

乙方製廠商所提供之控制點位,實施網形觀測(具備多餘觀測量,並採最小二乘平差解算),丙方引測抽樣點之三維坐標,與測製廠商所提供之坐標比對。乙方測製廠商提送各批次航帶平差高程控制點及平面控制點時間表、抽測數量如表4.15~表4.16。乙方測製廠商之控制測量外業檢查結果於下文說明:

◆送審時間: 113 年度範圍乙方測製廠商已於 113 年 6 月 30 日~113 年 8 月 12 日前進行測量作業並於 113 年 8 月 13 日~8 月 27 日,先行繳交點之記及點位測量坐標成果予丙方,進行控制點測量檢測作業。

₹ 1.15	农 115 07 从农城内农业市10 大师中 1 左内在驻时加入 1 面驻时加州内农								
作業區	資料檢送日期	資料審核日期	審核天數						
第1作業區 (澎湖測區)	113.08.12	09.09~09.12	4 天						
第2作業區(南投行愛測區)	113.08.27	09.03~09.18	16 天						

表 4.15 乙方測製廠商提送各批次航帶平差高程控制點及平面控制點時間表

◆檢核數量

表 4.16 乙方測製廠商提送控制點點數及丙方檢測數量統計表

ル 平 戸	航帶平	差點	合格	説明
作業區	測製廠商 送驗點數	丙方抽測 點數	與否	(抽樣比例為新設點 10%以上,每個送驗批 至少抽 4 點)
第1作業區 (澎湖測區)	120	12	合格	航帶平差共提送120點,抽驗12點。
第2作業區 (南投仁愛測區)	64	8	合格	航帶平差共提送64點,抽驗8點。

(2). 航帶平差控制點外業檢查結果

空載光達資料獲取同時,應於掃瞄區域內 20 公里範圍內, 選取 2 點以上之透空度佳 (仰角 10°以上無遮蔽)的地面 GNSS 基地站。地面控制點距上述 GNSS 基站之最長距離應為 20 公 里之半,故本次驗收之基線統一以 10 公里計算。所得差值中 誤差於平面方向應小於 10 公分,高程方向應小於 10 公分,且 平面方向最大較差值應小於 20 公分,高程方向最大較差值應 小於 20 公分。

檢測方式採 GNSS 靜態測量及 e-GNSS 定位系統進行 VRS-RTK 即時動態定位測量,連接內政部國土測繪中心 e-GNSS 網站,並輸入選定之服務區及服務登入帳號密碼,確認連接無誤後,輸入點號、天線高、資料需求筆數,開始觀測並檢核是否顯示 Fix 收斂,觀測結束後,移動至下一測點重複前述步驟。

A.第1作業區:澎湖測區

- 送驗點數:航帶平差點 120 點。
- 抽測點數:抽樣比例為 10%以上,抽測 12 點航帶平差控制點,點位分布示意圖如圖 4.13 所示,外業檢測情形如圖 4.14 所示。
- 日期:113年9月09日~113年9月12日。
- 儀器: Trimble R8s (1 組入力)。
- 航帶平差控制點檢核成果詳表 4.17~表 4.18。

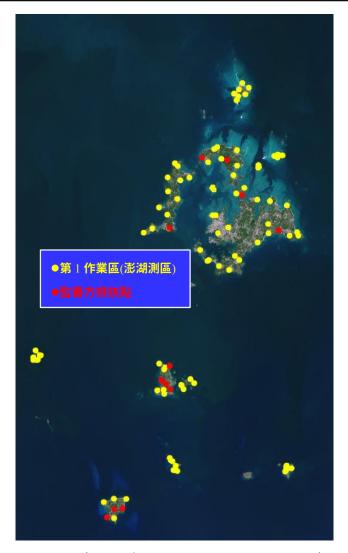


圖 4.13 第 1 作業區(澎湖測區)抽測點位分布圖









圖 4.14 第1作業區(澎湖測區)外業檢測情形

表 4.17 第 1 作業區(澎湖測區)檢核點(送驗點)坐標對照表(單位: 公分)

16 nb	點號	丙方檢測,	成果-TWD97[2	2020]	第1作業區(澎湖)-TWD97[2020]				
編號	= 4,7G	N	Е	h	N	Е	h		
1	36-0301A	306444.978	2617349.335	21.421	306444.979	2617349.339	21.346		
2	36-0608A	301768.416	2607318.925	48.494	301768.417	2607318.930	48.450		
3	36-0810A	317411.243	2606979.303	23.738	317411.273	2606979.316	23.782		
4	36-1202A	300666.376	2585575.066	21.063	300666.379	2585575.087	21.092		
5	36-1205A	301804.996	2587617.846	32.639	301804.995	2587617.846	32.605		
6	36-1206A	301942.022	2584288.473	21.186	301942.034	2584288.482	21.187		
7	36-1604A	295097.596	2567237.720	62.807	295097.605	2567237.713	62.772		
8	36-0701B	312157.973	2612025.008	24.624	312158.015	2612025.055	24.639		
9	36-1606B	292866.275	2566002.436	24.123	292866.261	2566002.453	24.133		
10	36-0308C	310016.357	2617086.053	34.930	310016.342	2617086.084	34.872		
11	36-1208C	301290.922	2585040.533	50.153	301290.905	2585040.541	50.157		
12	36-1607C	293877.890	2567140.688	45.511	293877.872	2567140.680	45.482		

代碼 A: 航帶平差高程控制點

代碼 B: 航帶平差平面控制點 (特徵角點)

代碼 C:檢核點

表 4.18 第 1 作業區(澎湖測區)檢核點(送驗點)檢核成果表(單位: 公分)

編號	點號	ΔN	ΔE	∆h	平面距離差 (通過標準:小平 面差(20公分內)	高程差 (通過標準:高程 差(20公分內)	平面通過與否	高程通過與否
1	36-0301A	0.4	0.1	-7.5	0.4	-7.5	是	是
2	36-0608A	0.6	0.1	-4.4	0.6	-4.4	是	是
3	36-0810A	1.3	3.0	4.4	3.3	4.4	是	是
4	36-1202A	2.2	0.4	2.9	2.2	2.9	是	是
5	36-1205A	0.0	-0.1	-3.4	0.1	-3.4	是	是
6	36-1206A	0.9	1.2	0.1	1.5	0.1	是	是
7	36-1604A	-0.7	0.9	-3.5	1.2	-3.5	是	是
8	36-0701B	4.7	4.2	1.5	6.3	1.5	是	是
9	36-1606B	1.8	-1.4	1.0	2.2	1.0	是	是
10	36-0308C	3.1	-1.4	-5.8	3.4	-5.8	是	是

編號	點號	ΔN	ΔE	Δh	平面距離差 (通過標準:小平 面差(20公分內)	高程差 (通過標準:高程 差(20公分內)	平面通過與否	高程通過與否
11	36-1208C	0.9	-1.6	0.4	1.9	0.4	是	是
12	36-1607C	-0.7	-1.8	-2.9	1.9	-2.9	是	是

代碼 A: 航帶平差高程控制點

平面

高程

平面差-中誤差(RMSE) 2.6 高程差-中誤差(RMSE) 3.8

高程差-中誤差(RMSE) 中誤差超過 10cm 不通過

平面差-最小最大區間 0.1~6.3 高程差-最小最大區間 -7.5~4.4

高程差-最小最大區間 最大差值超過 20cm 不通過

平面差-平均 2.1 平面差-標準偏差 1.7 高程差-平均
-1.4
高程差-標準偏差
3.7

代碼 B: 航帶平差平面控制點(特徵角點)

代碼 C:檢核點

B.第2作業區: 南投仁愛測區

- 送驗點數: 航帶平差控制點 64 點。
- 抽測點數: 抽樣比例為 10%以上,抽測 8 點航帶平差控制點,抽測點位分布示意圖如圖 4.15 所示,外業檢測情形如圖 4.16 所示。
- 日期:113年9月03日~9月18日。
- 儀器:儀器:Trimble R8s (1 組入力)。
- 航帶平差控制點檢核成果詳表 4.19~ 表 4.20。

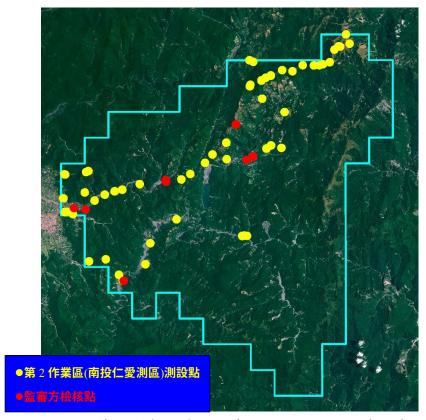


圖 4.15 第 2 作業區(南投仁愛測區)抽測點位分布示意圖圖









圖 4.16 第 2 作業區(南投仁愛測區)外業檢測情形

表 4.19 第 2 作業區(南投仁愛測區)檢核點(送驗點)坐標對照表(單位: 公分)

編號	點號	丙方檢測	成果-TWD97[[2020]	第 2 作 i	區)-	
		N	E	h	N	E	h
1	35-0115A	259525.170	2655749.697	761.191	259525.227	2655749.635	761.133
2	35-0111A	250891.584	2652670.129	539.195	250891.619	2652670.076	539.098
3	35-0119A	268184.348	2658012.035	1201.825	268184.348	2658012.038	1201.819
4	35-0122A	255002.611	2645034.199	754.822	255002.711	2645034.218	754.720
5	35-0103B	259540.012	2655673.012	773.472	259540.031	2655673.027	773.369
6	35-0224B	268886.626	2658362.898	1343.492	268886.590	2658362.894	1343.502
7	35-0101C	249655.607	2652799.003	524.425	249655.636	2652798.959	524.233
8	35-0105C	267024.040	2661816.122	1978.030	267024.038	2661816.121	1978.031

代碼 A: 航帶平差高程控制點

代碼 B: 航帶平差平面控制點 (特徵角點)

代碼 C:檢核點

表 4.20 第 2 作業區(南投仁愛測區)檢核點(送驗點)檢核成果表 (單位: 公分)

編號	點號	ΔN	ΔE	∆h	平面距離差 (通過標準:小平面 差(20公分內)	高程差 (通過標準:高程 差(20公分內)	平面通過與否	高程通過與否
1	35-0115A	-6.2	5.8	-5.8	8.5	-5.8	是	是
2	35-0111A	-5.3	3.5	-9.7	6.4	-9.7	是	是
3	35-0119A	0.3	0.0	-0.6	0.3	-0.6	是	是
4	35-0122A	1.9	10.0	-10.1	10.2	-10.1	是	是
5	35-0103B	1.5	1.9	-10.3	2.4	-10.3	是	是
6	35-0224B	-0.4	-3.6	1.0	3.6	1.0	是	是
7	35-0101C	-4.4	2.9	-19.2	5.3	-19.2	是	是
8	35-0105C	-0.1	-0.1	0.2	0.2	0.2	是	是

代碼 A: 航帶平差高程控制點

代碼 B: 航帶平差平面控制點 (特徵角點)

代碼 C:檢核點

平面 高程 中誤差超過 10cm 不誦過 平面差-中誤差(RMSE) 高程差-中誤差(RMSE) 5.7 9.4 平面差-最小最大區間 高程差-最小最大區間 最大差值超過 20cm 不通過 $0.2 \sim 10.2$ $-19.2 \sim 1.0$ 平面差-平均 高程差-平均 4.6 -6.8 高程差-標準偏差 平面差-標準偏差 6.9 3.7

◆控制測量檢查小結

總和以上針對乙方測製廠商之控制測量成果檢查工作,檢查 3 個項目之成果是否符合規定,以下為檢核成果之總結,並附上檢核 總成果合格表(如附件三所示)。

- 控制測量成果書面資料:經檢查乙方測製廠商提送之書面資料, 其控制點分布圖、點之記內容及檔案格式皆符合規定,檢查結果 判定乙方測製廠商合格。
- 2. 新設地面 GNSS 基站坐標解算成果: 丙方收齊測製廠商基站資料 後統一進行坐標解算後提供予測製廠商使用,確保本案成果框架 之一致性。

3. 控制測量成果:

■新設地面 GNSS 基站: 乙方測製廠商所檢送之新設地面 GNSS 基站資料檢查結果判定乙方測製廠商合格。

航帶平差高程控制點及航帶平差平面控制點資料: 航帶平差 高程控制點及航帶平差平面控制點資料,與丙方抽樣點之三維坐 標比對,2作業區乙方測製廠商比對成果皆於標準內,檢查結果判 定乙方測製廠商合格。

4.3 點雲及航帶平差檢核結果

◆工作項目

點雲及航帶平差之檢核,包含點雲紀錄格式檢查、測區覆蓋完整 度及相鄰航帶重疊率檢查、點雲密度檢查、航帶平差書面檢查及航帶 相對誤差檢查。本項檢核項目針對2個作業區進行檢查。各項檢查結 果詳述如下文。

◆送審時間

點雲航帶平差資料提送及審核時間,如表 4.21:

測區	廠商名稱	資料檢送日期	資料審核日期	丙方審核天數
3-6 澎湖	自強工程	113/11/25	113/12/12	18 天
3-5 南投	自強工程	113/12/19	113/12/23	5 天

表 4.21 乙方提送原始資料涵蓋檢核資料日期

※本表僅列出最後通過之檢送日期及審核日期(審核天數以發文日期計算,實際結果於30日內通知)

4.3.1 點雲紀錄格式

以自行開發之程式(如圖 4.17),逐航帶檢查測製廠商掃瞄點雲資料 之地面三維坐標值、反射強度及回訊順序等是否合於規定。經檢查各測 製廠商提送之全數航帶點雲資料合於規定,本項檢查判定合格。

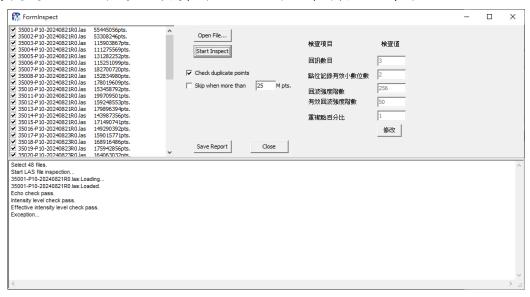


圖 4.17 自動化檢查程式示意圖

4.3.2 測區覆蓋完整度及相鄰航帶重疊率

將測製廠商提送之點雲資料,逐條帶於軟體中,圈畫出點雲涵蓋範圍,並依航帶之方向規劃重疊率量測。針對測製廠商作業範圍,澎湖及南投仁愛測區雖主要由自強工程承攬,而飛航掃瞄作業則部分委由其他單位執行,澎湖測區之飛航掃瞄委由航遙測分署進行,其航線規劃依島嶼分布進行規劃;南投仁愛測區分別由詮華國土進行西側測區掃瞄與自強工程負責東側測區掃瞄,主要之航線規劃皆為南北向,其測區之航帶數如表 4.22。各測區圈劃之各航帶點雲之邊線如圖 4.18~4.19。

作業區	測區	測區 編號	飛航掃瞄 單位	資料處 理單位	航帶數	涵蓋圖 幅數量
第1作業區	澎湖測區	3-6	航遥測分署	自強	78 條	108
第2作業區	南投-西側測區	3-5	詮華	詮華	48 條	59
	南投-東側測區		自強	中興	56 條	58

表 4.22 測製廠商航線數量表

利用圈畫好之點雲邊線,兩兩相鄰航帶檢查並統計其重疊率,檢查 結果各航帶間重疊率全數大於 40%,合於契約重疊率必須大於 40%之規 定,航帶重疊率未達 50%處,則改採人工一一檢查,澎湖地區考量水域 範圍較多,水域易造成光達點雲無回波,若僅考量陸域內之重疊率,則 大部分區域明顯優超過 50%,經扣除補雲洞航帶及水域區域,確認後皆 達 40%之重疊率,本項檢查判定合格。

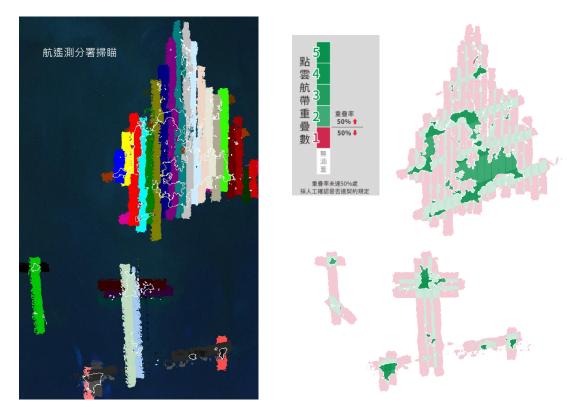


圖 4.18 自強工程-澎湖測區航帶點雲掃瞄涵蓋範圍(共計 78條)及航帶重疊圖

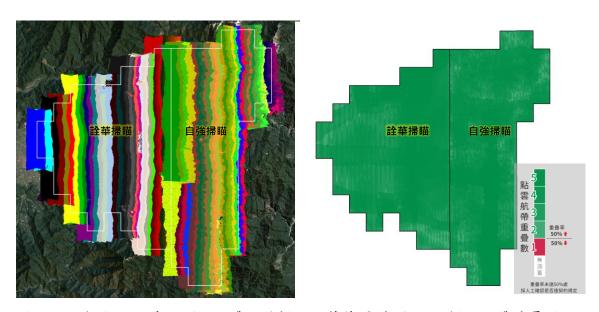


圖 4.19 自強工程-南投測區航帶點雲掃瞄涵蓋範圍(合計 104條)及航帶重疊圖

4.3.3 點雲密度

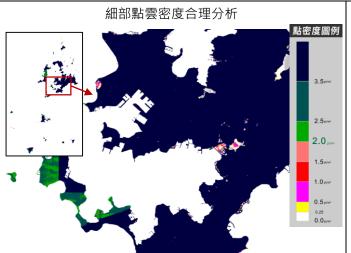
整合測區內各航帶點雲,以自行開發之程式,統計 100×100 平方公 尺為單位統計點雲密度,並將平均密度分為大於 2.0/m²(白色),介於 2.0 ~1.0 點/m²(紅色),及小於 1.0 點/m²(黃色)區塊,及水域(藍色)。各作業區 點雲密度檢核結果分述如下。

(1).澎湖 3-6 測區點雲密度檢查

計算澎湖測區點雲密度成果,扣除水體範圍後,統計合格及密度不足、低密度之格數,如圖 4.20 所示。

數量 百分比 方格內點密度 D > 2.0 18,637 99.3% 115 2.0 > D > 1.0 0.6% 1.0 > D 19 0.1% 6,811 水域 合計總格數 25,582 D為方格內點密度,水域方格不納入統計 整區平均密度 9.8 點/m²

第1作業區(澎湖)點雲密度檢查 點雲密度計算圖



點雲密度區域放大圖



圖 4.20 澎湖測區點雲密度計算成果圖

由圖 4.20,第1作業區內依契約其<u>點雲密度合格標準</u>為:平均密度 需大於 2.0 點/m²;扣除水域範圍後,密度不足比例需小於測區面積之 10%,且低密度(小於 1 點/m²)區域必須小於測區面積之 5%。統計結果如表 4.23 所示。

◆統計結果

表 4.23 3-6 測區 100 公尺×100 公尺密度統計結果

	總格數	水體格數	合格格數 (大於 2.0)	密度不足格數 (1.0~2.0)	低密度格數 (小於 1.0)
澎湖測區	A 25,582	в 6,811	с 18,637	D 115	Е 19

每一格面積為 100 公尺×100 公尺,即1公頃

※總計密度不足比例為:

$$\frac{D+E}{A-B} = \frac{115+19}{25582-6811} = 0.7\%$$

密度不足比例合於契約規定(小於10%),本項判定合格。

※ 低密度比例為:

$$\frac{E}{A-B} = \frac{19}{25582-6811} = 0.1 \%$$

低密度比例,合於契約規定(小於5%),本項判定合格。

※扣除水體後,澎湖測區總體平均密度為 9.8 點/m²,全區點密度直方圖如圖 4.21 所示,直方圖明顯雙峰,主要因為部分航帶重飛,點雲加總後,相對較高。

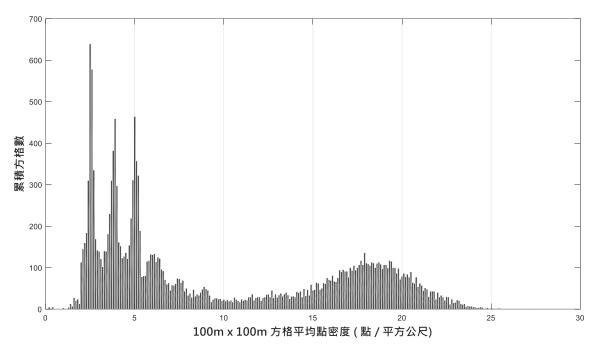


圖 4.21 澎湖測區點密度直方圖

(2).南投仁愛 3-5 測區點雲密度檢查

計算南投仁愛測區點雲密度成果,扣除水體範圍後,統計合格及密度不足、低密度之格數,如圖 4.22 所示。

由圖 4.22,第1作業區內依契約其<u>點雲密度合格標準</u>為:平均密度 需大於 2.0 點/m²;扣除水域範圍後,密度不足比例需小於測區面積之 10%,且低密度(小於 1 點/m²)區域必須小於測區面積之 5%。統計結果如表 4.24 所示。

◆統計結果

南投測區

 總格數
 水體格數
 合格格數 (大於 2.0)
 密度不足格數 (1.0~2.0)
 低密度格數 (小於 1.0)

 83,720
 B
 182
 C
 83,534
 D
 4
 E
 0

表 4.24 3-5 測區 100 公尺×100 公尺密度統計結果

每一格面積為 100 公尺×100 公尺,即1公頃

※總計密度不足比例為:

$$\frac{D+E}{A-B} = \frac{4+0}{83,720-182} = 0.0\%$$

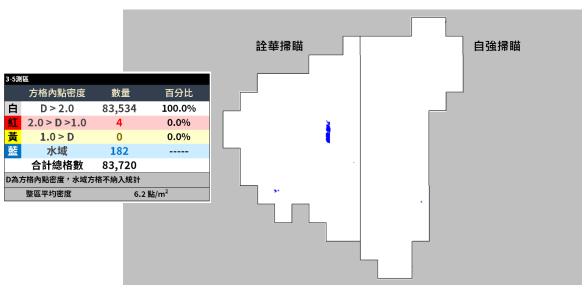
密度不足比例合於契約規定(小於10%),本項判定合格。

※ 低密度比例為:

$$\frac{E}{A-B} = \frac{0}{83,720-182} = 0.0 \%$$

低密度比例,合於契約規定(小於5%),本項判定合格。

第2作業區(南投仁愛)點雲密度檢查 點雲密度計算圖



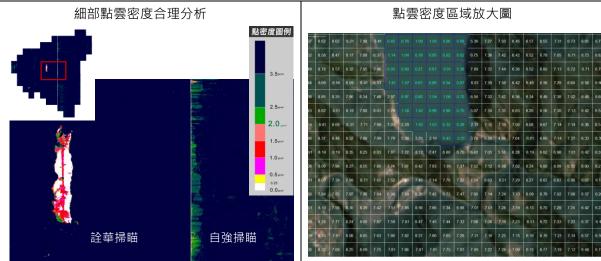


圖 4.22 南投仁愛測區點雲密度計算成果圖

※ 扣除水體後, 南投仁愛測區總體平均密度為 **6.2** 點/m², 全區點密度 直方圖如圖 4.23 所示。

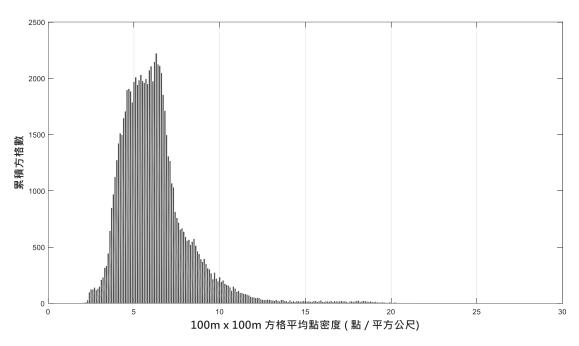


圖 4.23 南投仁愛測區測區點密度直方圖

4.3.4 航帶平差書面資料

檢查各家測製廠商提送之航帶平差書面資料,以確保各測製廠商所 執行的點雲資料航帶平差工作符合本計畫之規格,檢查結果如表 4.25。

檢查項目	第 1 作業區(澎湖) 檢查結果	第2作業區(南投) 檢查結果	説 明
控制點分布	合格	合格	必須滿足各航帶 頭、中、尾各一 高程控制點要求
觀測點位 置分布	合格	合格	
交叉航線	合格	合格	
平差成果	合格 (2.3 公分)	合格 (3.5 公分)	單位權中誤差必 須小於10公分
點雲坐標 修正	合格	合格	

表 4.25 各家航带平差書面檢查結果表

檢查測製廠商提送之平差書面資料成果,內容及作業方式符合規定, 本項成果**判定各家測製廠商均合格。**

4.3.5 航帶相對誤差檢查(內部精度檢查)

於測區每隔 50 公尺取一個對應平面位置為檢核位置,以各檢核位置為中心取 5×5 平方公尺的小區域, 擷取各重疊此區域之航帶點雲, 以區域內之各航帶點雲估計平均坡度, 若估計之坡度小於 10 度, 則進而計算點雲之最適平面,以此平面中心位置高程為推估之高程,如此可計算得每個航帶同一位置之推估高程,以計算航帶之相對高程偏差量。若為兩個航帶之重疊位置,則兩航帶之推估高程差為相對高程偏差量; 若為多個航帶之重疊位置,則以推估高程最大及最小值之差為相對高程偏差量,推估方法如圖 4.24 所示。以上述方法進行全測區之相對高程偏差量估算。

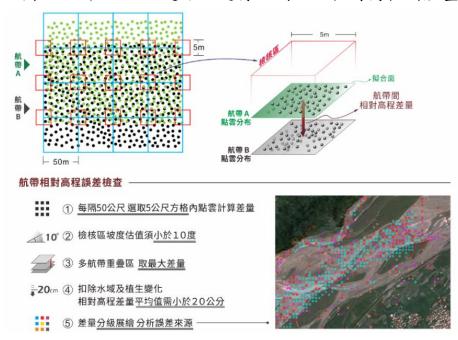


圖 4.24 航帶高程誤差分析

1、3-6 澎湖測區航帶間相對誤差檢查

澎湖測區之點雲資料後處理為自強工程負責,誤差分析推估結果, 抽檢點數及航帶間高程相對偏差量平均值如表 4.26,統計所有高程相對 偏差量直方圖(如圖 4.25),本測區大多落在平坦地,有效檢測點數相對 較多。檢查結果,並無明顯群聚性大差異(大多小於 20 公分),高程差異 較大之區域多數位於臨海水域或植生範圍,大範圍平坦區,如機場或馬 公市區並無明顯點雲平差問題,代表平差成果良好,無明顯高程方向差 量,部分差異較大落於植生區域,為地貌植生變化或鬆散地貌回波所造 成,如圖 4.26 所示。本項航帶偏差檢查僅會反應各航帶點雲 Z(高程)方向之差量,針對航帶點雲間是否有 XY(平面)方向之偏差,並無法由檢查程式明確反應,測製廠商實際於平差完成後應直接抽樣檢查各航帶點雲,檢查是否有平面或高程偏差。丙方經點雲分類成果檢查時,已進行逐幅更詳細確認航帶平差之成果,檢查結果本區經自動及人工全面確認後,並無明顯之水平與高程平差問題發生,本項判定合格。

表 4.26 澎湖測區航帶間相對誤差抽測點數及偏差量平差值表

測區	抽檢點數	相對偏差量平均值(公分)
3-6 澎湖	36,358	8.5

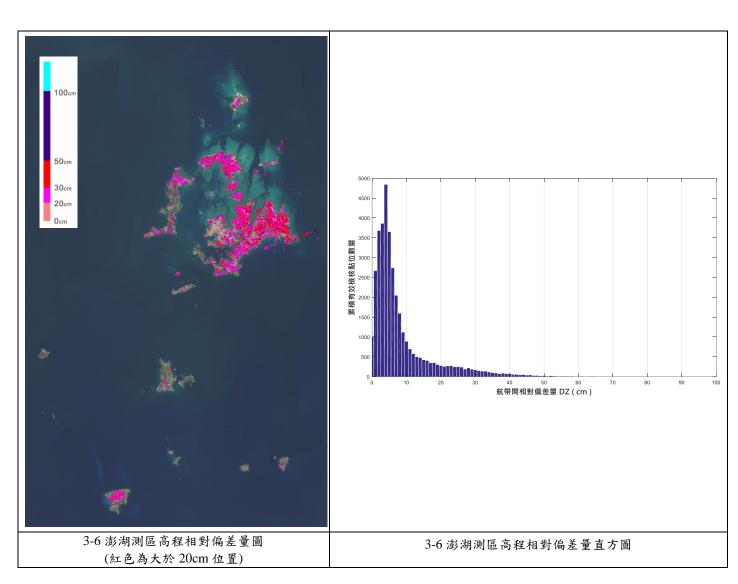


圖 4.25 3-6 澎湖測區高程相對偏差量圖及高程相對偏差量直方圖

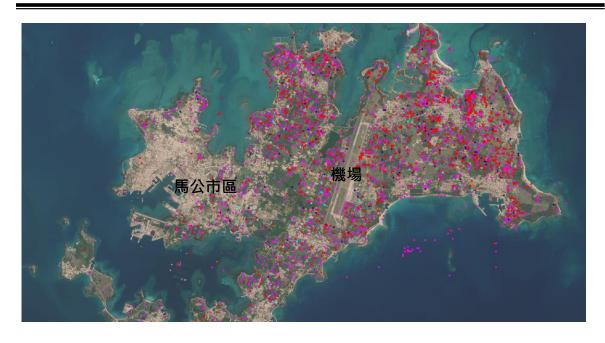


圖 4.26 3-6 澎湖本島區域點雲航帶偏差量示意

2、3-5 南投仁愛測區航帶間相對誤差檢查

南投仁愛測區之點雲資料後處理分別由詮華及中興負責,誤差分析 推估結果,抽檢點數及航帶間高程相對偏差量平均值如表 4.27,統計所 有高程相對偏差量直方圖(如圖 4.27),其中山區範圍內之河谷地及平坦 地區有限,受限於檢核區之地形坡度估值須小於 10 度才可自動檢查,故 能獲得之自動化檢核點位置有限,丙方亦會在自動化檢核不足之區域採 人工逐幅以視覺化剖面方式檢查航帶平差成果。檢查結果,並無明顯群 聚性大差異(大多小於 20 公分),其中東側測區(中興責任區),主要為廠 商相鄰航帶掃瞄時間差異較久(自強負責飛航),河道內變化較大造成,如 圖 4.28 所示,扣除此部分差異,其平差成果良好。本項航帶偏差檢查僅 會反應各航帶點雲 Z(高程)方向之差量,針對航帶點雲間是否有 XY(平 面)方向之偏差,並無法由檢查程式明確反應,測製廠商實際於平差完成 後應直接抽樣檢查各航帶點雲,檢查是否有平面或高程偏差。丙方經點 雲分類成果檢查時,已進行逐幅更詳細確認航帶平差之成果,檢查結果 本區經自動及人工全面確認後,並無明顯之水平與高程平差問題發生, 本項判定合格。

表 4.27 南投仁愛測區航帶間相對誤差抽測點數及偏差量平差值表

測區	抽檢點數	相對偏差量平均值(公分)
3-5 南投仁愛	44,025	8.9

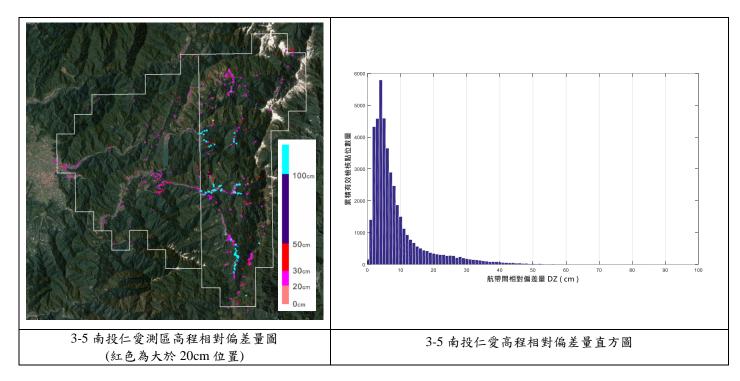


圖 4.27 3-5 南投仁愛測區高程相對偏差量圖及高程相對偏差量直方圖



圖 4.28 3-5 南投測區河道應掃瞄時間差異俱較大偏差量示意

◆點雲及航帶平差檢查小結

總和以上針對各作業區點雲及航帶平差檢查工作,檢查五個項目之成果是否符合規定,以下為檢核成果之總結,並附上檢核總成果合格表(如附件四)。

- 1.點雲紀錄格式檢查:逐航帶檢查各家測製廠商所提送之點雲資料,檢查其資料內容是否包含各掃瞄點的地面三維坐標值、反射強度值及回訊順序等資料,其影像之分布及涵蓋,符合規定。檢查結果各航帶點雲資料紀錄格式符合規定,本項成果判定合格。
- 2.測區覆蓋完整度及相鄰航帶重疊率檢查:檢查結果測區各相鄰航帶間 重疊率皆大於 40%,本項成果判定合格。
- 3.點雲密度檢查:統計結果密度不足面積及低密度面積皆小於契約規定, 本項成果判定合格。
- 4. 航帶平差書面資料檢查:檢查各測製廠商提送之平差書面資料成果, 內容及作業方式符合規定,本項成果判定合格。
- 5. 航帶相對誤差檢查:檢查各家測製廠商有效檢核位置,航帶間相對高程偏差量估計值之平均量皆小於20公分之規定,成果符合規定,丙方在自動化檢核不足之區域採人工逐幅以視覺化剖面方式檢查航帶平差成果,檢查結果本區經自動及人工全面確認後,並無明顯之水平與高程平差問題發生,本項成果判定合格。

4.4 點雲過濾檢核結果

◆工作項目

點雲過濾成果檢核工作項目包含 DEM 及 DSM 資料 ASCII 格式檢查、DEM 及 DSM 資料其他檔案格式檢查、點雲分類成果檢查、點雲平面精度與水域數化成果檢查、點雲編修人員能力檢查、DEM 成果外業檢查及網格成果接邊檢查等七個項目,檢查結果如下:

4.4.1 DEM 及 DSM 資料 ASCII 格式檢查

檔頭資料檔內容:

檢查測製廠商提送之 DEM/DSM 基本詮釋資料(*.hdr)檔案,本檔案 需依內政部高精度及高解析度數值地形模型測製案所訂定之檔頭資料內 容填寫,每一幅 1/5,000 之 DEM 或 DSM 成果需包含一個檔頭資料。 本項檢查依契約規定辦理,有關 DTM 資料之成果提送提案結論, 即第2、3、6、7階段成果(對應<u>本案乙標第3階段</u>),測製廠商先行提送 DTM 網格成果橢高 LAS 格式予丙方檢查,並經國土測繪中心驗收合格 後,再一併化算成正高成果、其他格式成果及產製詮釋及檔頭資料。以 下為契約內容截錄:

DTM 資料提送時程

廠商於第 2、3、6、7 階段應繳交之 DEM/DSM 成果係指橢球高系統、LAS 格式。有關 XYZ(含 HDR、XML)及 GeoTiff 格式,應於機關 LAS 格式成果驗收合格後,再由測製案廠商據以轉製 XYZ(含 HDR、XML)及 GeoTiff 格式,測製案廠商於收到機關通知次日起 30 個日曆天內繳交經本案廠商審查通過之 XYZ 及 GeoTiff 格式(均含正高及橢球高)至機關。

4.4.2 DEM 及 DSM 資料 GeoTIFF、LAS 格式檢查

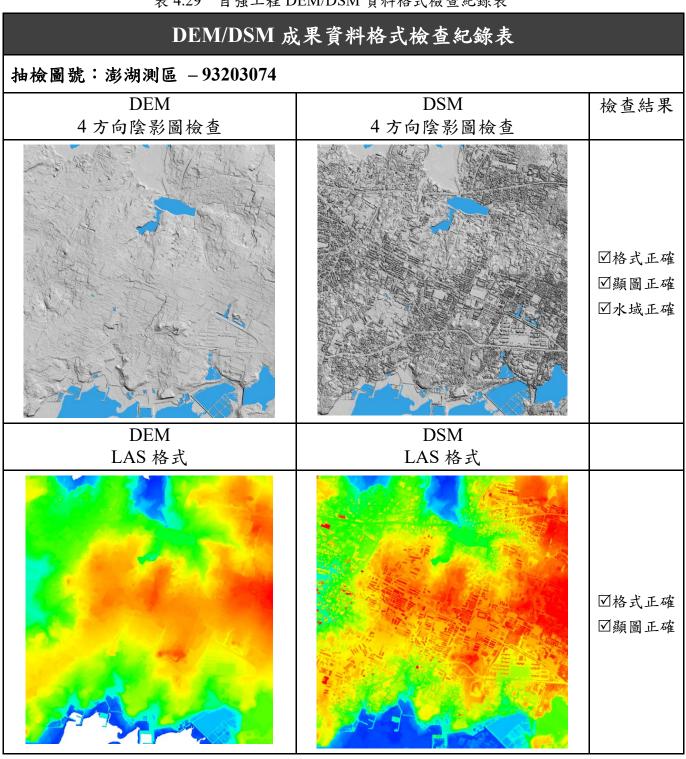
本項目檢查 DEM/DSM 之網格資料成果,分別以程式讀取測製廠商提送之 DEM 及 DSM 資料之 LAS 檔案格式(僅橢球高)能被正確讀取並顯圖者才屬合格(如表 4.28),讀取時一併套合測製廠商繪製之水域線成果,以視覺化方式檢查其水域範圍與地形呈現之合理性。

本項檢查同時依上節所述契約規定辦理,故本階段成果主要針對 LAS 格式進行抽檢。檢查結果,每家依契約抽樣標準至少抽 5 幅,實際 以程式讀取並檢視所有圖幅,透過視覺化檢查其資料面呈現是否合理, 是否可正確被軟體讀取並顯示,其中陰影圖為產製 4 方向陰影圖進行檢 查。各家廠商檢查結果範例如表 4.29~表 4.30。

表 4.28 其他資料格式檢查表

檢查資料	檢查格式	讀取軟體
DEM/DSM	LAS	產製陰影圖檢查
DEM/DSM	LAS	Global Mapper

表 4.29 自強工程 DEM/DSM 資料格式檢查紀錄表



澎湖測區經檢查網格成果格式正確、皆能正確讀取/顯圖,本項判定合格。

表 4.30 自強工程 DEM/DSM 資料格式檢查紀錄表

DEM/DSM 成果資料格式檢查紀錄表 抽檢圖號: 南投仁愛測區 - 96213087 DEM **DSM** 檢查結果 4方向陰影圖檢查 4方向陰影圖檢查 ☑格式正確 ☑顯圖正確 ☑水域正確 **DEM DSM** LAS 格式 LAS 格式 ☑格式正確 ☑顯圖正確

南投仁愛測區經檢查網格成果格式正確、皆能正確讀取/顯圖,本項 判定合格。

4.4.3 點雲過濾及 DEM 成果檢查

點雲過濾(分類)之查核需檢查測製廠商提送之全數圖幅,並逐幅檢查圖幅內是否包含點雲過濾常見錯誤表內所列之 11 項大錯,如 3.4.3 節表 3.5 所示),若單一圖幅包含超過 3 個(含)以上明顯錯誤點,則視該幅點雲過濾為不合格,若非不合格惟圖幅內仍有錯誤處需修正,則視該幅點雲過濾為待修正,若全數錯誤修正完畢,則視該幅點雲過濾為合格。上述合格圖幅數量應達該期別契約規定數量。另測製廠商提送之點雲過濾成果,需(僅)包含地面點(ground, code 2).非地面點(nonground, code 31).水域點雲(water, code 9)及雜點(noise, code 30)等 4 種類別(如表 4.31),若有編碼錯誤或其他分類之情形,則會退回測製廠商重新修正。

code	Description	Level
2	Ground(地面點)	2
9	Water(水域點)	9
30	Noise(雜點)	30
31	Nonground(非地面點)	31

表 4.31 點雲分類圖層說明表

因水域內之點雲資料(不合理點雲)非正確之高程點資料,且其回波 易受水面特性反射而產生錯誤點雲,故於資料後處理時需將之濾除不可 納入後續內插使用。實際做法為測製廠商需數化測區內之水域線資料, 並將水域線圖層分為水線、沙洲線及海岸線。待丙方檢查合格後,以合 格之水線及沙洲線將水域內點雲分類至水域點雲(water, code 9)圖層內, 後續內插完成之網格資料依海域線去除海域資料(不記錄),詳見 4.4.4 節 說明。

人工過濾之錯誤判定方式及標準:

以測製廠商提送之『人工分類後 DEMLAS 成果檔』,以人工方式逐幅檢查其**地面點分類**是否正確無誤。

檢查圖幅內包含上述明顯錯誤者,則視為1個錯誤區,如該圖幅累 計滿3個(含)錯誤區以上,則判定該圖幅點雲過濾成果不合格。其餘過 濾錯誤者,若非屬於上述明顯錯誤者,則判定測製廠商需修正此錯誤(待 修正圖幅),並俟測製廠商修正完畢後,則判定該圖幅合格。各階段提送 成果,合格判定標準:依上述方式判定,累計不合格圖幅數量應低於提送圖幅數量10%,則判定通過。

檢查方式為逐幅檢查,使用陰影圖(或渲染圖)及正射影像,檢查依作業經驗判斷點雲分類是否正確。檢查作業窗格(TerraScan環境下)如圖 4.29。

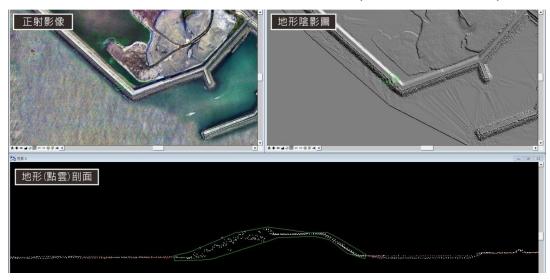
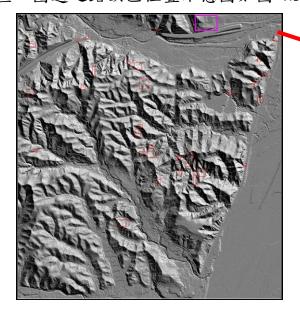
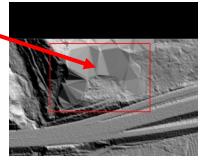


圖 4.29 點雲過濾成果檢查作業窗格

各幅檢查結果以 DXF 格式輸出,內容包含圈選之錯誤區位置(及錯誤說明),測製廠商需將檢查結果之錯誤區位置全數修正後重新提送丙方檢查。圈選之錯誤區位置示意圖如圖 4.30:





地面點過度過濾,山脊線被 削平。

圖 4.30 點雲過濾錯誤區圈選示意圖

以下列出經檢查點雲(DEMLAS)過濾錯誤之部分修正範例及分批次檢查 結果說明

以下為 3-6 澎湖測區點雲過濾修正範例

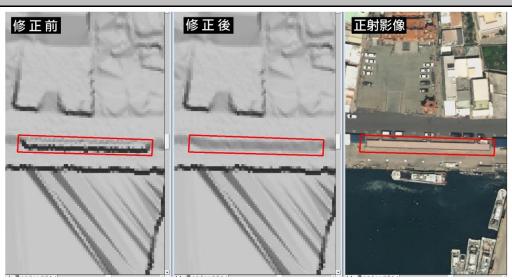
3-6 澎湖測區-點雲編修及地面點分類錯誤 部份範例擷圖

圖號:

92202079

錯誤類別:

建物未滤除

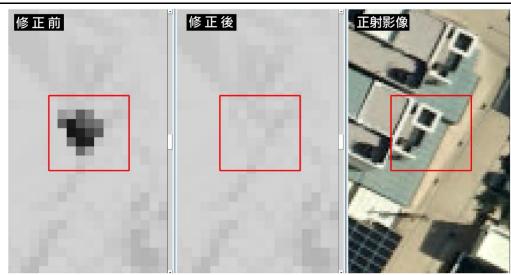


圖號:

93203063

錯誤類別:

建物未濾除

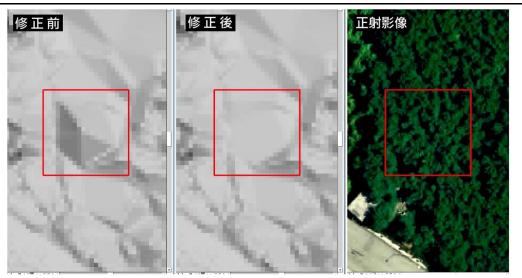


圖號:

93203063

錯誤類別:

植物未濾除



3-6 澎湖測區—點雲編修及地面點分類錯誤 部份範例擷圖

圖號:

93203075

錯誤類別:

地形表現不 足,地面點 過度濾除





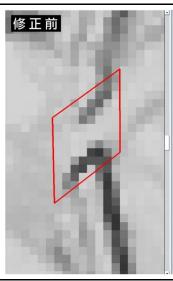


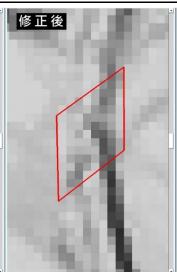
圖號:

93203075

錯誤類別:

橋梁未濾除







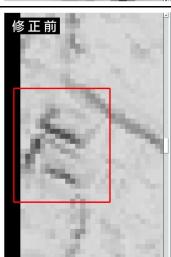
圖號:

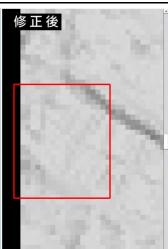
93203077

錯誤類別:

太陽能板未

濾除







3-6 澎湖測區—點雲編修及地面點分類錯誤 部份範例擷圖

圖號:

93203077

錯誤類別:

植物未濾除

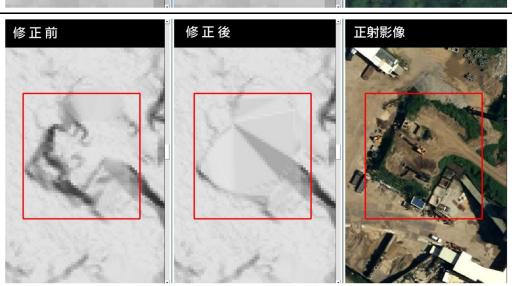


圖號:

93203077

錯誤類別:

臨時性土堆 未濾除



圖號:

93203083

錯誤類別:

建物未滤除



第1作業區 113年度澎湖測區(DEMLAS)統計略表 2024/11/28 16:15 本子測區已達通過標準 點雲過濾檢查分項 檢查項目 備註 1.所有圖幅驗過一輪 所有圖幅都驗過一遍了 2.初驗通過率達 100% 涌猧 所有圖幅都誦禍初驗 3.水域點雲濾除檢查 通過 已完成全數圖幅水域分類 4.不合格率小於 10% 通過 目前不合格率為 0.0% 5.雲洞(資料缺漏)檢查 通過 6.航帶間偏移(平差)檢查 通過 :述6個項目都必須要通過,本子測區才達通過標準 通過初驗圖幅數(可驗) 108 水線數化檢查 0 張(總圖幅-可驗圖幅) 未通過初驗圖幅數 丙方檢查完成圖數 108 張(以下總合) 域點雲濾除達成 108 張 (100.0%) 不合格 0 張 已完成全數圖幅水域分類 通過數 108 張 不合格率 0.0% 不合格/檢查完成 不合格/可驗圖幅 0.0% < 若已驗完一輪·小於10%即通過。 0.0% (不合格+還不能驗)/總圖幅 0.0% 本子測區點雲過濾判定: 檢核負責人と 已達通過標準

表 4.32 3-6 測區 DEMLAS 檢核統計略表

檢查結果:

3-6 澎湖測區檢查結果說明:自強工程依丙方規劃之預檢機制,將成果分 1 個批次提送檢查,檢查結果統計如表 4.32,3-6 測區於同一批次提送 108 幅 DEMLAS,提送時程如表 4.33 所示,於預檢期間經檢查,無不合格圖幅。經檢查測製廠商於 108 幅 DEMLAS 分類成果於 113 年 11 月 28 日已全數通過,通過數量為 108 幅;不合格數量為 0 幅。不合格數量比例低於契約需 10%以下之要求,達規範要求,判定合格。

提送成果項目提送數量提送日期檢查完成日期檢查結果DEM 點雲分類108 幅113.11.19113.11.28通過合計108 幅本項檢查完成日期 113.11.28判定合格

表 4.33 3-6 測區 DEMLAS 成果分批提送時程表

以下為 3-5 南投仁愛測區點雲過濾修正範例

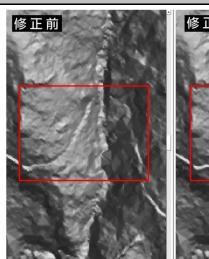
3-5 南投仁愛測區—點雲編修及地面點分類錯誤 部份範例擷圖

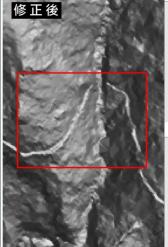
圖號:

96213089

錯誤類別:

地形表現不 足,地面點 過度濾除





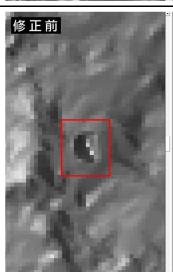


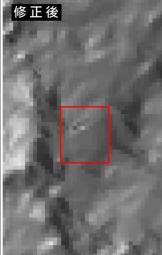
圖號:

96213089

錯誤類別:

植被未濾除







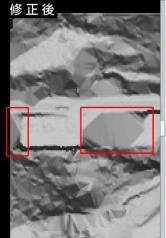
圖號:

96213098

錯誤類別:

建物未滤除







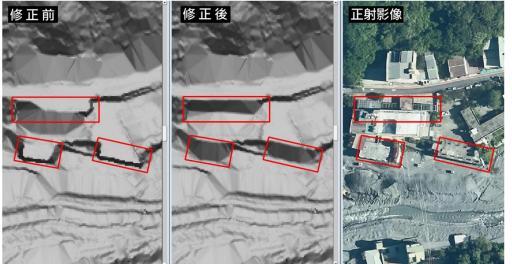
3-5 南投仁愛測區—點雲編修及地面點分類錯誤 部份範例擷圖

圖號:

96213098

錯誤類別:

建物未濾除

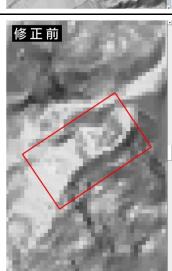


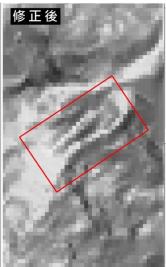
圖號:

96204033

錯誤類別:

地形表現不 足,地面點 過度濾除







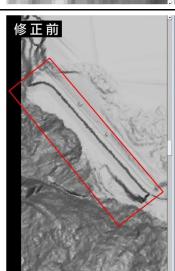
圖號:

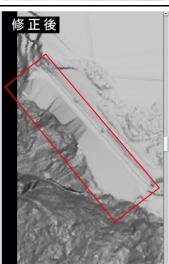
96204033

錯誤類別:

明隧道未濾

除







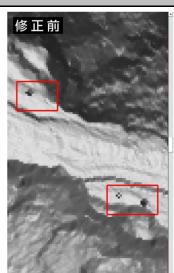
3-5 南投仁愛測區—點雲編修及地面點分類錯誤 部份範例擷圖

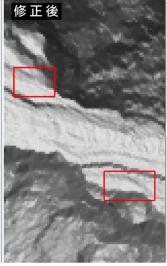
圖號:

96204043

錯誤類別:

植被未濾除







圖號:

96213086

錯誤類別:

地形表現不 足,地面點 過度濾除





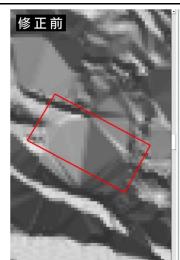


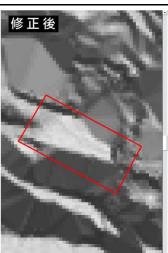
圖號:

96213086

錯誤類別:

地形表現不 足,地面點 過度濾除







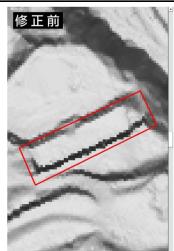
3-5 南投仁愛測區—點雲編修及地面點分類錯誤 部份範例擷圖

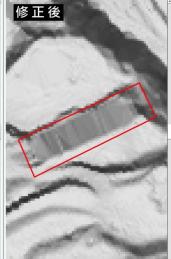
圖號:

96213086

錯誤類別:

建物未濾除







圖號:

96213086

錯誤類別:

建物未濾除





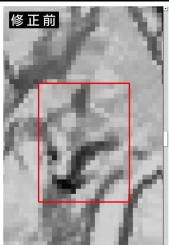


圖號:

96213086

錯誤類別:

植被未濾除







第2作業區 113年度南投仁愛測區(DEMLAS)統計略表 點雲過濾檢查分項 本子測區已達通過標準 檢查項目 檢查結果 1.所有圖幅驗過一輪 通過 所有圖幅都驗過一遍了 捅猧 所有圖幅都通過初驗 2.初驗誦過率達 100% 3.水域點雲濾除檢查 通過 已完成全數圖幅水域分類 4.不合格率小於 10% 通過 目前不合格率為 0.0% 5.雲洞(資料缺漏)檢查 通過 6. 航帶間偏移(平差)檢查 通過 《上述6個項目都必須要通過·本子測區才達通過標準 117 水線數化檢查 0 張(總圖幅-可驗圖幅) 丙方檢查完成圖數 117 張 (以下總合) 不合格 0 張 117 張 (100.0%) 已完成全數圖幅水域分類 通過數 117 張 不合格率 0.0% 不合格/檢查完成 不合格/可驗圖幅 0.0% < 若已驗完一輪·小於10%即通過。 不合格/總圖幅 不合格+還不能驗)/總圖幅 本子測區點雲過濾判定: 多路外 檢核負責人と 已達通過標準

表 4.34 3-5 測區 DEMLAS 檢核統計略表

檢查結果:

3-5 南投仁愛測區檢查結果說明:詮華國土及中興測量依丙方規劃之 預檢機制,將成果分6個批次提送檢查(範圍如圖 4.31),檢查結果統計 如表 4.34,各批次提送數量如表 4.35 所示,於預檢期間經檢查,初驗計 有 1 幅 96213060,因圖幅因有明顯之高低點情況,判定不合格。後續乙 方經修正,複驗全數通過,無不合格圖幅。經檢查測製廠商 117 幅 DEMLAS 分類成果於 113 年 12 月 19 日已全數通過,通過數量為 117 幅;不合格數量為 0 幅。不合格數量比例低於契約需 10%以下之要求, 達規範要求,判定合格。

表 4.	35 南投仁愛源	則區 DEMLAS 成身	只分批提送時程表	
提送成果項目	提送數量	提送日期	檢查完成日期	檢查結果
	14 幅	113.10.22	113.10.29	通過
	17 幅	113.10.25	113.11.01	通過
DEMINE入纸	28 幅	113.10.30	113.11.05	通過
DEM 點雲分類	15 幅	113.11.26	113.11.29	通過
	22 幅	113.12.04	113.12.06	通過
	21 幅	113.12.17	113.12.19	通過
合計	117 幅	本項檢查完定	成日期 113.12.19	判定合格

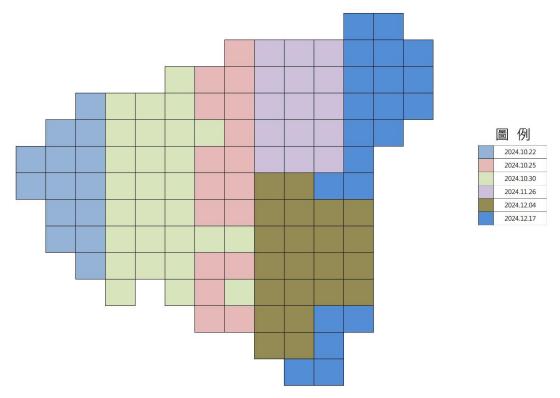


圖 4.31 澎湖及南投仁愛測區 DEMLAS 成果分批提送分布圖

4.4.4 點雲平面精度與水域線數化檢查

依過去幾年空載光達案監審之經驗,往往因同步使用之像機像幅較小(相比航測專用像機),測區累積待處理之原始影像數量往往都是數萬張,或影像取得與光達成果資料時間落差較大,若未分區清查合理適用之影像,並進行空中三角計算,最終常因使用之影像外方位精度不足,而導致正射偏移。此外,山區地形變化大時,容易造成正射使用之數值地形資料與航拍時間差異較大,加上光達掃瞄航高較低,地形差異影響正射糾正亦較大。故廠商偶爾會發生正射影像與點雲資料平面位置不一致之問題,如圖 4.32 所示。

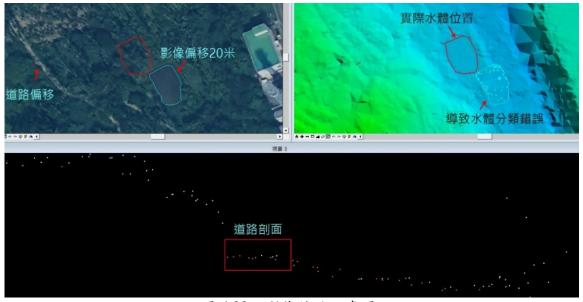


圖 4.32 影像偏移示意圖

為確保正射影像成果品質(平面精度檢查),除外業抽樣點之檢查外, 丙方亦透過正射影像與點雲平面位置一致性檢查,補足外業抽樣點數不 足之情況,尤其山區特徵點難覓,以此方法可更全面的檢視本案成果內 部精度之一致。檢查點雲平面精度與正射影像平面精度,其方法為透過 點雲強度圖之特徵點位,比對正射影像與點雲平面位置之一致性。依契 約之規定點雲平面精度平均需達 50 公分;正射影像平面精度需達 2.5 公 尺,當兩者交互進行一致性檢查,其平均平面誤差值若小於 50 公分,同 時配合部分外業量測點位之檢查分別確認點雲及正射實測比對,期望以 外業確認、內業全面之檢查方法分析本案成果精度是否滿足要求。

依目前平均點雲密度,每平方公尺約3~6點,大致可產製50公分解析度之強度圖,雖無法呈現與本案正射影像(25公分)同樣高解析度之分辦力,但其解算完之點雲即賦予坐標,無需經正射糾正程序,仍有所多優點,丙方針對強度圖產製自行開發程式進行影像強化,詳細強度圖之優點及產製圖4.34及圖4.35。

檢查方法如下,讀取點雲資料並採用丙方自行開發之程式,分析點 雲強度值域、色階與對比,自動強化回波強度圖,便於人工觀測特徵線 段。於 GlobalMapper 環境中分區塊進行抽樣,量測點雲強度圖特徵點位 (如道路漆線)與正射影像逐一進行比對,並統計兩者偏移量(如圖 4.33 所 示)。另外測製廠商於外業實測之頭中尾平差控制測量所量測之特徵角點 (稱 B 點或屋角點),丙方亦會在比對其坐標成果與點雲強度呈現之特徵 角點差值。檢查結果說明如下:



圖 4.33 正射影像偏移量測—強度圖與正射影像比對示意圖

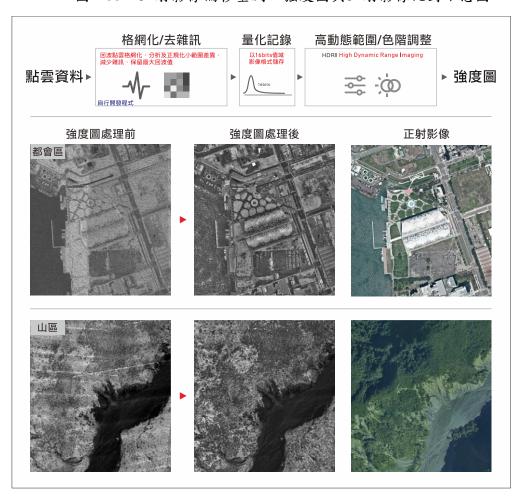
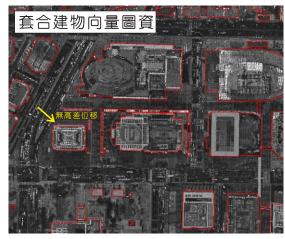


圖 4.34 HDR 高動態範圍點雲強度圖製作流程

點雲強度圖影像無高差位移





地貌內容不受日照陰影及地形影響

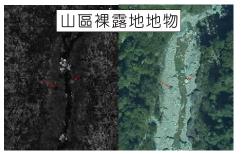




掃瞄成果與影像拍攝同步,易於全面檢核

可全面進行點雲與正射兩者之平面位置一致性檢查。 尤其山區地物特徵少、且人車到達不易時,仍可由內業獲取 較全面之特徵點位進行平面精度檢核。





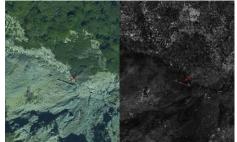


圖 4.35 點雲強度圖之優點

外業特徵角點檢查結果:

本案 2 作業區共比對 34 點特徵角點(澎湖:20 點;南投仁愛測區: 14 點),點位分布如圖 4.38 所示,量測方法如圖 4.36,檢查結果所有**測** 製廠商頭中尾控制特徵角點與點雲強度圖之平面差值皆小於 50 公分, 量測結果如表 4.36 所示。可預期在本案點雲密度達每平方公尺 2 點時(今 年度第一子測區皆將近 4 點),其點雲密度分布足以判斷平面位置情況下, 其精度普遍應可達 50 公分。

表 4.36 測製廠商外業實測特徵角點與點雲平面位置比較統計表

	廠商測區	圖號	點號	強度 E	強度 N	外業 E	外業 N	Δ E (cm)	Δ N (cm)	平面距離差 (cm)
	自強 3-6	93203004	36-0106B	311414.294	2625636.797	311414.341	2625636.395	-4.7	40.2	40.5
	自強 3-6	93203033	36-0302B	308226.953	2618623.959	308226.725	2618623.787	22.8	17.2	28.6
	自強 3-6	93203034	36-0303B	311435.987	2618438.983	311436.241	2618438.895	-25.4	8.8	26.9
	自強 3-6	93203036	36-0501B	317054.012	2617592.997	317054.357	2617592.979	-34.5	1.8	34.5
	自強 3-6	93203041	36-0606B	303319.011	2614130.879	303318.991	2614130.692	2.0	18.7	18.8
	自強 3-6	93203045	36-0401B	314500.491	2616013.999	314500.429	2616013.949	6.2	5.0	8.0
	自強 3-6	92202080	36-0608B	301716.990	2607241.503	301716.858	2607241.537	13.2	-3.4	13.6
	自強 3-6	93203063	36-0802B	308412.963	2609166.993	308412.913	2609167.303	5.0	-31.0	31.4
	自強 3-6	93203055	36-0701B	312157.996	2612025.015	312158.015	2612025.055	-1.9	-4.0	4.4
澎湖	自強 3-6	93203076	36-0810B	315971.019	2606555.002	315971.114	2606555.353	-9.5	-35.1	36.4
澎湖測區	自強 3-6	93203077	36-0809B	318980.014	2606265.501	318979.824	2606265.446	19.0	5.5	19.8
	自強 3-6	93203083	36-0815B	307228.502	2602629.499	307228.420	2602629.630	8.2	-13.1	15.5
	自強 3-6	93194001	36-1002B	303266.010	2598676.047	303265.596	2598676.086	41.4	-3.9	41.6
	自強 3-6	92191033	36-1105B	282743.505	2588469.007	282743.789	2588468.928	-28.4	7.9	29.5
	自強 3-6	92191050	36-1204B	301187.001	2587488.008	301186.872	2587487.636	12.9	37.2	39.4
	自強 3-6	92191060	36-1207B	300943.007	2584217.999	300942.966	2584217.929	4.1	7.0	8.1
	自強 3-6	93194051	36-1301B	303514.019	2584855.024	303513.961	2584854.683	5.8	34.1	34.6
	自強 3-6	93194091	36-1402B	302190.181	2574011.461	302190.076	2574011.193	10.5	26.8	28.8
	自強 3-6	92192027	36-1606B	292866.514	2566002.521	292866.261	2566002.453	25.3	6.8	26.2
	自強 3-6	93194097	36-1701B	318350.997	2572550.502	318350.910	2572550.400	8.7	10.2	13.4
	詮華 3-5	95201010	35-0101B	249526.017	2652200.529	249525.968	2652200.438	4.9	9.1	10.3
南坎	詮華 3-5	96204002	35-0102B	253994.591	2654637.925	253994.285	2654637.912	30.6	1.3	30.6
南投仁愛測區	詮華 3-5	96213094	35-0103B	259540.052	2655673.418	259540.031	2655673.027	2.1	39.1	39.2
測區	詮華 3-5	96213094	35-0103B	259540.052	2655673.418	259540.012	2655673.012	4.0	40.6	40.8
	詮華 3-5	96213086	35-0104B	264517.040	2658589.377	264517.119	2658589.036	-7.9	34.1	35.0

廠商測區	圖號	點號	強度 E	強度 N	外業 E	外業 N	ΔE (cm)	Δ N (cm)	平面距離差 (cm)
詮華 3-5	96213086	35-0105B	265997.004	2659852.505	265996.937	2659852.507	6.7	-0.2	6.7
詮華 3-5	96204032	35-0106B	254465.104	2645681.270	254464.992	2645680.815	11.2	45.5	46.9
詮華 3-5	96204023	35-0107B	257839.113	2649071.968	257838.891	2649071.833	22.2	13.5	26.0
詮華 3-5	96204014	35-0108B	260655.034	2651644.984	260654.949	2651644.604	8.5	38.0	38.9
詮華 3-5	96204017	35-0208B	268226.513	2649866.004	268226.419	2649865.644	9.4	36.0	37.2
詮華 3-5	96213058	35-0210B	270222.506	2666821.004	270222.119	2666821.119	38.7	-11.5	40.4
中興 3-5	96213088	35-0224B	268886.521	2658362.536	268886.590	2658362.894	-6.9	-35.8	36.5
中興 3-5	96213088	35-0224B	268886.521	2658362.536	268886.626	2658362.898	-10.5	-36.2	37.7
中興 3-5	96212041	35-0216B	278079.535	2670221.978	278079.328	2670221.852	20.7	12.6	24.2

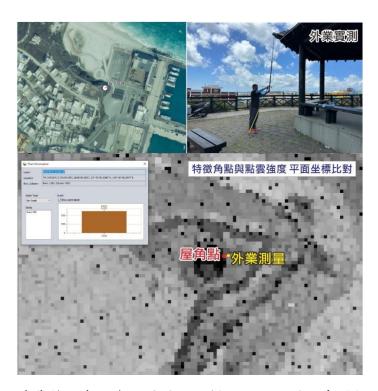


圖 4.36 外業特徵角點與點雲平面坐標一致性比對示意圖(93203034)

正射影像與點雲強度平面位置一致性檢查結果:

點雲平面精度依契約規定,需至少抽驗 10 分之 1 的圖幅,故澎湖測區至少抽驗 11 幅、南投仁愛測區至少抽驗 12 幅,同時配合正射影像平面精度檢查之要求,每幅圖至少抽驗 5 點,若地貌特徵較少,則每幅抽樣點可少於 5 點並加抽圖幅,累計總體抽驗點數需足夠(即澎湖測區至少抽 55 點;南投仁愛測區至少 60 點)。即實際做法為抽 10 分之 1 圖幅數,每幅圖抽 5 點,以此內業量測方式全面比對正射與點雲資料之平面位置精度。

實際共抽驗 28 幅;128 點,各測區所抽測點數如表 4.37 所示。每幅 視地物特徵不同約抽樣 1~10 點檢查點,平地物特徵點位明顯時,抽驗較 多點位。2 作業區點雲與正射平面位置一致性抽樣檢查點位及圖幅分布 如圖 4.38 所示,配合契約內容,測製廠商需針對主要道路、橋梁等交通 建設進行正射微分糾正,去除其高差位移,故實際抽驗時會將部分點位 選在高架道路、橋梁上,因本案測區落在澎湖及南投山區,南投測區內 無明顯較高之高架道路或橋梁,故主要之高架僅澎湖跨海大橋。經判定 點雲強度與正射明顯可判釋為一致之地物點(如漆線、伸縮縫等)。

	廠商	抽驗圖幅	抽驗點數
澎湖測區	自強	14	68
上加 / 李阳后	詮華	7	35
南投仁愛測區	中興	7	25

表 4.37 各家正射影像與點雲強度平面位置抽驗點數

考量本案光達點密度,將點雲強度圖生成50公分解析度影像,並與 25 公分解析度之正射影像進行比對。因強度圖實際平面解析度可能未達 50 公分,加上人為量測判斷,故檢查結果採平均值判定其是否通過。依 空載光達規範要求,其點雲平面精度應達 0.5 公尺(50 公分),故預期最 終點雲強度圖與正射影像兩者平面位置差值平均小於 50 公分,即判定 合格(檢查結果請詳見附件九)。

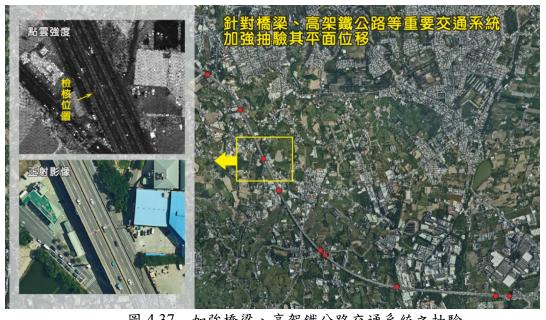


圖 4.37 加強橋梁、高架鐵公路交通系統之抽驗

將各測區所有平面位置一致檢查所量測的點位,以直方圖表示其誤差分布,如圖 4.39~圖 4.40 所示。各項統計數據如表 4.38 所示,經統計點雲強度與正射影像平面位置差值之平均及 RMSE 皆小於 50 公分,判定合格。

表 4.38 各測區點雲與正射平面位置一致性檢查誤差分析統計表

測區	所有檢核點數	平均值(公分)	RMSE(公分)
澎湖測區	68	38.0	41.7
南投仁愛測區	60	37.8	40.7

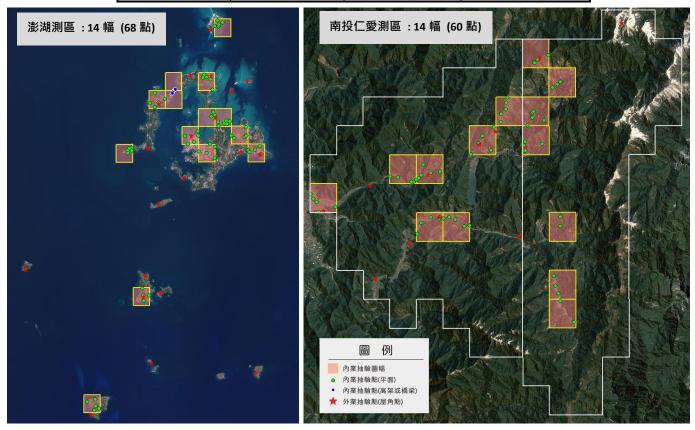


圖 4.38 正射與點雲一致性抽樣點位分布圖

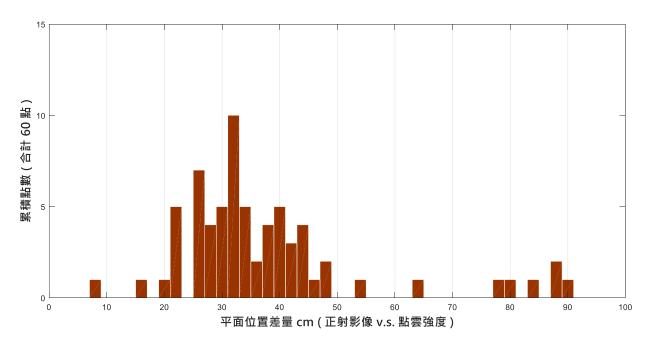


圖 4.39 澎湖測區點雲與正射平面位置差值分布直方圖

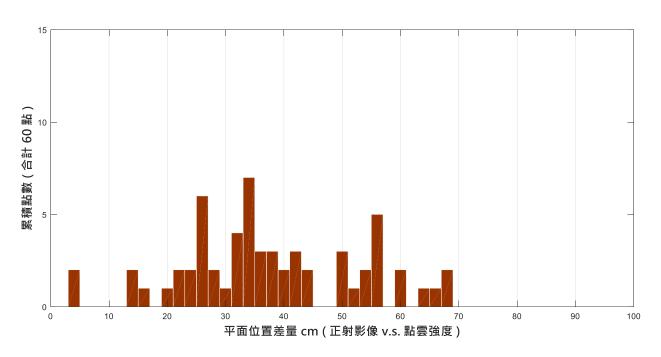


圖 4.40 南投仁愛測區點雲與正射平面位置差值分布直方圖

水域範圍檢查

於 DEMLAS 點雲分類成果除檢查測製廠商分幅點雲分類是否正確外,另需針對水域範圍繪製是否正確進行檢查。因本案使用之光達儀器無法有效穿透水體,故水域範圍內視為無法測製區域,即規範水域範圍

內不得有地面點存在。因此,廠商需依光達同步拍攝影像所產製之正射為底圖,進行水域範圍線繪製,包含水域線/沙洲線/海域線,並提送丙方檢查,檢查其水域範圍是否正確,檢查其數化格式是否正確?是否依水域線、沙洲線及海域線分層數化?是否皆為封閉之多邊形等,圖 4.42 以為今年度澎湖及南投仁愛測區部分水域繪製成果範例。本項檢查 2 個作業區水域範圍完整正確,判定合格。

水域線經丙方檢查通過後,測製廠商需將位於水域範圍內之點雲分類成水體點(歸類至水域圖層, code 9),並合併該幅地面點、非地面點、雜點後,分幅提送丙方進行點雲分類檢查。丙方於檢查點雲分類時會一併以程式自動檢查其水體點分類是否與判定合格之水域一致。水域點雲分類範例如圖 4.44~4.45。自動化檢查程式如圖 4.41。



圖 4.41 自動化水域內水體點合理性檢查程式示意圖

自動化水域內點雲分析檢查,少數點不通過,大多是落在水域線邊緣附近之點雲(GIS points in polygon 判斷之極限),以致水域內少數點未分類為水體點或少數水體點落在水域線外,此部份點並不影響最終成果之好壞,經人工逐一判斷後無需修改,判定通過。

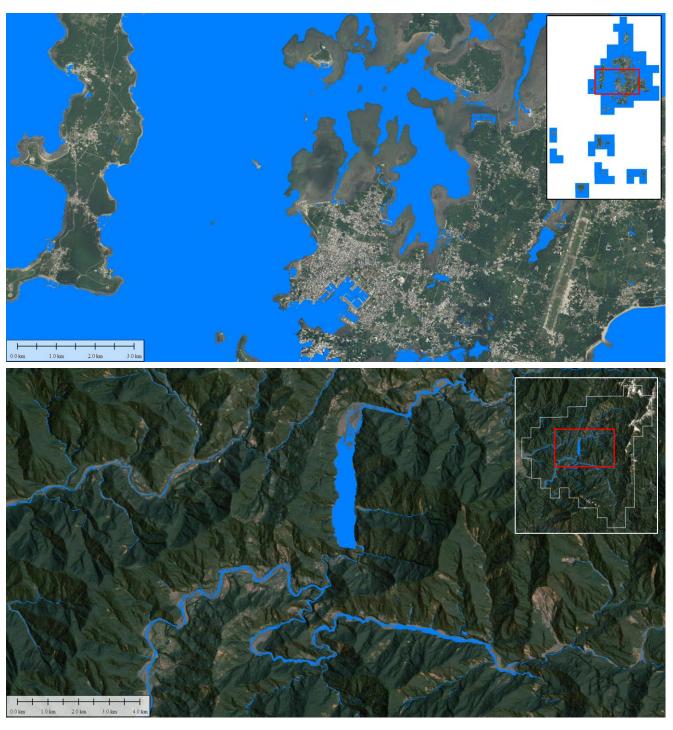
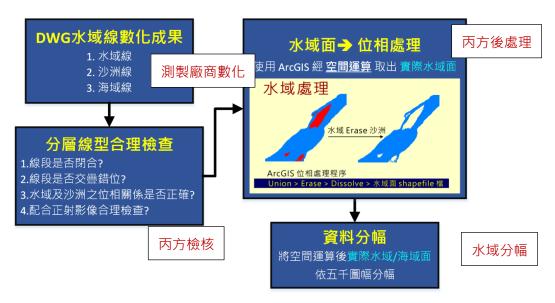


圖 4.42 澎湖及南投仁愛測區水域繪製成果示意圖

數化成果判定合格後,需將水域線、沙洲線及海域線資料線進行 ArcGIS 位相處理並依 1/5,000 圖幅分幅,轉換成地形特徵資料(*.shp), 做為 DEM 成果之附屬詮釋資料之一部分,以定義本案 DEM 不可測製 範圍(水域範圍)。此部分 shapefile 位相處理及分幅作業,由丙方統一進 行,以確保資料格式一致,最終分幅輸出成*.shp,提供國土測繪中心、 測製廠商及詮釋資料定義不可測製範圍使用,作業流程如圖 4.43 所示。



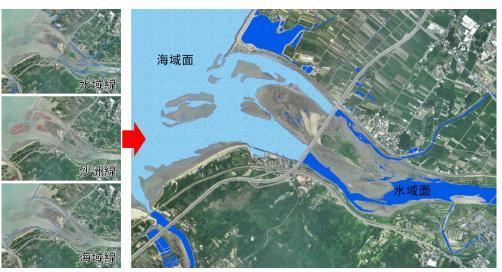


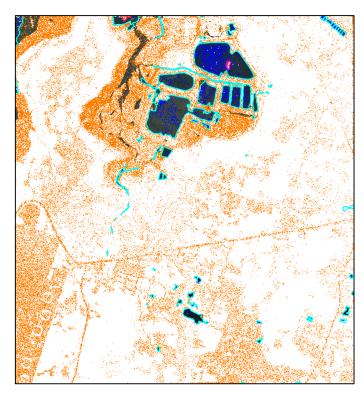
圖 4.43 水域及海域資料位相處理流程圖

澎湖測區水域點雲分類範例



93203066 正射影像套合水域線資料

93203066 原始分類後點雲套合水域線資料 (未分類水體點雲)



非地面點 水體點 雜點

圖例

水域線 地面點

93203066 原始分類後點雲套合水域線資料(分類水體點雲至圖層 9)

圖 4.44 澎湖測區水域點雲分類範例圖

南投仁愛測區水域點雲分類範例

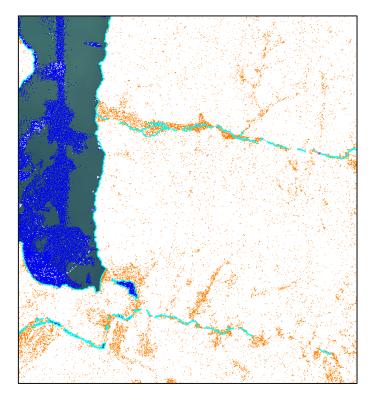


96204006 正射影像套合水域線資料

圖例

水域線 地面點 非地面點 水體點 雜點

96204006 原始分類後點雲套合水域線資料 (未分類水體點雲)



96204006 原始分類後點雲套合水域線資料(分類水體點雲至圖層 9)

圖 4.45 南投仁愛測區水域點雲分類範例圖

4.4.5 點雲編修人員能力檢核

依本案需求,點雲過濾檢查為**全數抽樣**,所有圖幅之合格/不合格判定及各階段修正成果,皆有詳細檢查檔案紀錄供查詢。本項檢查丙方將2 測區內點雲編修人員之過濾檢查結果統計,以供國土測繪中心及測製廠商做人力調配參考。

澎湖測區編列過濾人員7名,檢核人員2名,各負責人員及檢核人員負責之圖幅初驗不合格率如表 4.39~表 4.40。自強工程編輯人員負責之圖幅初驗皆無不合格圖幅數,全體初驗不合格率為0%,自強工程點雲編修人員圖幅編修狀況屬正常,後續待修正成果乙方已修正完畢,並產製網格成果。圖4.46為澎湖測區點雲過濾人員各自負責圖幅之分色展圖。

			1	(1.5)	5 0 12	1,61,1/1	三、沙門十千)	人只厅	不响加	1 - 1 - D	10 7 %	00110			
	1 乙方過濾統計	説明	根據乙方提供之	'各圖幅『點雲過	濾人員』,統計該	員所負責圖幅之	【初檢】、【複檢	(全) [1] [1] [1] [1] [1] [1] [1] [1] [1] [1]	合格率・						
ı	乙方過濾人員統計	共有 7 位過濾人	員負責本測區				【初檢】結果					【複檢】結果			【累計】結果
ı	過濾人員編號	過濾人員姓名	負責幅數	合格	不合格	待修正	已驗數	不合格率	合格	不合格	待修正	已驗數	需複驗數	不合格率	累計不合格率
ı	1 OP-3-6-001	凌一晴	13	3	0	10	13	0.0%	0	0	0	0	0	/////	0.0%
ı	2 OP-3-6-002	黃 婷	11	7	0	4	11	0.0%	0	0	0	0	0	900	0.0%
ı	3 OP-3-6-003	黃 玟	25	23	0	2	25	0.0%	0	0	0	0	0	M E	0.0%
ı	4 OP-3-6-004	周宜	21	17	0	4	21	0.0%	0	0	0	0	0	無	0.0%
ı	5 OP-3-6-005	陳君	9	5	0	4	9	0.0%	0	0	0	0	0	# #	0.0%
ı	6 OP-3-6-006	吳璉	12	5	0	7	12	0.0%	0	0	0	0	0	im	0.0%
	7 OP-3-6-007	選 永	17	7	0	10	17	0.0%	0	0	0	0	0	500	0.0%

表 4.39 3-6 澎湖測區編輯人員作業編號及不合格率統計表

表 4.40 3-6 澎湖測區檢核人員作業編號及不合格率統計表

2 乙方內檢統計	說明	根據乙方提供之	各圖幅『內檢人	員』,統計該內檢,	人員所負責圖幅。	2【初檢】、【複	檢】及【累計】	不合格率。						
乙方內檢人員統計	共有2位內檢人	(員負責本測區				【初檢】结果		【複檢】結果						【累計】結果
檢核人員編號	檢核人員姓名	負責幅數	合格	不合格	待修正	已驗數	不合格率	合格	不合格	待修正	已驗數	需複驗數	不合格率	累計不合格率
1 CK-3-6-001	黄三婷	24	22	0	2	24	0.0%	0	0	0	0	0	無	0.0%
2 CK-3-6-002	黃麗玟	84	45	0	39	84	0.0%	0	0	0	0	0	無	0.0%

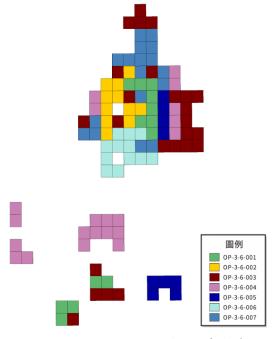


圖 4.46 3-6 澎湖測區編輯人員負責圖幅分色圖

南投測區由詮華國土及中興測量共同測製,故總共編列過濾人員 15 名,檢核人員 7名,各負責人員及檢核人員負責之圖幅初驗不合格率如 表 4.41~表 4.42。詮華國土編輯人員負責之圖幅初驗無不合格圖幅數,中 興測量編輯人員負責之圖幅初驗則有 1 幅被判定為不合格,後續不合格 及待修正成果乙方已修正完畢,並產製網格成果。圖 4.47 為南投測區點 雲過濾人員各自負責圖幅之分色展圖。

5過濾人員統計	共有 15 位過濾	人員負責本測區				【初檢】結果					【複檢】結果			【累計】結果
邊遮人員編號	遏滤人員姓名	負責幅數	合格	不合格	待修正	已驗數	不合格率	合格	不合格	待修正	已驗數	需複驗數	不合格率	累計不合格器
OP-3-5-002	and the same	14	8	0	6	14	0.0%	0	0	0	0	0	1 = 1	0.0%
OP-3-5-003	N. Marie	7	5	0	2	7	0.0%	0	0	0	0	0		0.0%
OP-3-5-005		14	13	0	1	14	0.0%	0	0	0	0	0		0.0%
OP-3-5-006		8	5	0	3	8	0.0%	0	0	0	0	0	- 111	0.0%
OP-3-5-007	10.00	4	0	0	4	4	0.0%	0	0	0	0	0		0.0%
OP-3-5-009		12	6	0	6	12	0.0%	0	0	0	0	0	dim	0.0%
OP-3-5-012	100	7	2	0	5	7	0.0%	0	0	0	0	0		0.0%
OP-3-5-013	No. of Concession, Name of Street, or other party of the Concession, Name of Street, or other pa	8	1	1	6	8	12.5%	1	0	0	1	1	0.0%	11.1%
OP-3-5-014		8	2	0	6	8	0.0%	0	0	0	0	0	711	0.0%
OP-3-5-015		14	8	0	6	14	0.0%	0	0	0	0	0	E	0.0%
OP-3-5-016	Name and Address of the Owner, where	5	0	0	5	5	0.0%	0	0	0	0	0		0.0%
OP-3-5-017	1000	4	0	0	4	4	0.0%	0	0	0	0	0	7111	0.0%
OP-3-5-018		4	2	0	2	4	0.0%	0	0	0	0	0	ile.	0.0%
OP-3-5-019	100	4	3	0	1	4	0.0%	0	0	0	0	0		0.0%
OP-3-5-020		4	1	0	3	4	0.0%	0	0	0	0	0		0.0%

表 4.41 3-5 南投測區編輯人員作業編號及不合格率統計表

表 4.42 3-5 南投測區檢核人員作業編號及不合格率統計表

乙方內檢人員統計	共有7位內檢人	員負責本測區	【初檢】結果					【複檢】結果						【累計】結果
檢核人員編號	檢核人員姓名	負責幅數	合格	不合格	待修正	已驗數	不合格率	合格	不合格	待修正	已驗數	需複驗數	不合格率	累計不合格率
CK-3-5-002	M-100	36	19	0	17	36	0.0%	0	0	0	0	0	77	0.0%
CK-3-5-003		23	18	0	5	23	0.0%	0	0	0	0	0	1 11	0.0%
CK-3-5-004		15	5	0	10	15	0.0%	0	0	0	0	0		0.0%
CK-3-5-005	1000	10	4	0	6	10	0.0%	0	0	0	0	0	- 1	0.0%
CK-3-5-006	0.00	5	2	1	2	5	20.0%	1	0	0	1	1	0.0%	16.7%
CK-3-5-007	Bert H.	9	1	0	8	9	0.0%	0	0	0	0	0	100	0.0%
7 CK-3-5-008	Name and Address of the Owner, where the Owner, which is the Owner, where the Owner, which is the Own	19	7	0	12	19	0.0%	0	0	0	0	0	1	0.0%

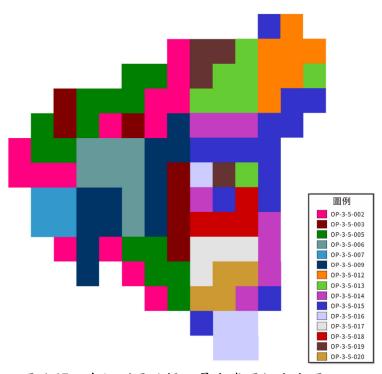


圖 4.47 南投測區編輯人員負責圖幅分色圖

4.4.6 DEM 成果外業檢核

針對測製廠商提送之最終成果 1 公尺間距之 DEM 網格成果,以外業實測之方式抽驗檢查。成果檢核乃針對最終產品 DEM 進行精度檢驗,應採外業量測或其他能提供獨立觀測數據的方式抽樣檢驗。

應抽驗數量

依約規定將待檢區依地形坡度加以分類,針對每一類別分別抽樣檢驗。平地以每20平方公里之DEM抽樣1區為原則,丘陵地每80平方公里抽樣1區,山地每320平方公里抽樣1區,陡峭山地每640平方公里抽樣1區。依丙方自行開發之坡度分級及統計程式,自動計算各測區地類面積涵蓋及應抽數量,圖4.48為本案測區之地形坡度分級圖。

依圖 4.48 地形坡度分級圖中,依「高精度及高解析度數值地形模型 測製規範(草案)」中定義,統計各測區之平地、丘陵地、山地及陡峭山地 之面積,第1作業區澎湖地形大多火成岩或安山岩組成,島嶼雖然比較 平坦,但臨海處則地形較為陡峭多變,故統計上多為平地或丘陵地。第 2作業區為南投仁愛地區,則大多為高山。2作業區雖然圖幅數量相近, 但因澎湖地區實際陸域面積較少,最終兩者雖然地形差異大,但應抽驗 數量則相近。2作業區各地形分類及應抽驗點數如表 4.43~表 4.44 所示。

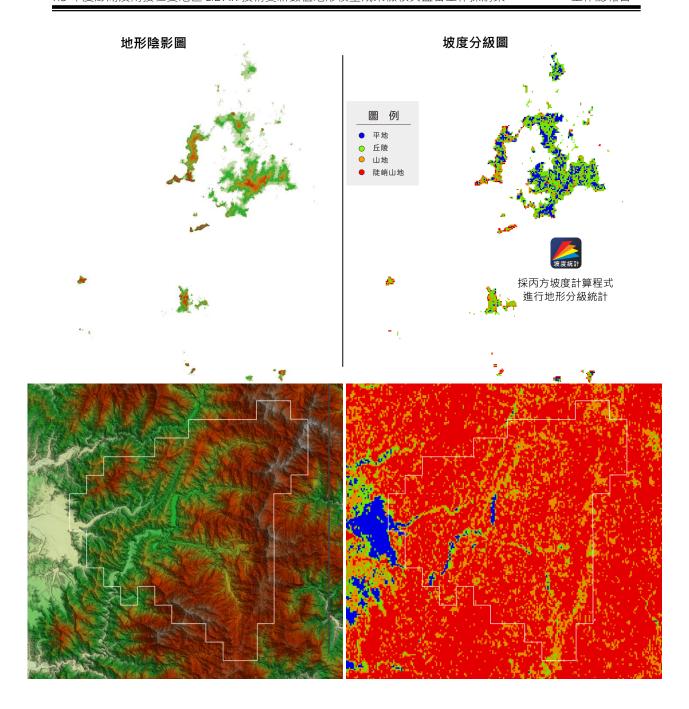


圖 4.48 澎湖及南投測區地形陰影圖及坡度分級圖表 4.43 第 1 作業區 DEM 成果外業檢核點數量統計表

3-6 澎湖測區(第	1 作業區)113 年	度外業應抽驗區	數統計	
坡度(地形類別)	平地	丘陵	山地	陡峭山地
面積(平方公里)	45.2	97.4	26.9	10.0
抽樣數	2.3	1.2	0.0	0.0
應抽區數	3 區	1 區	0 區	0 品

至少應抽驗點數計4區

表 4.44 第 2 作業區 DEM 成果外業檢核點數量統計表

3-5 南投仁愛測區	(第2作業區)11	3年度外業應抽	驗區數統計	
坡度(地形類別)	平地	丘陵	山地	陡峭山地
面積(平方公里)	8.6	19.2	205.7	590.5
抽樣數	0.4	0.2	1.3	1.8
應抽區數	0 區	0 區	1 區	2 區

至少應抽驗點數計3區

外業測量施測方法與實際抽驗點數

依契約規定檢核應選擇有道路可通達,且便於 GNSS 施測之處做為 檢核點。且檢核點周圍半徑 5 公尺範圍內地表坡度最好不要大於 10°, 如此可忽略 DEM 平面誤差對高程的影響。為求 GNSS 施測之可達及地 形坡度不可過大之要求,實際作業時,所有點位都盡量選擇平坦無遮蔽 之點位施測。作業依工作計畫中說明,採 e-GNSS (VBS-RTK)測量或透 空不佳時則改全測站量測方式,於抽樣點附近以每隔平面距離約 50~200 公尺內觀測 11 點高程點(剖面點) 稱為一個區域(如圖 4.49),每 1 高程點 以 e-GNSS 方式重複量測後,取平均做為該點之實測值,單一區域點位 分布腹地範圍盡量不要超過 500 公尺以確保地形地貌一致 (外業作業如 圖 4.51 所示)。若於山區 e-GNSS 動態測量無法運作,或無足夠腹地可進 行高程剖面點觀測,則剖面點可能不足 10 點或不進行高程剖面檢查。以 觀測得之抽樣點平面坐標,從 DEM 內插對應點之 DEM 高程,與實測之 點位高程相互比較之;各測區實際抽測點數如表 4.45,單一區位大多超 過 11 點,故總抽驗點數較多,抽測點位分布圖如圖 4.52 所示。同時本 案 DEM 外業檢查實地量測作業委由國土測繪中心測量隊執行,團隊針 對量測數量規劃、時程安排、量測方式、成果紀錄與點位選點原則等注 意事項,皆於今年度教育訓練時,向各測隊參與人員說明,如圖 4.50 所 示。



圖 4.49 DEM 成果外業檢核「單一區域」量測示意圖



圖 4.50 DEM 成果外業檢核教育訓練內容截圖示意

表 4.45 各作業區實際抽測 DEM 外業檢核點數統計表

測區	抽驗區域數量	該區域測量點數 (含 e-GNSS 及全測站)	
澎湖測區	5	65	
南投仁愛測區	6	71	
合計	11	136	

※當抽測區域受地形侷限或收訊不佳 e-GNSS 量測點數可能未達 11 點,全區抽樣總點數仍需滿足契約要求。



3-6-A-05-11

3-5-D-002-03

圖 4.51 DEM 成果外業檢核實地測量照片

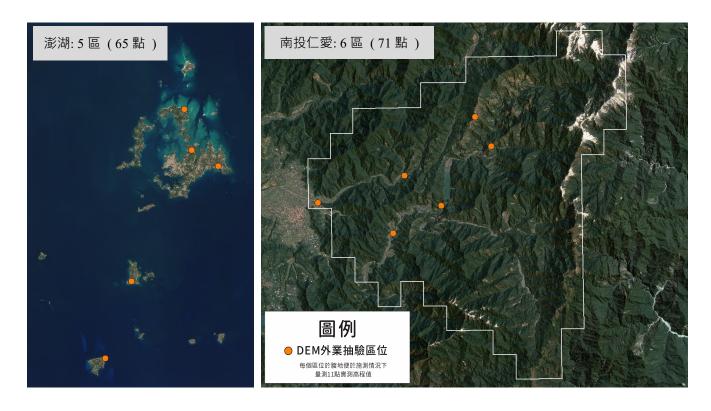


圖 4.52 2 作業區 DEM 外業檢核抽驗區域分布圖(計 11 個區域, 136 點)

通過標準

依據本案空載光達數值地形模型作業說明,本案取高程精度之 95%信心水準(E₉₅)為高程容許誤差,乃基本精度標準(Fundamental Accuracy),再依據不同地形類別及地表植被覆蓋情形,調整精度標 準,計算公式為:

$$\sigma^2 = a^2 + b^2 + c^2 \cdot t^2$$

式中 a 為基本精度;

b 為地形類別調整參數;

- c 為地表植被覆蓋情形調整參數;
- t 為地表植被平均高度。

以本案而言, a 為 0.18 公尺; 當不考慮地形及地表植被覆蓋類別時, 則 95%信心水準(E95)高程容許誤差為:

 $E_95=\pm 1.96 \times \sigma \approx \pm 0.35 m$ (其中 $\sigma=\sqrt{a^2}=0.18m$,此時 b、c 參數皆為 0)。依據本案契約規定,抽驗點位之實地測量高程與乙方 DEM 內插得之高程比較,則高程剖面點(單一區域實際點)與 DEM 內插高程之差值的均方根(RMSE),應滿足小於 35 公分之條件。否則此抽驗點為不合格。

檢核結果統計

統計採各區域進行統計,詳細之各區域檢核點高程差值及檢核剖面 之均方根誤差(RMSE)值請見附件八所示,表 4.46 僅統計最後合格及不 合格數量。檢查結果 2 作業區之檢核區域不合格率皆為 0%,合於規定。 所有檢查點位差異值皆小於 35 公分,本項檢查判定合格。

測區	檢核點(以點計) (高程差值 < 35cm)		檢核剖面(I (RMSE <	不合格率% (以區域計)	
	合格數	不合格數	合格數	不合格數	(风险城间)
澎湖測區	65	0	5	0	0.0%
南投仁愛測區	71	0	6	0	0.0%

表 4.46 各測區外業檢查結果統計表

另外將 2 作業區所有外業量測的點位(澎湖:65 點;南投仁愛:71 點)與 DEM 內插點位高差值(如表 4.47),並以直方圖表示其誤差分布,如圖 4.53~4.54 所示。

	- , , ,,,,,,,		- , ,	
測區	所有檢核點數 (e-GNSS)	平均值 (公分)	RMSE (公分)	平均誤差 t (公分)
澎湖測區	65	-3.3	7.2	6.4
南投仁愛測區	71	-7.4	10.3	9.0

表 4.47 各測區外業檢查誤差分析統計表

表中之平均誤差為 $t = \frac{|D|}{n}$,(|D|=誤差絕對值總和 ,n=檢測數量)

由上述誤差分析表 4.47 所示, 2 作業區成果皆滿足精度要求, 整體成果滿足本案抽樣檢查精度要求。

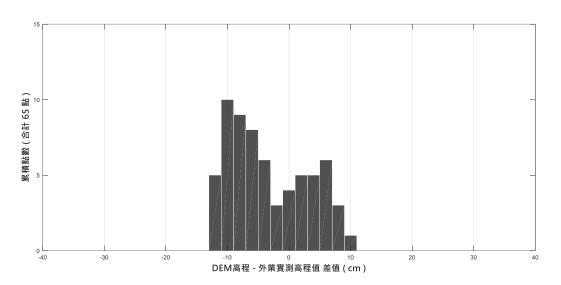


圖 4.53 澎湖測區外業檢查高程差值分布直方圖

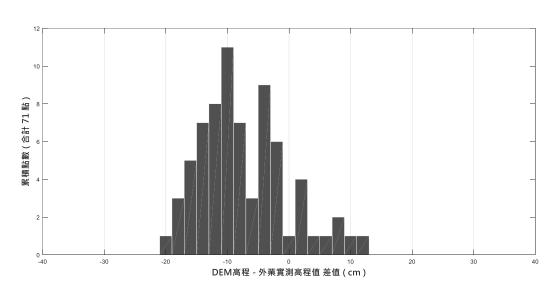


圖 4.54 南投仁愛測區外業檢查高程差值分布直方圖

並於乙方第3階段成果提送至甲方後,甲方經由外業驗收確認成果品質是否符合契約規範,於113年12月23日安排澎湖測區、12月26日於南投測區辦理DEM成果外業驗收,丙方派員會同辦理,澎湖抽驗2幅、南投抽驗4幅1/5,000圖幅,共計24個檢核點。檢核結果經丙方內業比對DEM及正射影像平面精度皆滿足精度要求(如表4.48)。圖4.55為澎湖及南投仁愛實際外業驗收現況。

	外業驗收日	抽驗	內外業DEM高程差	正射影像平面位置差	正射影像平面位置差
	期	點數	RMSE(cm)	異平均值(cm)	異 RMSE(cm)
澎湖	113/12/23	12	10.10	12.9	14.9
南投	113/12/26	12	11.55	19.2	23.1

表 4.48 113 年甲方外業驗收統計表



圖 4.55 3 澎湖及南投仁愛測區甲方驗收

4.4.7 網格成果接邊檢核

本項檢查主要針對 DTM 網格之各種格式(*.las、*.tif、*.xyz)進行檢查,檢查方法為要求乙方先提送網格成果*.las 格式,並依丙方自行開發之程式(如圖 4.57),確認其格式、範圍是否正確,接邊是否一致。

同時以自行開發之程式,呈現網格資料空缺位置(即不滿幅空值區域),理論上所有陸域範圍內,不可有資料空缺;海域範圍(海域線以外區域)應挖除,即為空值,同時保留海域內之沙洲位置高程,如圖 4.56 所示。資料檢查時合併年度全測區一併檢查。同時網格成果需通過內政部網格檢查程式檢查並生成報表後,一併提送丙方再次確認。檢查結果 2 測區 DTM 網格成果格式、檔名、範圍及接邊,判定合格。



圖 4.56 DTM 網格資料空缺位置檢查示意

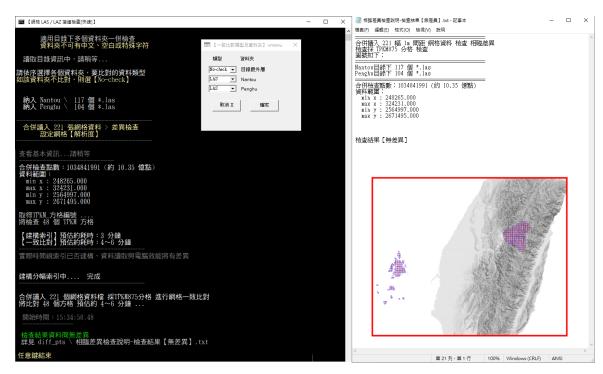


圖 4.57 DEM/DSM 接邊檢核程式示意圖

4.4.8 地面點空間分布檢核(地面點孔洞分析)

光達資料因技術面先天的盲點,面對地形落差大或植被覆蓋往往難以取得地面點,在地面點相對較少、穿透率較差的區域,每一個地面點相對重要。若要取得良好的地形表現,地面點分布的均勻也遠比地面點數量的提升重要許多。也因此團隊於 105 年度空載光達更新案後,依作

業經驗,設計地面點空間分布之分析指標,用以反應地面點分布狀況。 後續經多次工作會議討論,研擬地面點分布檢查之門檻及規範,並透過 109 年度實際試辦後,於本案納入實際契約規範要求,相關檢查標準詳 3.4.8 節所示。

為此,丙方已開發地面點孔洞分析及統計程式,如圖 4.58 所示。各 測製廠商提送各階段 DEMLAS 成果後,丙方逐一進行地面點孔洞分析, 並與既有空載光達資料進行比對,此項分析結果皆已回饋予測製廠商參 考,希望能確保本案成果相較前期資料能有較高之品質。

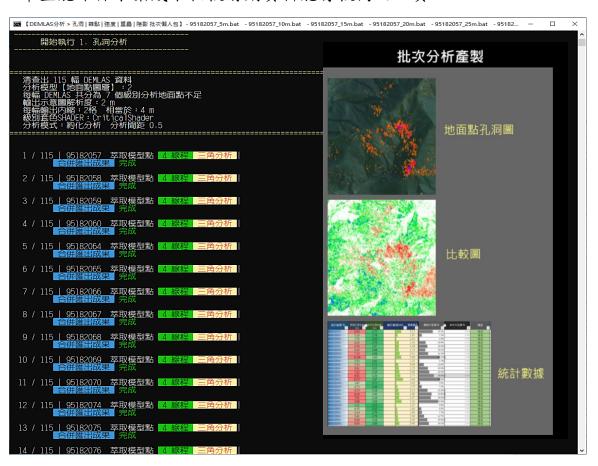


圖 4.58 地面點孔洞分析統計程式示意

此外,因本案之地面點空間分布通過門檻,當圖幅之大孔洞比例大於 10%時,則涉及與既有成果進行比較。依 112 年 4 月 13 日第一次工作會議決議內容如下:大孔洞比例大於 10%之圖幅,需與既有成果比較,以賦予合理之彈性門檻;當該圖幅有多期既有成果時,需選用歷年最佳者(大孔洞面積比例最小者),決定彈性容許門檻。並與前一版成果進行更新成效之分析。

今年度澎湖測區為第一次測製,僅有一期成果;南投測區則已包含兩期既有成果,即第 1 輪 99~104 年地礦中心(前地調所)測製全臺 DTM版本,第 2 輪為 105 年起之光達案更新測製版本。因此,團隊統計南投測區範內歷次之地面點孔洞成果,117 幅皆有兩期既有成果。因南投測區多數圖幅之既有孔洞數值有兩期別之資料,故通過門檻需由兩期別中,地面點大孔洞比例相對較小之年份來決定,經統計此區域孔洞較小之資料來源:第 1 輪為 33 幅;第 2 輪為 84 幅,如圖 4.59 所示,深綠色區塊以第一輪既有成果進行比對,淺黃色區塊則與第二輪既有孔洞成果比對。圖 4.60~圖 4.61 為澎湖及南投測區既有成果地面點孔洞圖、113 年地面點孔洞分析圖及與既有成果進行比較之分析圖。

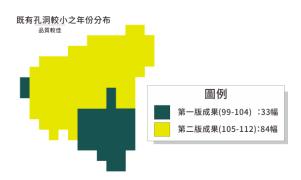


圖 4.59 南投測區既有光達成果大孔洞比例較少之資料來源統計

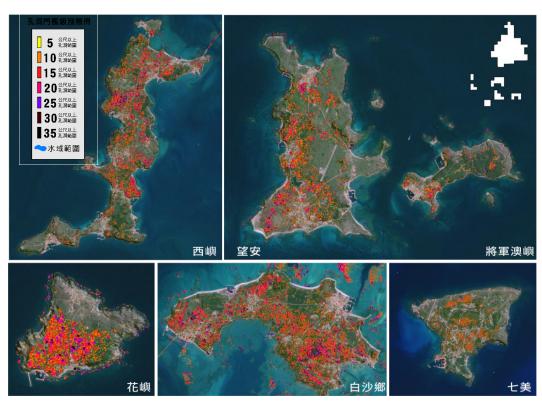


圖 4.60 澎湖測區地面點孔洞分析圖

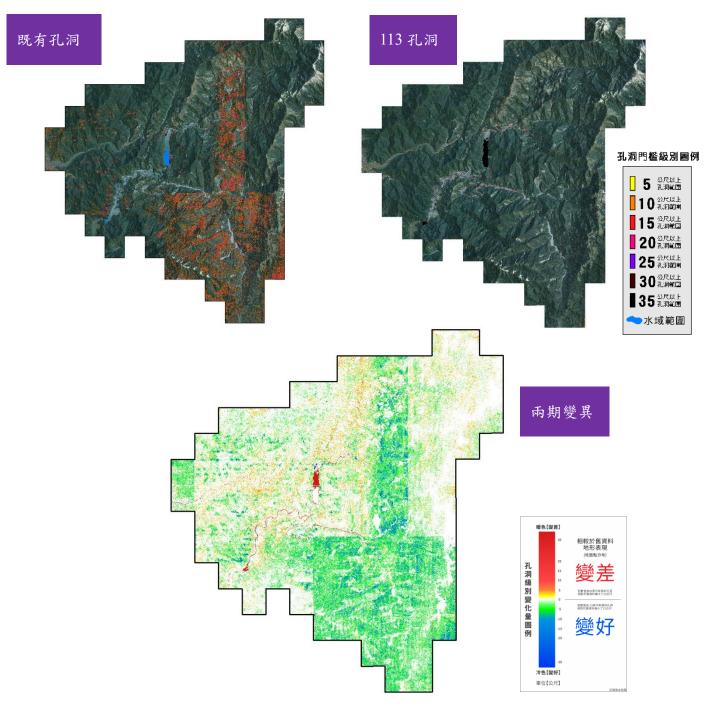


圖 4.61 南投測區既有及 113 年光達成果地面點孔洞分析與變異圖

由上圖中南投仁愛測區孔洞變異圖為 113 年成果與既有光達成果進行比較分析,**暖色代表今年度成果變差,冷色代表成果變好**。由圖中大部分區域呈現冷色系,部分山區仍有暖色(黃、紅)呈現,可能受限點雲航帶重疊或不同期植被茂密程度不同所致,但整體而言,本期地面點孔洞比例遠少於既有成果,即可理解為今年度空載光達分類成果,經地面點孔洞分析普遍優於既有成果,地形表現之細緻程度亦優於既有成果。

針對規範第1點,統計大孔洞範圍,必須扣除平坦地(主要針對建物區)及水域,為此以平均坡度 10 度以下視為平坦地,並以既有水域及建物區塊為基礎,規劃一版扣除平坦地、水域及建物區之統計遮罩,適用於臺灣本島地區,以統一規範合理之孔洞統計範圍,各年度成果以同一版遮罩進行大孔洞比例分析及統計,數值亦可進行比較,如圖 4.62。當單張 1/5,000 圖幅內扣除遮罩區後不足 360,000 平方公尺(36 公頃)時,則該幅不納入規範統計。

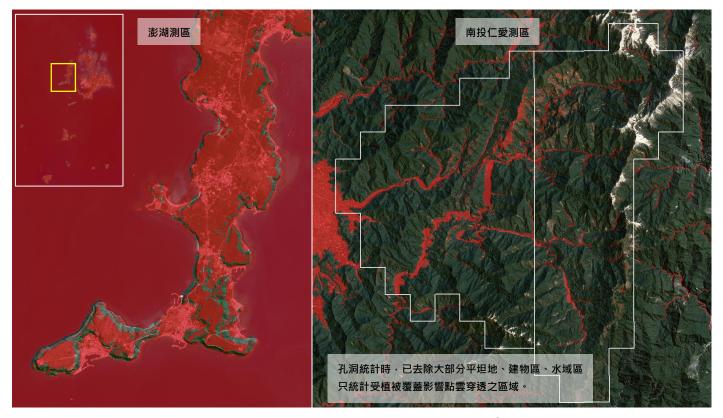


圖 4.62 地面點大孔洞統計遮罩

依規範要求,統計提送之各幅 DEMLAS 內大於 10m 之地面點孔洞區範圍視為大孔洞,並統計其比例。澎湖及南投測區各幅大孔洞比例統計成果如附件十二所示。通過圖幅數量統計結果如表 4.49 所示。

澎湖測區地面點孔洞,有99幅因扣除坡度過小、水域、建物等區域後,圖幅面積不足36公頃,這些圖幅將不納入本項檢查統計。其餘圖幅大孔洞比例皆小於10%。由2測區的統計表中,既有大孔洞%與本次大孔洞%欄位,可明顯看出本次大孔洞相對於既有成果普遍有一定幅度的減少,代表今年度成果穿透率變好,預期地形表現普遍應更佳。因本次無大孔洞比例超過10%之圖幅,故無需與既有成果比較是否給與彈性門

檻,直接判定各幅地面點分布檢查通過,不通過比率為 0%(如表 4.49), 本項檢查判定通過。

	测厅 總圖		通	過數	不诵	不通過
測區	測區 總圖 不計 圖幅 幅數 數量	通過 (大孔洞 10%以下)	相對通過 (超過10%,與既有 成果比較後通過)	不通	不通過 比例	
澎湖	108	99	3	無	6	5.5 %
南投 測區	117	0	117	無	0	0%

表 4.49 測區地面點分布通過數統計表

針對澎湖地區本次透過孔洞分析,明顯看出部分區域之地面點孔洞較大,即穿透情況較差,分析其成因,主要有以下幾點:

1.單幅有效統計範圍較小:如圖 4.62 所示,可以發現澎湖地區,扣除平坦、水域及建物區後,實際進入孔洞分析之範圍,大多集中在臨海地形起伏變化較大之區域,即每一幅之有效檢核區面積較小(分母面積較小),以圖 4.63,西嶼地區 93203061 此幅為例,扣除平坦、水域及建物區後之有效檢核範圍為 41.5 公頃,而其中 10.6 公頃為定義之大孔洞範圍,本幅之大孔洞比例約為 25.6%,因無既有光達成果可賦予額外彈性門檻,故本次澎湖所有圖幅之孔洞通過標準一律為 10%。最終本幅判定為不通過。

2.植被茂密遮蔽:分析本次澎湖孔洞較大之區域,除水域及建物外,很大一部分原因為植被遮蔽,而其中又以銀合歡此類樹種為主所造成,以圖 4.63 中,澎 5 鄉道之 google 街景查看,圖中之山丘上於 2020 年 9 月份,滿布銀合歡,明顯生長非常茂密,而於 12 月份(2010 年街景),則明顯落葉,相對枯黃,此類樹種於澎湖及屏東恆春半島非常常見。然而銀合歡引進澎湖種植,原本目的為保土、防風定砂或做為生產薪材使用,而後隨著其為外來樹種,無明顯天敵之情況下,很快蔓延生長於澎湖各島嶼,如圖 4.64,加上夏季茂盛、冬季落葉之特性,本次澎湖航拍主要落在 8、9 月,正逢銀合歡茂盛時期,造成點雲無法穿透(如圖 4.65),也是本次地面點大孔洞主要成因。針對銀合歡樹種之特性說明如下,提供參考:

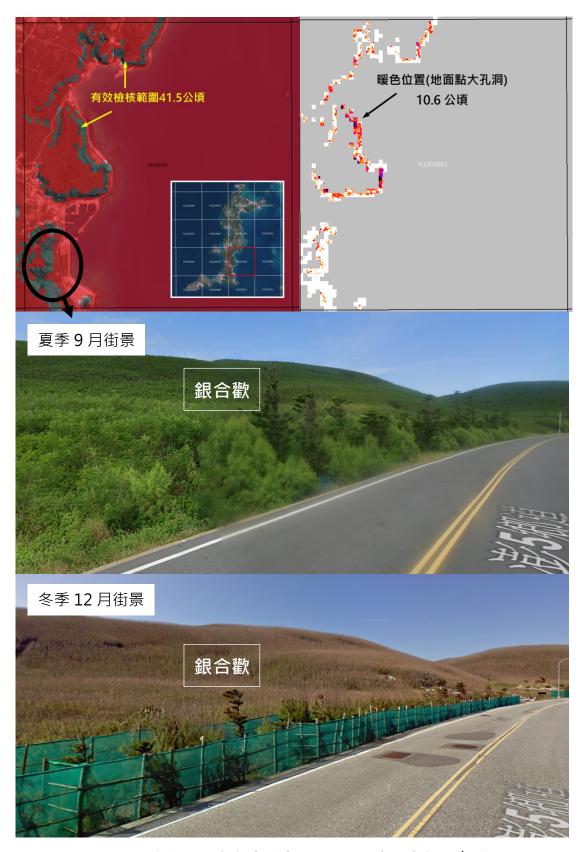


圖 4.63 澎湖地區地面點大孔洞成因分析示意圖

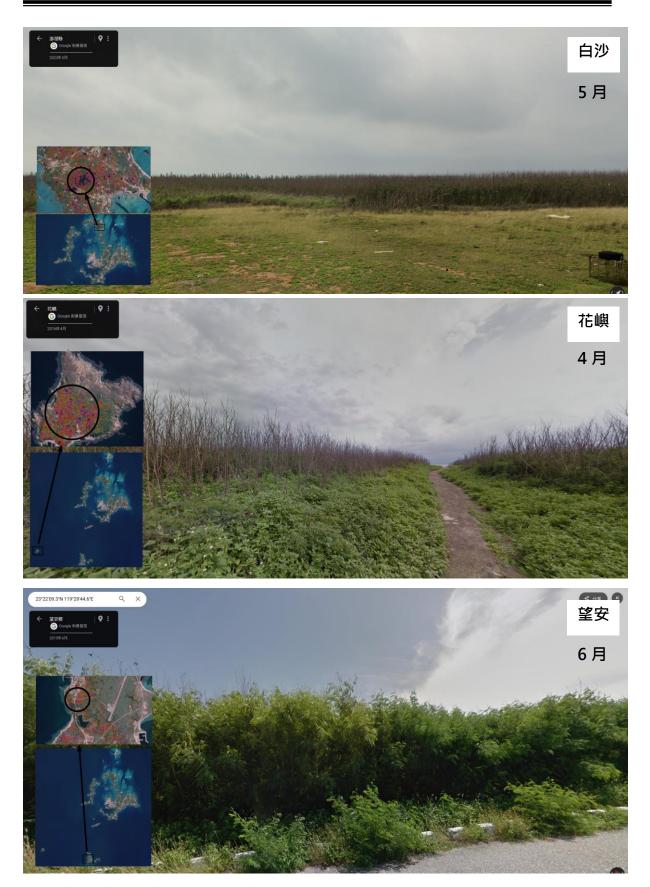


圖 4.64 澎湖各島嶼受銀合歡影響點雲穿透範例

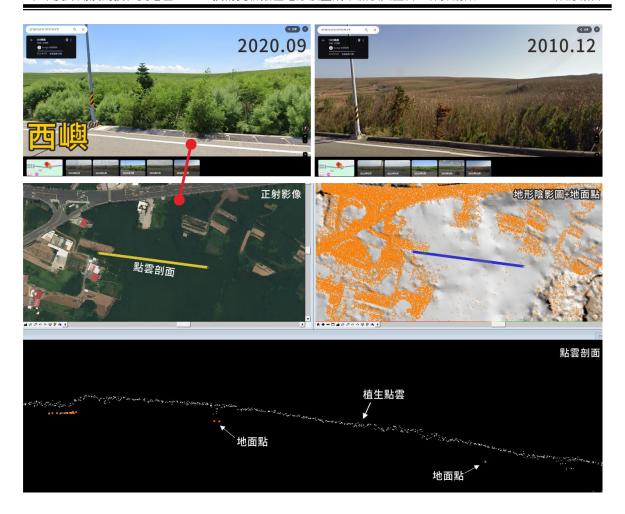


圖 4.65 澎湖地區銀合歡影響點雲穿透之點雲剖面示意圖

※ 澎湖銀合歡生態及生長特性

澎湖群島在氣候上具有強風、少雨的兩大特色,不利於作物及林木生長。回顧澎湖造林等文獻,於日治時期,即有在澎湖展開造林工作,當時栽植的造林樹種如欖仁樹、黃錦、莿桐及銀合歡,主要目的為保土、防風定砂,更重要的為生產薪材作為使用,視為經濟作物之一。後續至民國 70 年間亦有推行的以耕地防風林為目的銀合歡造林政策(澎湖縣政府,1982)從國有林到私有地皆有種植,此外根據陳與潤等(2011)以衛星影像監測澎湖銀合歡擴散之研究指出 1993 年銀合歡面積約 293 ha、2005年銀合歡面積 1,290 ha,草生地和廢耕農地容易轉變為銀合歡入侵地。從早期引進目的之轉變,而形成現今澎湖地區隨處可見的銀合歡林地。

銀合歡的生態

由於澎湖的惡劣氣候環境,當時在造林樹種之選擇,便需要有包含有耐乾旱、耐貧瘠、生長快速等特性的樹種。銀合歡原產墨西哥南部和中美洲北部,為常綠或落葉的灌木或小喬木,樹高 2~10 公尺;果實為莢果,單棵一季可結種子 18,000 粒,銀合歡成年植株被砍伐後,會從樹幹切口處長出許多萌蘗芽,具有極強盛的有性生殖與無性繁殖能力(圖4.66)。

此外銀合歡生理特性,乾季時會以落葉的方式度過乾早期,冬天東 北季風盛行,銀合歡因受其影響大致分為<u>落葉與常綠</u>兩個時期,大約1-4月會出現落葉現象,至5月份進入梅雨季,因雨量充足,開始長出新 葉,花苞、開花數量逐月增加,至10月份止,為銀合歡之常綠時期(李 昭宗,2003;鍾玉龍、呂明倫,2009),如圖4.67為今年澎湖實地拍攝之 銀合歡夏季及冬季生長照片,呈現明顯落葉與常綠兩個時期。

透過許多銀合歡相關研究,似乎在台灣並沒有遭遇到本土的動物天敵或致命的病害,因此只要適合生長的環境條件有空間釋出,銀合歡即有機會入侵該地區,迅速建立族群。台灣低海拔區域也都有分布,常出現於海岸地區、荒廢地及半自然區域,尤其在屏東恆春半島隨處可見銀合歡。





圖 4.66 銀合歡生長性狀(引用王相華等,2013)

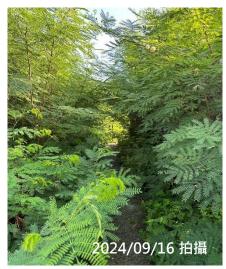




圖 4.67 澎湖銀合歡常綠時期與落葉時期

◆點雲過濾及 DEM 成果檢查小結

- 1. DEM 及 DSM 資料 ASCII 格式檢查結果:本項檢查有關 DTM 資料之成果提送提案結論,測製廠商先行提送 DTM 網格成果橢高 LAS 格式予丙方檢查,並經國土測繪中心驗收合格後,再一併化算成正高成果、其他格式成果及產製詮釋及檔頭資料。
- 2. DEM 及 DSM 資料 GeoTIF、LAS 格式檢查結果:經全數檢查各測製廠商提送之 DEM/DSM 成果其提送之 LAS 檔案,格式正確,且皆能被正確顯圖,本項成果判定合格。
- 3. 點雲過濾及DEM、DSM成果檢查結果:依約本項檢查採全數檢查, 針對各測製廠商所提送之DEMLAS成果全數檢查,並訂定10%圖幅數 為各批次之合格門檻(詳如上述3.4.3節說明)。以此標準進行測製廠商 各批次資料之檢查作業,各家測製廠商於預檢期間分批提送成果送驗, 經丙方檢查及測製廠商修正後,各家測製廠商不合格數量皆為0幅, 達合格標準。本項成果判定合格。
- 4. 點雲平面精度及水域線數化檢查:本項檢查採抽樣檢查,以丙方自行開發之程式產製自動強化回波強度圖,量測點雲強度圖特徵點位與正射影像逐一進行比對,並統計兩者偏移量,各家平面位置差值平均皆小於50公分,判定合格;水域線數化檢查各測製廠商數化之水域線、

沙洲線及海域線是否分層數化、是否為封閉之線段,經檢查後皆為合格。本項成果判定合格。

- 5. 點雲編修人員能力檢核結果:本項統計本案各家廠商編修人員初檢及 複檢錯誤率作一整理以供國土測繪中心及各家測製廠商參考。
- 6. DEM 成果外業檢核結果:本項檢查為外業實測點位於測製廠商提送 之 DEM 網格成果進行比對,檢查結果不合格率皆小於 5%,本項成果 判定合格。
- 7. 網格成果接邊檢查:本項檢查於本階段僅針對 2 作業區成果內部 DEM/DSM 網格接邊是否一致進行檢查,以程式自動化檢查結果,內 部接邊一致。本項成果判定合格。
- 8. 地面點空間分布檢查:本項檢查逐幅統計澎湖及南投測區地面點大孔洞比例,分析結果南投測區皆為通過,澎湖地區不合格圖幅小於10%。 澎湖地區受夏季銀合歡樹種茂盛影響,部分區域點雲穿透較差,但整體成果仍達規範標準,本項成果判定合格。

4.5 航空攝影檢核結果

針對 2 測區自強工程提送航空攝影成果,進行 3.5 節三項檢查,檢查結果如下:

4.5.1 航拍影像涵蓋完整度檢查結果

由航跡資料及測製廠商所提供之影像空三資料(記錄影像投影中心含外方位資料之檔),配合全臺 DEM 資料,考量影像之外方位元素,計算推估影像之像幅地面涵蓋,單幅影像推估涵蓋與實際拍攝涵蓋如圖4.68~圖4.69,各家測製廠商提送之影像涵蓋如圖4.71~圖4.72,並透過大概之影像涵蓋分析其重疊程度,當單向或側向影像重疊達4~5 片時,則其影像涵蓋預計應可達契約規定要求,檢查結果,影像足夠涵蓋各測區且前後重疊率滿足契約規定要求,檢查結果,影像足夠涵蓋各測如圖4.70所示,檢查其各航帶左右重疊率檢查結果皆大於40%,滿足契如圖4.70所示,檢查其各航帶左右重疊率檢查結果皆大於40%,滿足契

約左右重疊率應大於 40%之規定。其中,澎湖地區,受限實際陸域範圍分布零散,拍攝時為執行便利,島嶼間航線仍規劃連貫拍攝,合計 1,951 張,但最終部分影像內容呈現可能為全海域或陸域不足,判定無法進行後續空三作業,扣除此部分 427 張原始影像後,實際可用於影像空三之數量為 1,524 張,此部分影像於陸域範圍內重疊率及涵蓋完整。此外南投仁愛測區受限山區地形起伏變化較大,概估之影像重疊僅供參考,如實際使用時仍有影像涵蓋不足之情況,測製廠商應協助解決。本項檢查結果判定合格,各家測製廠商提送原始影像數量統計如表 4.50:

表 4.50 各家測製廠商原始影像數量統計表 拍攝單 影像後處 1/5,000 原始影

廠商測	品	拍攝單 位	影像後處 理單位	1/5,000 圖幅數	原始影像張數 (像機型式、TAF 認證序號)	合計
3-6 澎湖測	品	航遙測 分署	自強	108	Leica DMC3 (F202310240201): 1,951 張	1,951 張
3-5 南投仁愛	西側	詮華	詮華	59	PhaseOne IXU-1000 (YC030279): 5,353 張	9,662 張
測區	東側	自強	中興	58	Phase ONE iXU-RS1000 (YC030264): 4,309 張	9,002 派

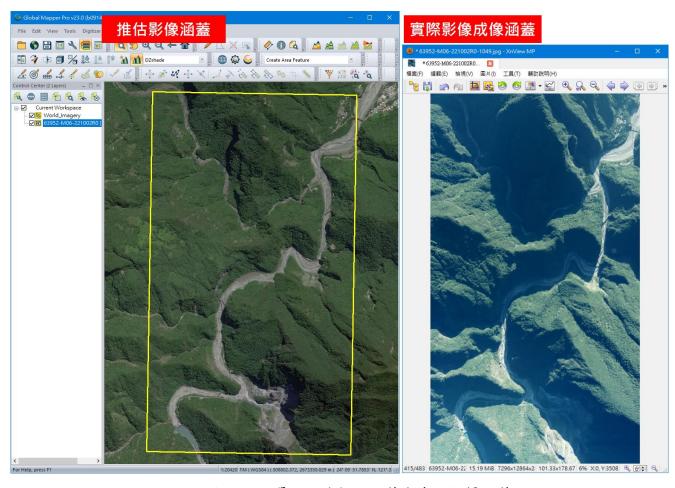


圖 4.68 單幅影像推估涵蓋與實際拍攝涵蓋

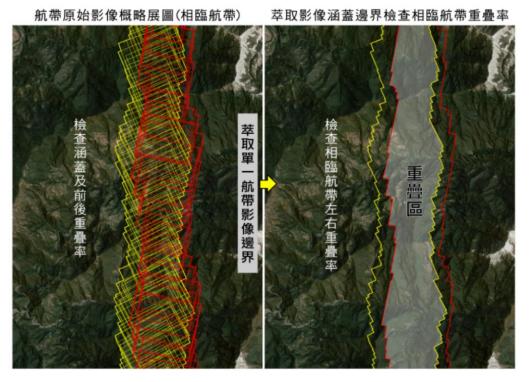


圖 4.69 原始影像重疊率檢查示意圖

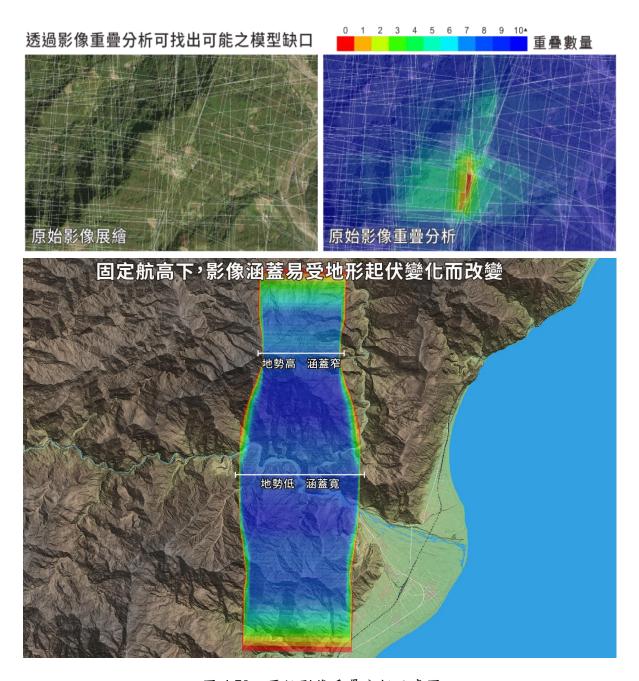
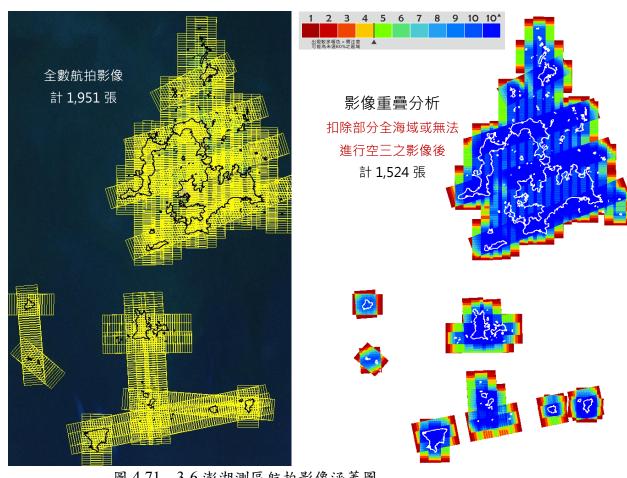


圖 4.70 原始影像重疊分析示意圖



3-6 澎湖測區航拍影像涵蓋圖 圖 4.71

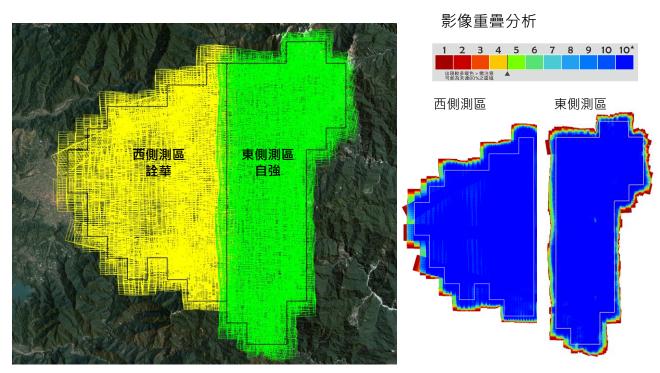


圖 4.72 3-5 南投仁愛測區航拍影像涵蓋圖

4.5.2 航拍像機檢查結果

(1).**像機型式/規格**:依據本案測製廠商原始規劃使用之像機形式, 合計 4 台像機,像機諸元如表 4.51,各家測製廠商使用之像 機均符合航拍要求,本案實際執行並無使用中興測量之像機, 本項判定合格。

項目	詮華像機規格	中興像機規格 (專案實際未使用)	自強像機規格	航遙測分署像機規格
儀器型號	Phase ONE iXU- RS1000(YC030279)	Phase One IXU- RS1000(YC030180)	Phase ONE iXU- RS1000(YC030264)	Leica DMC3(F202310240201)
像機焦距	69.8038 mm	51.7532 mm	51.5975 mm	92.0000 mm
像幅大小 (pixel)	11,608 × 8,708	11,608×8,708	11,608 × 8,708	25,728 × 14,592
CCD 感應尺寸	53.3968mm × 40.0568mm	53.3968mm × 40.0568mm	53.3968mm × 40.0568mm	100.339mm × 56.9088mm
像元尺寸	4.6µm	4.6µm	4.6µm	3.9µm
取得 TAF 校 正報告日期	112/01/19	112/04/20	112/03/28	112/12/25
平面方向器 差均方根值	30mm	20mm	20mm	15mm
本案編號	M03	M21	M11	M30

表 4.51 測製廠商航拍像機規格表

- (2).**像幅(素)**:像機平面方向器差均方根值需小於本案正射製圖 2.5公尺之需求,皆符合規定。
- (3).**像機率定資料**:提送之像機內方位檢定報告、必須具有最近2 年內經 TAF 認證實驗室出具之校正報告做為品保參據,皆合 於要求。
- (4).率定場資料:依測製廠商設置之率定場所提出率定報告書,檢定其率定攝影曝光站之瞬間位置及姿態資訊與 GNSS/IMU之空間關係是否合乎要求,本案要求影像外方位採空中三角測量方式取得,非採 POS 方式取得,故像機率定場資料僅供參考備查。檢查結果判定測製廠商合格。

4.5.3 航拍影像品質檢查結果

針對原始影像品質進行下述地面像素解析度、攝影日期及影像品質等3項檢查,檢查結果說明如下:

(1).地面像素解析度:經計算推估,本次所有原始影像地面解析度 GSD 皆優於 25 公分,澎湖地區因高程較低,海拔皆小於 50 公尺高,故於固定航高下,拍攝完成之影像 GSD 相對穩定,大約集中於 15~16 公分間。南投仁愛測區則大多集中於 10~20cm 間,因本項地面解析度以影像涵蓋區之地面平均高 程配合投影中心高度粗估算,然而山區地形起伏大,實際上每張影像之地面解析度差異可能達十公分以上。經判定無超過 25 公分影像,本項成果判定合格,原始影像地面解析度 直方圖如圖 4.73~4.74

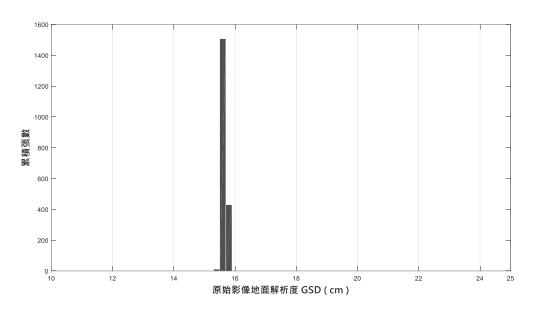


圖 4.73 3-6 澎湖測區原始影像地面解析度 GSD 直方圖

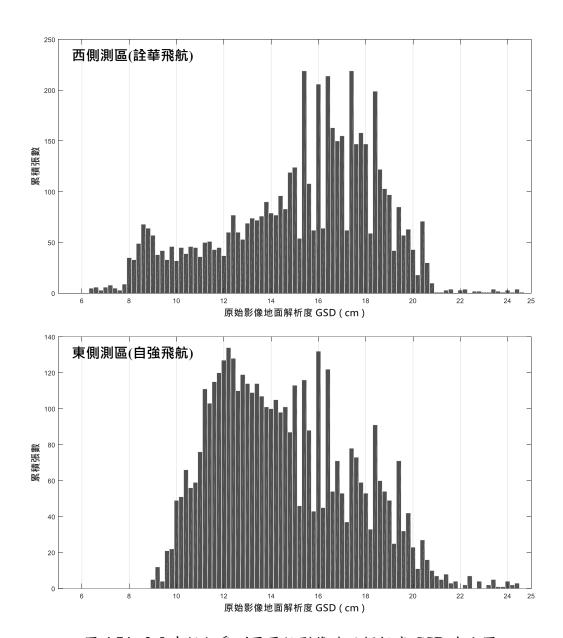


圖 4.74 3-5 南投仁愛測區原始影像地面解析度 GSD 直方圖

(2).攝影日期:本次測製廠商自行拍攝之之影像拍攝日期共計由 25 個日期拍攝取得(同日期飛航視為同一架次),日期分別如表 4.52:

表 4.52 各家影像航拍架次日期

拍攝單位 /測區 / 像機		日期	數量
航遙測分署 澎湖 3-6 測區	Leica DMC3 (F202310240201)	113/08/24 \cdot 113/08/25 \cdot 113/08/26 \cdot 113/08/27 \cdot 113/08/28 \cdot 113/08/29 \cdot 113/09/11 \cdot 113/09/13	8架次
詮華國土 南投 3-5 西側 測區	Phase ONE iXU- RS1000(YC030279)	113/08/21 \cdot 113/08/22 \cdot 113/08/23 \cdot 113/09/10 \cdot 113/09/11 \cdot 113/09/12	7架次

拍攝單位	/測區 / 像機	日期	數量
自強 南投 3-5 東側 測區	Phase ONE iXU- RS1000(YC030264)	113/08/28 \cdot 113/08/31 \cdot 113/09/01 \cdot 113/09/19 \cdot 113/10/07 \cdot 113/10/19 \cdot 113/11/02 \cdot 113/11/03 \cdot 113/11/30 \cdot 113/12/07	10 架 次
		總計:2	 25 架次

(3).影像品質:

經檢查本次共提送之 11,186 張原始影像皆可用於製圖(已扣除澎湖地區 427 張陸域涵蓋不足之影像),如圖 4.76 所示。故本項判定合格。

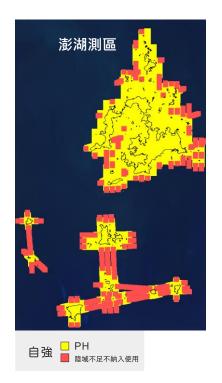
4.5.4 空中三角測量書面資料檢查

書面資料檢查針對乙方提送之平差書面及報表成果(含電子檔),審查其連結點分布、空中三角測量作業方法、平差成果報表、品質等進行檢查,此外針對後續應用時,重組立體模型所需之影像內外方位填寫格式亦納入本項目一併檢查。檢查結果說明如下:

連結點強度分布檢查:本項檢查依表 3.8 之規定,採影像重疊率為 80%為標準進行檢查,本次各家廠商依影像航拍取得之時間規劃空中三角平差之分區,其中澎湖測區扣除427 張原始影像應陸域不足無法進行空三量測之影像後,剩於 1,524 張影像,採單一專案進行空三平差作業(單一區);南投仁愛測區則分別由詮華及中興進行空三平差作業,各自責任區內分為 3 個分區,合計 6 個區塊進行平差(如圖 4.75)。如依影像重疊率為 80%之連結點分布強度規定,其平均多餘觀測數(總多餘觀測數/總觀測數)需 ≥0.6。連結點平均光線數(連結點總光線數/總連結點數)需 ≥6。連結點強度指標(6 重光線以上連結點數/總連結點數) 需≥0.3。統計各區空三平差連結點強度結果如表 4.53,皆滿足規定:

	1000	2 1 — /1	1 1 1 1 7 ~	110 110 110 110 110 110 110 110 110 110	奶星門刀似图》	0-1-10	_
殿商空中三角平		差均方根值 μ m)	多餘觀測數	連結點平 均光線數	連結點強度指標	使用影像數 量	重複驗
差分區 (編號)	最小約 制	強制附合 <1.5 像素 (約 6.9 µm)	總多餘觀測數總觀測數(≥0.6)	<i>連結點總光線數</i> 總連結點數 (≥6)	6 重光線以上連結點數 總連結點數 (≥0.3)	(採分區平差部 分影像可能重 複)	證結果
澎湖_1 _{自強 ST_PH}	1.72 µm	1.72 µm	$ \begin{array}{r} 74,370 \\ \hline 83,628 \\ = 0.89 \end{array} $	$ \frac{41,814}{3,049} \\ = 13.71 $	$\frac{2,833}{3,049} = 0.93$	1,524 (已扣除陸域不 足影像 427 張)	通過 (iSAT)
南投_1 ^{詮華 RW_A01}	2.09 µm	2.12 µm	$ \begin{array}{r} 77,609 \\ \hline 104,333 \\ = 0.74 \end{array} $	$\frac{49,441}{7,064} = 7.00$	$\frac{6,194}{7,064} = 0.88$	901	通過 (iSAT)
南投_2 ^{詮華 RW_A03}	1.94 µm	2.06 µm	$ \frac{358,811}{425,378} \\ = 0.84 $	$ \begin{array}{r} 205,822 \\ \hline 17,544 \\ = 11.73 \end{array} $	$ \begin{array}{r} 11,129 \\ \hline 17,544 \\ = 0.63 \end{array} $	2,287	通過 (iSAT)
南投_3 詮華 RW_A03	2.48 µm	2.58 µm	$ \begin{array}{r} 307,318 \\ \hline 373,225 \\ = 0.82 \end{array} $	$ \begin{array}{r} $	$ \begin{array}{r} 13,106 \\ \hline 17,593 \\ = 0.74 \end{array} $	2,165	通過 (iSAT)
南投_4 中興 CH_AT01	2.10 µm	2.80 µm	$ \begin{array}{r} $	$\frac{79,008}{5,062} = 15.61$	$\frac{4,148}{5,062} = 0.82$	1,360	通過 (iSAT)
南投_5 中興 C CH_AT02	2.30 µm	2.80 µm	$ \begin{array}{r} 201,298 \\ \hline 227,872 \\ = 0.88 \end{array} $	113,938 8,863 = 12.86	$\frac{6,494}{8,863} = 0.73$	1,151	通過 (iSAT)
南投_6 中興 CH_AT03	2.10 µm	2.40 µm	351,123 393,726 = 0.89	196,872 14,217 = 13.85	11,334 14,217 = 0.80	1,798	通過 (iSAT)

表 4.53 空中三角平差計算連結點強度及誤差均方根值統計表



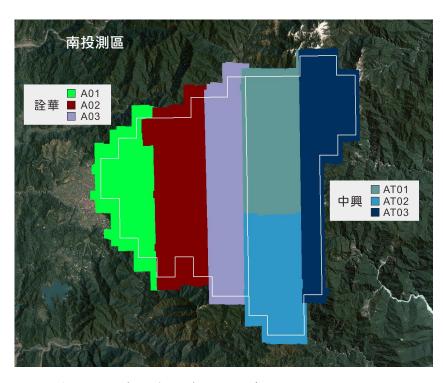


圖 4.75 各家測區空中三角作業分區示意圖

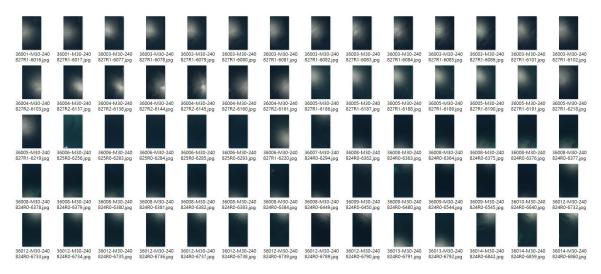


圖 4.76 澎湖測區原始影像陸域不足(海域)計 427 張示意

- 2. 空中三角測量平差計算方法檢查:各家控制點分布如 4.2 節所示,惟控制點規劃採全年度測區規劃,本項檢查僅確認各空三作業分區可使用之控制點皆納入空三平差使用,其中控制點高程系統需採用正高進行平差計算。此外依空三作業規定,各作業區需進行自由網(除錯)及強制附合(控制點約制)兩項平差計算,且強制附合後之連結點觀測值之殘餘誤差均方根值需小於 1.5 個像元,依本次澎湖所使用之相機 DMC3 像元尺寸為 3.9μm ,其餘詮華及自強之像機像元尺寸皆 4.6μm,故澎湖空三通過門檻訂為 5.9μm。故南投空三通過門檻訂為 6.9μm,檢查結果各家廠商皆滿足此規定。
- 3. 影像外方位(Exterior Orientation, EO)填寫格式:依契約規定檢查包含以下資訊,填寫於 excel 表格中。依 113 年度工作會議決議由團隊規劃設計之內、外方位及空三平差成果填寫修訂版本辦理檢查結果各區皆合於規定,如圖 4.77 所示範例。
- 4. **像機內方位(Interior Orientation, IO)填寫格式檢查**:依契 約規定檢查包含以下六組資訊,填寫於 excel 表格中,並 檢查**像機內方位內容與 TAF 認證結果是否一致**。檢查結 果各像機(實際使用 3 台像機)皆合於規定。

- Camera Name:填入像機【型號/序號】,並與影像外方位填寫資訊對應。
- Focal Length: 像機焦距,單位為 mm。
- Pixel Size:像素大小,單位為 um。
- Principal point offset _ X: 像主點位置 X,以像片中央為原點,單位為 mm。
- Principal point offset _ Y: 像主點位置 Y,以像片中央為原點,單位為 mm。
- 畸變差參數,統一使用 Australis 模式之糾正參數。

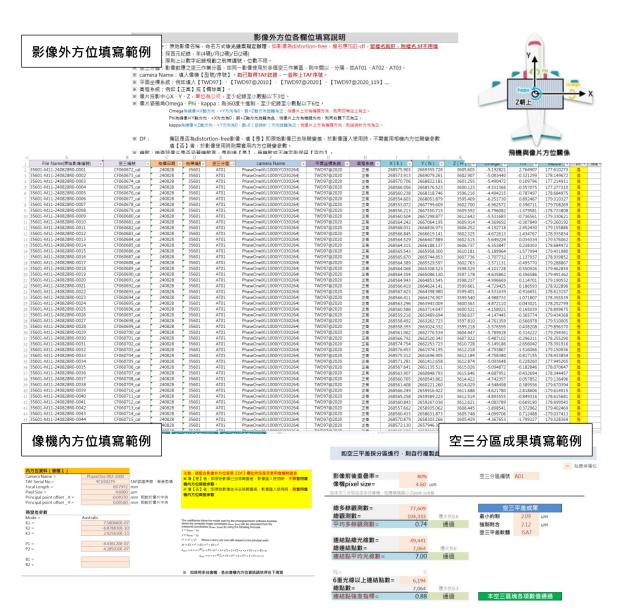


圖 4.77 影像外方位、內方位及空三成果填寫範例

本案一共規劃使用 4 台像機,其中中興測量之像機實際並未使 用。像機內方位相關資訊如表 4.54 所示:

表 4.54 像機內方位元素資訊表

相機	PhaseOne IXU-1000			PhaseOne IXII-1000 單位		單位	焦距	像元尺寸	Principal	point offset
	l ''				(mm)	(um)	X (mm)	Y (mm)		
編號	編號 (YC030279)	(YC030279)		詮華	69.8038	4.6	-0.1021	0.0020		
畸變差	模式	K1	K2	K3	P1	P2	B1	B2		
參數	Australis	8.64139E-07	-7.56762E-10	3.05968E-13	-4.23191E-08	4.72959E-07				

相機	PhaseOne IXU-1000 (YC030180) 【本次專案未使用】			單位	焦距	像元尺寸	Principal	point offset
				—	(mm)	(um)	X (mm)	Y (mm)
編號				中興	51.7532	4.6	-0.0579	0.0583
畸變差	模式	K1	K2	К3	P1	P2	B1	B2
參數	Australis	1.46676E-05	-4.29916E-09	3.21819E-13	4.08357E-06	-1.00868E-06	-2.75458E-04	-5.50187E-05

相機	PhaseOne IXII-1000					單位	焦距	像元尺寸	Principal	point offset
	編號 (YC030264)					(mm)	(um)	X (mm)	Y (mm)	
為無引先			自強	51.5975	4.6	-0.0180	-0.1279			
畸變差	模式	K1	K2	K3	P1	P2	B1	B2		
參數	Australis	1.51052E-05	-4.15706E-09	1.90528E-13	-5.51790E-07	-1.80653E-06	1.33090E-05	-3.08036E-05		

相機	Leica DMC3		Leica DMC3			像元尺寸	Principal	point offset
				單位	(mm)	(um)	X (mm)	Y (mm)
編號	た (F202310240201)		航遙測分署	92.0000	3.9	0.0000	0.0000	
畸變差	模式 K1 K2		K3	P1	P2	B1	B2	
參數	Australis							

5. 空中三角測量平差報表格式:因本次各家廠商皆使用 iSAT 進行空三角平差計算,於所提供之報表內容查看其是否包含以下 8 項數據內容。A. 總觀測數、B. 多餘觀測數、C. 總連結點數、D. 總光線數、E. 多重光線之連結點數統計資料、F. 量測值像坐標中誤差 (sigma-0)、G. 連接點地面坐標標準偏差之 RMS (RMS_X、RMS_Y、RMS_Z)、H. 自由網平差、強制附合後之連結點觀測值之殘餘誤差均方根值及最大殘餘誤差。檢查結果乙方提供之空三報表無誤,且報表內容連結點強度相關數值與 excel 表中空三連結可靠度內一致,合於規定。

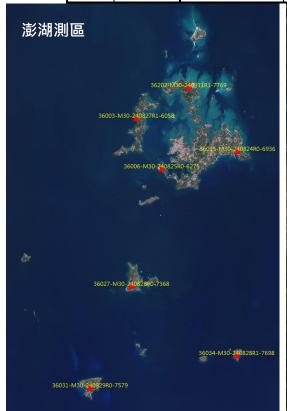
4.5.5 空中三角測量上機檢查

空中三角測量上機檢查針對乙方提送之影像外方位及連結點 量測成果進行實際上機重複檢查,共進行以下各項檢查項目:

- 1. 檢查空中三角測量重新計算成果:透過乙方提送之空三成 果專案檔重新計算,計算結果與原計算成果一致。
- 2. 連結點重複量測檢查:連結點重複量測檢查,依契約規定 共抽樣 0.1%片原始影像(澎湖測區:至少 2 張;南投仁愛 測區至少 10 張),每張影像至少抽查 1 個人工量測連結 點,針對同一連結點的所有影像(如 4 重光線連結點須 量測該點所在之 4 片影像),進行上機重複量測,重複量 測值與原量測值較差之均方根值不大於 1.5 個像元。
- 3. 實際各廠商分別抽樣張數為,澎湖測區:自強7張;南投 仁愛測區:詮華:8張、中興6張,合計抽驗21張原始影 像,分布位置如圖 4.78 所示。每張影像抽 1 點連結點,針 對該連結點所有觀測數(重光數)重複量測,並於影像坐標 系統下,統計其較差之均方根值,不大於 1.5 個像元。依 本次所使用相機之像元尺寸不同,澎湖測區兩者較差之均 方根值不大於 1.5×3.9 μm = 5.9μm; 南投仁愛測區兩者較 差之均方根值不大於 1.5×4.6 μm = 6.9μm。量測結果如表 4.55 所示,所有差值之均方根值皆小於規定門檻,本項判 定通過。

	表 4.55 連結點重複量測統計檢查表										
廠商	空三作業	抽樣片	抽樣連結點		重複量測被抽樣連結點之所有光線 統計像面坐標差值均方根(um)						
//JA 1—J	分區	影像編號	單片連結點數	連結點編號	光線數	Δ Χ 均方根	ΔΥ 均方根	差值均方根			
	3-6 澎湖測區(7 張) 需小於 5.9μm										
自強	ST-PH	240911R1-7769	38	11173124	15	1.20	1.28	1.76			
自強	ST-PH	240824R0-6936	48	12473138	17	1.35	1.81	2.26			
自強	ST-PH	240825R0-6275	34	10699741	16	0.35	1.24	1.29			
自強	ST-PH	240828R0-7368	46	10377672	23	1.33	0.41	1.39			
自強	ST-PH	240829R0-7579	44	10245819	18	1.28	1.45	1.94			

廠商	空三作業	抽樣片號		抽樣連結點		重複量測被抽樣連結點之所有光線 統計像面坐標差值均方根(um)			
19X 123	分區	影像編號	單片連結點數	連結點編號	光線數	Δ Χ 均方根	ΔΥ 均方根	差值均方根	
自強	ST-PH	240828R1-7698	68	12896317	20	1.01	0.15	1.02	
自強	ST-PH	240827R1-6058	31	10419864	17	0.33	1.46	1.50	
3-5 南投仁愛測區(14 張) 需/							帚小於 6.9μm		
詮華	RW_A01	350021004447	64	555015265	11	1.55	1.52	2.17	
詮華	RW_A01	350101015929	53	555376712	11	0.47	0.81	0.94	
詮華	RW_A02	350141024520	56	53186992	18	1.72	0.25	1.74	
詮華	RW_A02	350181015626	57	32347692	17	0.98	1.69	1.96	
詮華	RW_A02	350171020459	154	111790321	23	1.61	2.03	2.59	
詮華	RW_A03	350321014550	70	14228322	25	1.16	0.81	1.42	
詮華	RW_A03	350281023241	65	23808287	24	2.04	1.88	2.77	
詮華	RW_A03	350301020511	98	82405023	9	0.64	1.68	1.80	
中興	CH_AT01	CF061669_cal	73	15339360	22	1.94	1.09	2.23	
中興	CH_AT01	CF062118_cal	64	13092657	13	0.49	1.28	1.37	
中興	CH_AT02	CF061418_cal	128	14056119	18	1.72	1.69	2.41	
中興	CH_AT02	CF063551_cal	72	16250845	14	0.55	2.17	2.24	
中興	CH_AT03	CF066991_cal	113	22755880	15	1.48	1.04	1.81	
中興	CH_AT03	CF066154_cal	113	13731690	16	1.98	1.23	2.34	



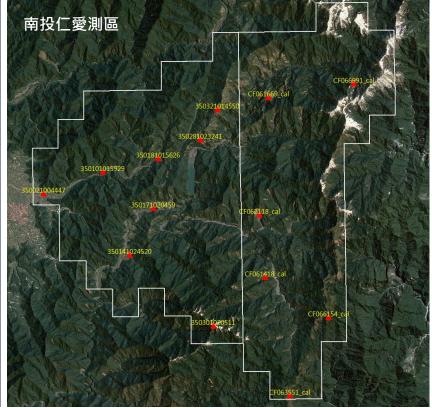


圖 4.78 連結點重複量測抽樣影像分布圖

1. 檢核點檢查:本項檢查依契約規定採強制附合平差後,由 全數檢核點計算得到之平面及高程坐標均方根誤差值並 依像片比例尺換算至像片坐標上,不得大於上述連結點量 測中誤差的 3 倍。檢核點由乙方外業實測取得,檢核點 於空中三角測量平差計算時不應視為控制點使用。本案各 家乙方之強制附合後之量測中誤差門檻標準 5.9 或 6.9μm, 像比例尺(焦距/航高)平均約為 1/20,000~1/40,000,則全數 檢核點模型內量測後得到之平面及高程坐標與實測值較 差之均方根誤差值皆必須小於 中誤差門檻標準(μm)× 像比例尺×3≈40~55cm,故規劃統一採 40 公分為標準 進行檢查。澎湖測區共比對 6 點實測檢核點;南投仁愛測 區比對 9 點檢查點,量測所有平面及高程較差數值皆小於 40 公分(如表 4.56),本項判定通過。

表 4.56 實測檢核點與內業模型量測檢查統計表

檢核點	内]業模型量測(m)			外業實測(m)	比對較差值(cm)		
編號	E	N	Н	E	N	Н	平面距離差	高程差
澎湖測區(6 點								
36-0107C	311597.685	2626157.600	2.935	311597.526	2626157.564	2.933	16.3	0.2
36-0308C	310016.421	2617085.895	16.647	310016.342	2617086.084	16.618	20.5	2.9
36-0506C	317058.868	2617580.088	2.645	317058.882	2617580.189	2.516	10.2	12.9
36-0608C	301480.405	2609255.859	4.198	301480.465	2609255.864	4.120	6.0	7.8
36-0817C	315900.600	2607869.612	27.682	315900.641	2607869.605	27.674	4.2	0.8
36-0816C	311119.928	2603361.856	1.920	311119.901	2603361.736	1.996	12.3	-7.6
南投仁愛測區	區(9 點)							
35-0101C	249655.706	2652798.881	500.957	249655.636	2652798.959	500.831	10.5	12.6
35-0102C	251862.376	2653653.623	534.806	251862.237	2653653.592	534.817	14.2	-1.1
35-0103C	257321.146	2646812.318	788.182	257321.256	2646812.151	787.972	20.0	21.0
35-0104C	261176.999	2655907.246	831.115	261177.008	2655907.213	831.147	3.4	-3.2
35-0105C	267024.016	2661816.011	1952.796	267024.032	2661816.160	1952.498	15.0	29.8
35-0105C	267024.016	2661816.011	1952.407	267024.032	2661816.160	1952.498	15.0	-9.1
35-0220C	272253.379	2663142.118	1698.806	272253.376	2663142.293	1698.671	17.5	13.5
35-0221C	270315.555	2659226.870	1545.987	270315.609	2659226.918	1546.038	7.2	-5.1
35-0223C	278231.999	2670178.748	3250.217	278232.043	2670178.689	3250.303	7.4	-8.6

 空中三角平差成果格式:各測區廠商抽查 20 片模型之內 外方位元素與繳交成果相符,判定通過。

◆航空攝影、空中三角測量檢查小結

總和以上針對 2 測區之航空攝影檢查工作,檢查 5 個項目之成果是否符合規定,以下為檢核成果之總結,並附上檢核總成果合格表(如附件六)。

- 1.航拍影像涵蓋完整度檢查:總計檢查測製廠商提送之航空攝影原始影像,經檢查其足以完整涵蓋全年度測區範圍,符合規定,本項成果判定合格。
- 2. 航拍像機檢查結果: 經檢查測製廠商提送之航拍攝影機, 像機諸元、率 定資料, 本項檢查判定合格。
- 3.航拍影像品質檢查結果:檢查測製廠商提送之所有航拍影像,分別檢查影像地面解析度、攝影日期及影像品質,經檢查皆可適用於製圖,故本項判定合格。
- 4.空中三角測量書面資料檢查結果:檢查測製廠商提送之空中三角測量 平差之書面資料,檢查其連結點強度、內外方位資料及平差成果報表, 合於規定,故本項判定合格。
- 5.空中三角測量上機檢查結果:檢查測製廠商提送之空中三角測量平差之成果,檢查空中三角測量重新計算成果、連結點重複量測及確認檢核點坐標,合於規定,故本項判定合格。

4.6 正射影像檢核結果

正射影像檢核工作項目包含:正射影像格式及品質檢查、地物連續 及合理性檢查、地物平面位置精度檢查,正射影像檢查總表如附件七。 針對測製廠商提送之正射影像成果,進行上述3項檢查,檢查結果如下:

4.6.1 正射影像格式及品質檢查

(1).正射影像格式:檢驗測製廠商2作業區內正射影像共計225幅。 檔案格式以Tiff格式儲存,與基本圖圖檔相配合,每幅圖一個 檔案並包含影像坐標檔,且繳交成果影像格式及範圍必須通過 丙方之正射影像格式程式檢查,如圖 4.79~圖 4.80。本項成果判定合格。



圖 4.79 澎湖測區正射影像格式及範圍程式檢查報表示意圖



圖 4.80 南投仁愛測區正射影像格式及範圍程式檢查報表示意圖

(2).地元尺寸:糾正後正射影像地面像素解析度優於 25 公分,合於 規定(為確保正射影像來源之地面解析度達到契約需求,原始影 像檢查中,針對地面解析度有詳細統計檢查,詳見航拍影像檢 查項目說明),本項成果判定合格。 (3).色調及色彩平衡: 正射影像所顯示的地物色彩與原本天然色彩一致, 測製廠商應對於正射影像進行色彩平衡調校。檢查結果測製廠商提送之正射影像測區內圖幅間色調一致, 色彩呈天然色彩, 廠商今年度澎湖測區 108 幅及南投仁愛測區 117 幅各自接邊皆已完成如圖 4.81 所示。

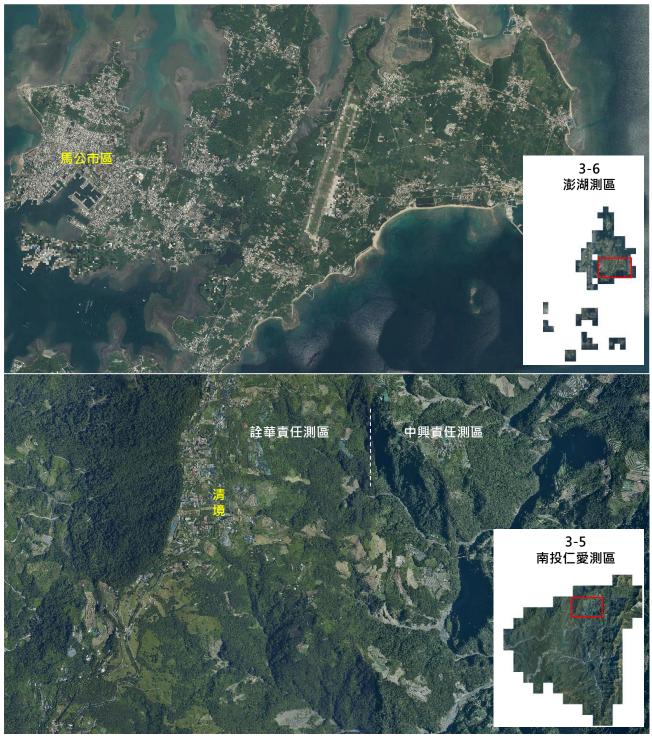
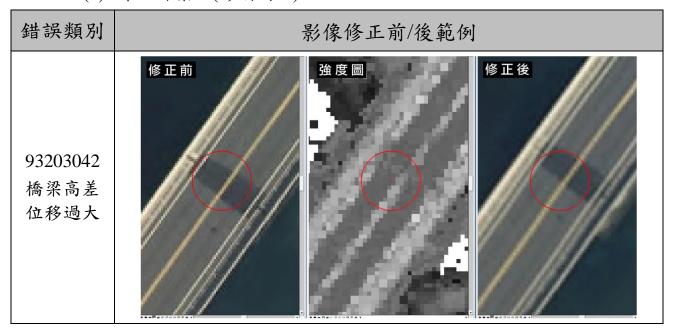


圖 4.81 測製廠商正射影像拼接圖

4.6.2地物連續及合理性檢查

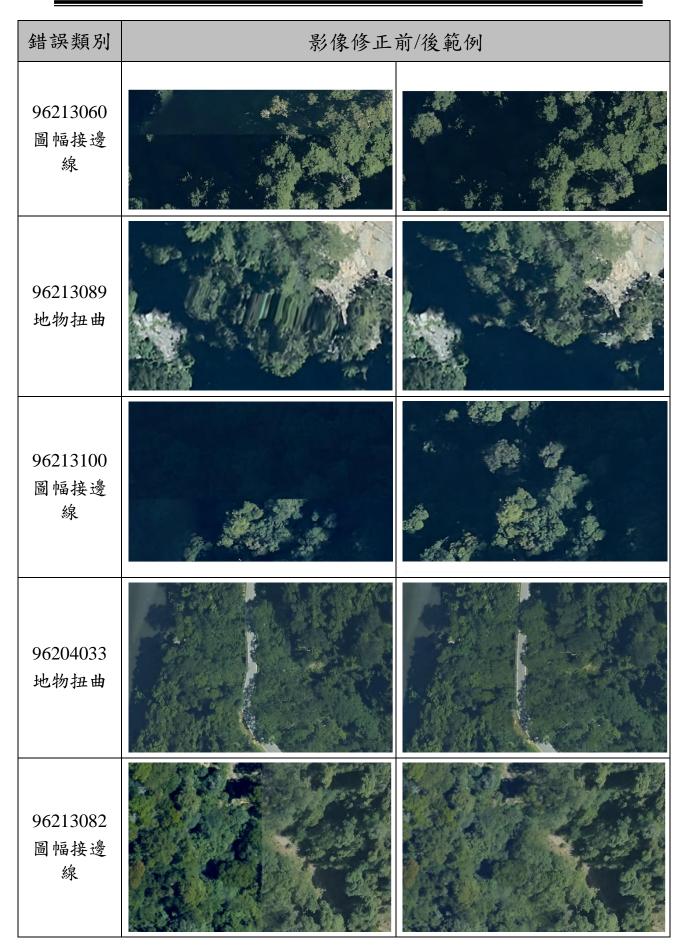
檢查所有正射影像內容是否合理無扭曲,地物、色調是否連續等, 逐幅檢查正射影像糾正成果是否合理,地物、色調是否連續一致。各家 測製廠商部分檢查及修正範例如下:

(1). 第1作業區(澎湖測區)



(2).第2作業區(南投仁愛測區)

錯誤類別	影像修正前/後範例				
96201021 地物扭曲					
96204020 地物扭曲					



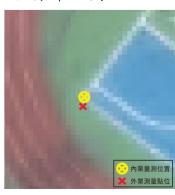
4.6.3 正射影像地物平面位置精度檢查

針對正射影像平面精度檢查,丙方規劃之檢查方法分為兩個部分, 1).外業實際量測特徵點位與正射影像比對、2).內業正射影像與點雲平面 位置一致性檢查,兩項目合計抽 10 分之 1 圖幅數,每幅圖至少抽 5 點。 本節僅說明第 1 項實際外業量測點位比較結果,針對內業正射影像與點 雲平面位置一致性檢查項目,請詳見 4.4.4 節說明,檢查結果請詳附件 九。

外業特徵地物量測採丙方 DEM 外業檢測之實測點位或其他本案外業量測成果(如測製廠商之控制測量點位等)。檢查外業量測之特徵點位於正射影像中之成像,若為可辨識之點位,則視為有效檢核點。重複量測影像上之平面坐標與外業坐標進行較差,依規範其平均值不大於 2.5 公尺才予以判定合格。量測方式如圖 4.82 所示,檢查點位分布如圖 4.83。







外業實測點

正射影像展點

量測差值

圖 4.82 正射影像平面精度檢核示意圖(3-5-D-002-04)

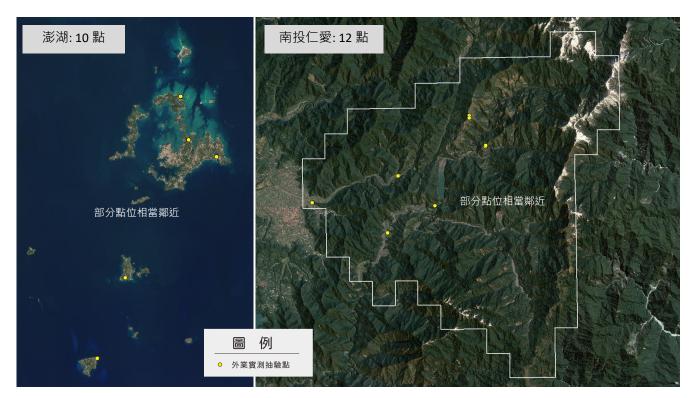


圖 4.83 正射影像平面精度實測檢查點位分布圖

檢查結果統計如表 4.57,詳細各點位檢測結果詳見附件九。

w)=		合格	不合格	不合	平均平面差值	ΔE(2)	〉分)	ΔN(2	公分)
測區	點數	點數	點數	格率		平均值	RMSE	平均值	RMSE
澎湖 3-6	10	10	0	0.0 %	17.5	-2.4	9	-7.0	18.1
南投 3-5	12	12	0	0.0 %	24.4	-7.6	15.2	-1.6	20.4

表 4.57 正射影像平面精度檢查統計表

檢查結果2作業區平面精度皆優於2.5公尺,本項成果判定合格。

◆正射影像成果檢查小結

總和以上針對測製廠商正射影像檢查工作,檢查三個項目之成果是 否符合規定,以下為檢核成果之總結,並附上檢核總成果合格表(如附件 七)。

- 1.正射影像格式及品質檢查:檢查正射影像之格式為 tiff 格式,影像地面解析度達 25 公分,符合規定,並抽檢正射影像色調品質,檢查結果 色調合於要求,本項成果判定合格。
- 2.正射影像地物連續及合理性檢查:檢查測製廠商提送之正射影像糾正

成果是否合理無扭曲;地物、色調是否連續無縫呈天然色。經丙方檢查結果不合格處,測製廠商已全數完成修正,本項成果判定合格。

3.正射影像地物平面位置精度檢查:檢查測製廠商之正射影像之平面精度是否優於 2.5 公尺,檢查結果皆優於 2.5 公尺,本項成果判定合格。

4.7 應辦理之項目

4.7.1 每月進度審查

丙方依契約需審查測製案廠商每個月所繳交之進度報告,督導及確認其工作進度,並於彙整後提報每月工作進度報告予機關。丙方應於決標次月起,每個月28日前發文提交當月之工作進度報告予機關,報告內容應包含預定及實際執行工作進度、作業與成果檢查情形及對測製案廠商工作進度報告之審查情形,並視需要提出工作協調事項及工作遭遇困難,以利召開工作會議時提出討論。

為能進一步掌握工作進度,除每月28日提供月報表外,廠商每月增列月中報表,以供國土測繪中心參考使用,且為方便閱讀,進度由丙方統一設計供測製廠商填寫。月報表中各項作業權重分配也由丙方統一規劃(如表4.58),以確認測製廠商工作進度之統計基礎相同。

	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·						
	作業項目	細項說明	權重				
1	作業計畫	113 年度作業計畫	1%				
2	掃瞄飛航計畫規劃與申請	飛航申請作業	2%				
3	控制測量	平差控制點	5%				
3	经前例里	GNSS 基站架設	2%				
4	率定作業	光達/相機率定	2%				
5	空載光達掃瞄(含影像拍攝)	正規航線掃瞄	38%				
6	光達掃瞄點雲資料處理	點雲航帶平差	5%				
U		DEMLAS 點雲分類	25%				
7	DTM 網格製作	DEM 製作	2%				
/		DSM 製作	3%				
8	空中三角測量	空中三角測量	5%				
9	正射影像製作	正射影像製作	8%				
10	夕毗凯却上	月進度報告	20/				
10	各階段報告	113 年度工作總報告	2%				

表 4.58 本案主要作業項目權重分配

測製廠商按月提送半月報表及月報表(如圖 4.84 左圖)至丙方彙整,由丙方統整各項工作進度成完整月報並展繪曲線圖(如圖 4.84 右圖)後提送進度統計書面資料予國土測繪中心備查,月報表中可見各項作業之預期進度與實際進度及丙方審查進度及意見,以瞭解測製廠商是否符合預期進度要求。

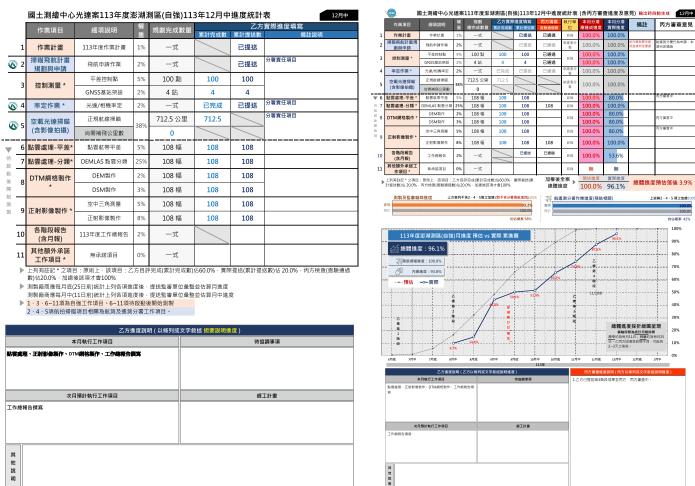
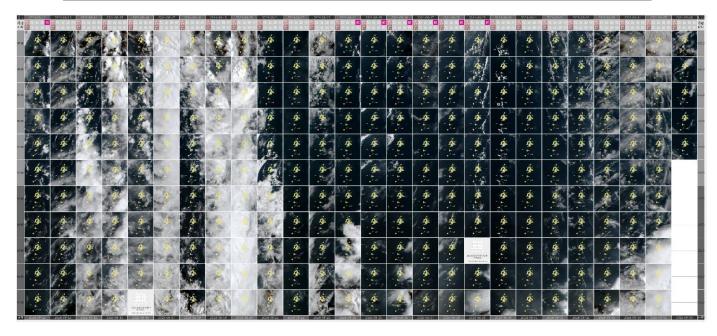


圖 4.84 測製廠商提送月進度報表示意圖及丙方審查進度表

4.7.2 雲圖資料

此項目成果本未規劃於契約之中,為因應測製廠商期初飛航掃瞄需要,經108年5月份第3次工作會議協調後,由丙方統一蒐集中央氣象署發布每日5:00~18:00每半小時記錄一筆雲圖資料供測製廠商作業不適掃瞄時之佐證資料。丙方於108/5/23起迄今(如圖4.85)已持續蒐集5年以上之雲圖資料,為此丙方建立一資料庫以管理每日雲圖圖檔(http://140.116.45.231/cwbdata/),供國土測繪中心及測製廠商參考應用。



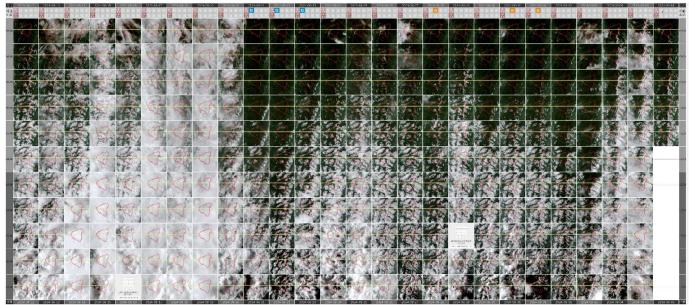


圖 4.85 丙方蒐集之雲圖資料庫畫面

4.7.3 教育訓練

依契約規定丙方應於決標次日起 60 個日曆天內辦理成果檢查方式 及實作教育訓練。113 年度決標日為 113/06/14,故需於 113/08/13 前辦理 完成;且為能及早向測製廠商傳達本案監審流程及標準以減少磨合期, 丙方於 113/07/30 日假成功大學辦理教育訓練,課程內容包括:飛航計畫 及資料獲取的檢核、點雲過濾檢核流程、航帶平差檢核、正射影像檢核、 DEM 成果外業檢核說明等(如圖 4.86),課程時間為 6 小時。國土測繪中 心、農業部農村發展及水土保持署、農業部林業及自然保育署航測及遙 測分署及測製廠商皆派員參加本次課程,共計 15 人,簽到表如表 4.59, 課程大綱如表 4.60。

藉由課程使各方能瞭解測製與監審案各項目工作內容與內外業實務操作過程,也將丙方累積之監審經驗與學員作一分享。



圖 4.86 113 年度教育訓練 表 4.59 教育訓練成員簽到表

113 年度澎湖及南投仁愛地區 LiDAR 技術更新數值地形模型成果檢核 與監審工作採購案.教育訓練 (成果工作講習) 簽 到 表

編號	姓名	服務單位	負責項目	113.07.30 簽到	備註
1	陳韋灯	自強工程顧問有限公司	經理、計畫主辦、點雲平 差	陳皇初	
2	康祐程	自強工程顧問有限公司	航線規劃、空三	東結我	
3	吳思穎	詮華國土測繪有限公司	點雲過濾	*鬼弱	
4	邱茵淇	詮華國土測繪有限公司	軌跡解算、架次報告	价首位	
5	邱姿綺	詮華國土測繪有限公司	空三、影像製作	下声等流	素食
6	陳怡頻	中興測量有限公司	資料品管、行政		
7	張晏菁	中興測量有限公司	資料品管、行政	经营	
8	王江前	中與澳造在限公司		主连输	
9					
10					

編號	姓名	服務單位	負責項目	113.07.30 簽到	備註
1	古伊庭	內政部國土測繪中心應用圖資測製 科		当净底	
2	楊皓宇	內政部國土測繪中心應用圖資測製 科		杨皓子	

編號	姓名	服務單位	負責項目	113.07.30 簽到 備註
I	林宥伯	農業部農村發展及水土保持 署-減災監測組	無人機、光達、資料	科育伯
2	李易諭	農業部農村發展及水土保持署	署內研究人員	李易諭
3	李哲宇	農業部農村發展及水土保持 署-減災監測組	助理研究員	专程守
4	劉士豪	農業部林業及自然保育署航測及遙測分署	航空攝影	到支
5	蔡家銘	農業部林業及自然保育署航測及遙測分署	影像應用	东省级
6	余尚鈺	農業部林業及自然保育署航測及遙測分署	影像應用	原为成
_				

時間 課程大綱 時數 講師 課程內容 ■飛航計畫及資料獲取工作項目之檢 1. 飛航計畫及資料 核程序及相關表格說明,包含空載雷 獲取檢核說明 9:30~10:30 1 陳桂嘉 射掃瞄飛航計畫書檢查、光達系統率 定 (含率定場) 檢查、各架次成果初 步檢核與飛航掃瞄報告書檢查 ■月報表撰寫、預定進度規劃及各階段 1.工作月報表及進 公文收發注意事項 度規劃 ■點雲及航帶平差檢核包含:點雲記錄 格式檢查、測區覆蓋完整度及相鄰航 10:40~12:00 2.點雲及航帶平差 1 郭麟霖 帶重疊率檢查、點雲密度檢查、航帶 檢核說明 平差書面資料檢查、航帶相對高程誤 差檢查 ■點雲過濾成果檢核程序及相關表格 1.點雲編輯與檢核 說明,包含 DEM 及 DSM 資料 ASCII 錯誤樣態說明 郭秀玲 格式檢查、DEM 及 DSM 資料 IMG、 13:00~14:30 1.5 DXF、LAS 格式及點雲過濾及 DEM 成果檢查、及點雲編修人員能力檢核 ■航空攝影檢核包含:航拍影像涵蓋完 1.航空攝影檢核 整度檢查、航拍像機檢查、航拍影像 品質檢查、空中三角測量檢查 2.正射影像檢核 ■正射影像檢核包含:正射影像格式及 3.空載光達地面點 品質檢查、地物連續及合理性檢查、 空間分布檢核(含 2 郭麟霖 地物平面位置精度檢查及資料接邊 14:40~16:40 多期光達比較分 分配(DTM/正射接邊分配) 析) ■點雲資料地面點孔洞量化分析及視 覺化方法介紹、地面點空間分布檢查 作業規範及本案二次更新範圍之浮

表 4.60 113 年度教育訓練課程內容

並於教育訓練時一併提供「點雲過濾常見錯誤範例手冊」及「外業 監審檢查作業常見錯誤範例」,供機關及各測製廠商參考,此手冊於本工 作總報告階段依 113 年度廠商編修狀況已進一步修訂後一併提送。

全體與會

人員

0.5

動門檻計算方式

4.7.4 與既有成果比對分析

16:40~17:10 1.問題與討論

丙方針對南投測區進行高程差異分析(澎湖測區為初次檢核,故無兩期成果供比對),將高程變化以色階展示,從視覺上可快速瞭解兩期資料

地形變化狀況,進一步判斷變化發生之原因。圖 4.87 為南投仁愛測區高程比對結果。實際探討測區內產生大幅度高程變動之區塊後,將高程變化原因主要歸類:1.人為變化、2.自然變化、3.測製方法改變。以下將篩選出較大規模之變異處說明其高程變化之原因。

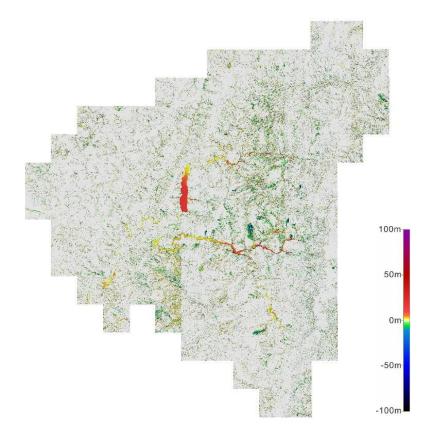


圖 4.87 3-5 南投測區高程變異分析示意圖

圖 4.88 為南投縣仁愛鄉廬山風景區附近的塔羅灣溪,既有資料為民國 108 年所測製,自兩期正射影像上看出 5 年期間地物差異,此溪流因人工整治因素,改變河道方向,相關工程施作造成周圍地面高度增加,形成兩期地形變化,此例屬人為開發所造成之兩期地形差異。



圖 4.88 人為開發所造成之高程變異分析示意圖

自兩期高程變異分析圖亦可觀測山區地形變異,如圖 4.89 顯示 113 年度測製範圍內,為南投縣仁愛鄉奧萬大國家森林遊樂區旁萬大北溪流域,此範圍前次施測光達的時間是 108 年,與現今有 5 年的時間落差,自兩期影像上看來此區域屬易崩塌之區域、顯露出大範圍裸露地,雖可得知此範圍崩塌狀況,但無法自影像上明確得知崩塌發生範圍、土方量。配合高程差異分析圖,可清楚看出在 5 年間地形上的變化,變異圖顯示藍色區塊為土方減少,應是持續崩塌造成;紅色表示土方增加,此處在 5 年間因大規模之崩塌、土方量變化,而土石崩落導致下游河道淤積,也可透過變異分析可進一步圈繪、運算地形變化量。

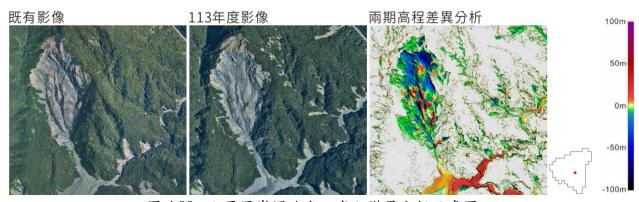


圖 4.89 山區因崩塌造成之高程變異分析示意圖

除人為及自然因素造成地表高程變異外,另一種為測製方法改變所造成之變異,圖 4.90 為南投縣仁愛鄉馬海僕溪上流一處山區之兩時期變異分析圖,自既有影像及 113 年影像來看,兩時期植生覆蓋並無太大差異,但變異圖上有些許隆起區塊,表示後期資料高程已高於既有資料,此類變異情況多發生於山區、丘陵地、密林地等。研究前後期資料探討發生原因,研判為民國 108 年所測製之前期資料年因受限於儀器效能及植生因素等導致穿透率不佳,既有資料因穿透率不佳,以致於山脊處的地面點不足,無法完整說明山區地形起伏;113 年度之測製成果已能達到較佳的穿透率,光達點雲多數可穿透樹林取得地表高度呈現出山區地形如圖 4.91。檢視測區此類型之變異區域,發現大部分之成果普遍優於既有資料,為本案效益之一。

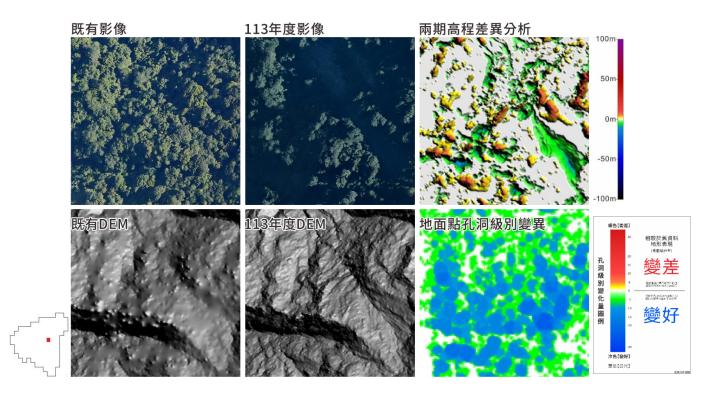


圖 4.90 因測製方法及儀器不同所導致之高程變異示意圖

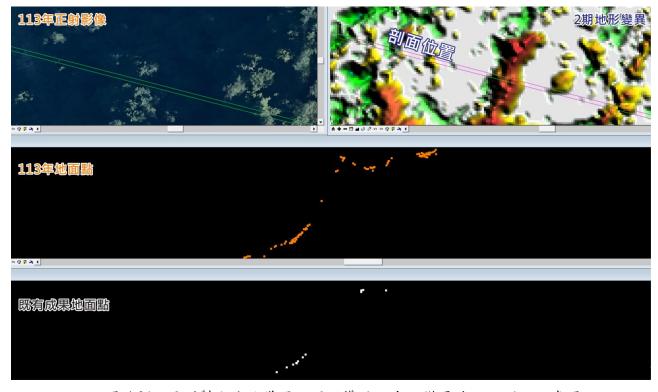


圖 4.91 因測製方法及儀器不同所導致之高程變異地面點剖面示意圖

第伍章 測製區 DTM 正高轉換及全臺 DTM 鑲嵌作業方式及結果說明

5.1 DTM 正高轉換

依 108 年 04 月 26 日成大研總字第 1081103645 號,第 2 次工作會議決議辦理,有關 DTM 資料之成果提送提案結論,即本案第 2、3 階段成果,測製廠商先行提送 DTM 網格成果橢球高 LAS 格式予丙方檢查,並經國土測繪中心驗收合格後,再一併採內政部 103 年臺灣地區大地起伏模型(TWHYGEO 2014)化算成正高成果、其他格式成果及產製詮釋及檔頭資料。其中丙方於第 3 階段應繳交測製區 DTM(DEM 與 DSM)鑲嵌及正高轉換成果,該成果係指正高系統、LAS 格式。現階段測製廠商已繳交之 DTM 分幅成果,故丙方使用機關指定之大地起伏模式進行正高轉換,製作 DTM(正高)分幅成果。執行書面如圖 5.1 所示。



圖 5.1 正高轉換執行畫面示意圖

本次作業共計處理 DEM 橢球高網格成果 221 幅(澎湖測區有 4 幅全 為海).DSM 橢球高網格成果 225 幅,共計 446 幅。正高轉換後之網格成 果一併提送至測繪中心備查。

5.2 全臺 DTM 鑲嵌作業方式

在先前年度已陸續完成空載光達更新案(105 年~112 年)與既有資料之全臺 DTM 鑲嵌作業,而南投仁愛測區完成測製後,為全臺第 3 版數值地形模型成果,如圖 5.3 所示本次全臺鑲嵌將整合 105~112 年之測製成果。目的為產製最新版本之全臺 20 米鑲嵌成果供內政部供應使用。表5.1 為兩時期成果測製規格與品質之比較說明。資料格式及坐標轉檔畫面如圖 5.2 所示。

考量因素\年度	既有光達案成果	更新案光達成果	是否滿足成果可 合併條件
1.測製時間差及坐標系統差異	測製年度 99~104 年,坐標框架 TWD97[2010]	測製年度 105~110 年,坐標框架 TWD97[2010] 測製年度 111 年後,坐標框架 TWD97[2020]	满足內政部 20 米 鑲嵌供應需求
2.資料範圍	兩成果包含一定重疊區域	兩成果包含一定重疊區域	滿足
3.測製技術	空載光達技術	空載光達技術	滿足
4.成果解析度	1 公尺網格間距	1 公尺網格間距	满足
5.測製規格與品質	測製規範大致相同,為光達 技術測製成果。	測製規範大致相同,為光達 技術測製成果。	滿足,更新區域品質 與既有成果相當(大 約一致或更佳)

表 5.1 兩期空載光達案成果比較表

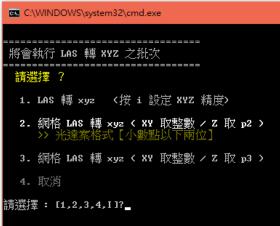
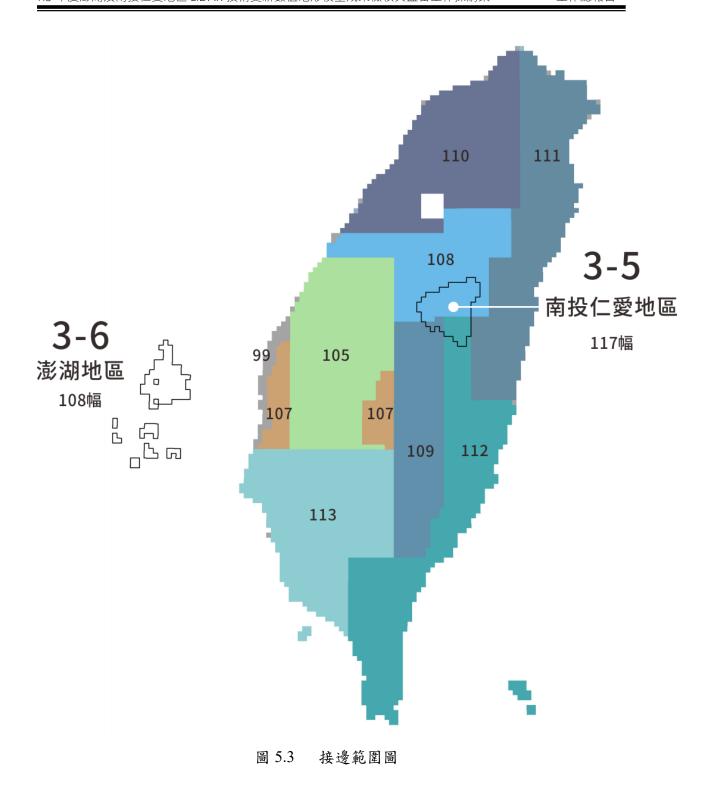




圖 5.2 資料轉檔及坐標轉換之程式處理畫面



第陸章 檢討與建議

於本案執行過程中,為因應測製廠商所發生之檢核狀況,丙方持續 審視檢核結果並將檢核方法及內容進行檢討及調整,目的為使檢查結果 更臻完善,且對於測製廠商成果進行品質比較以瞭解是否有需改善之處。 本章節將監審案執行至今所遇之問題作一整理。

6.1 影像遮密

本案澎湖測區飛航掃瞄作業由航遙測分署執行,因該單位影像處理方式,會將原始影像及正射影像於機密處進行遮密,如圖 6.1 所示,而影像遮密後所造成影響包括:1.點雲分類、2.空三立製、3.正射影像平面精度檢查、4.水線繪製..等。其中影響最大為點雲分類,因點雲分類時會將同步拍攝之正射影像作為分類過濾時的參考依據,一旦正射影像被遮密,無法判斷地物內容,導致分類結果之正確性無從得知而成為點雲分類盲點;除影響點雲外,影像遮密後對於空三立製會增加作業困難度,對乙丙方整體作業皆造成影響。



圖 6.1 澎湖測區影像遮密

⊋解決方案

光達測製與監審案成果屬機密資料,故在測製與監審過程中全於機敏室完成作業,相關人員於專案初期簽署保密條約,專案結束後銷毀相關成果,乙丙方應無洩密之虞,故正射影像原則上不需先行遮密。因正射影像遮密後影響甚鉅,故鑒請測繪中心能協助溝通,後續分署執行相關光達測製案飛航掃瞄時,能提供無遮密之原始及正射影像,供光達案使用,正射影像能完整呈現,定使光達案成果維持品質。

6.2 地形雜點問題

點雲分類成果若將非地面點(高、低點)分類為地面點時,會影響後續 DEM 網格產出成果,如圖 6.2 所示,此案例為植生點雲被分類為地面點 會導致 DEM 網格該處之高程值會被拉高,而非正確地表高度,113 年度 地面高點之錯誤仍然存在,多數發生於山區,因山區地形高度變化大, 此項錯誤於地形高程渲染圖(如圖 6.2 右上)在視覺上並未能被突顯,對於 乙方編修 DEMLAS 及丙方在圈繪錯誤時需耗費更多時間。

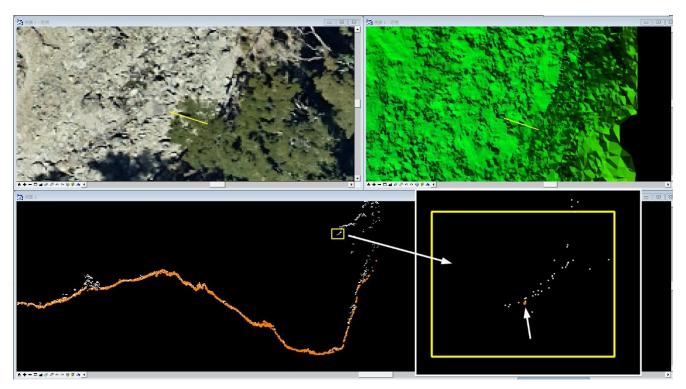


圖 6.2 地形雜點問題(雜點被分類為地面點)

⊋解決方案

為了能快速且有效率地圈繪出此項錯誤,丙方開發相關程式,保留地面點及水體點雲,組成網格後並分析網格內相對高度,若高度落差過大時則會突顯出來,如圖 6.3 的左上圖所示,樹上誤分類出的地面點因與實際地面點高度落差大,故在渲染圖上會呈現亮點,透過輔助資訊,丙方檢核人員能有效率地找出地面點分類有誤的區域,圈繪錯誤後請乙方修正,以產出高程正確之網格成果。

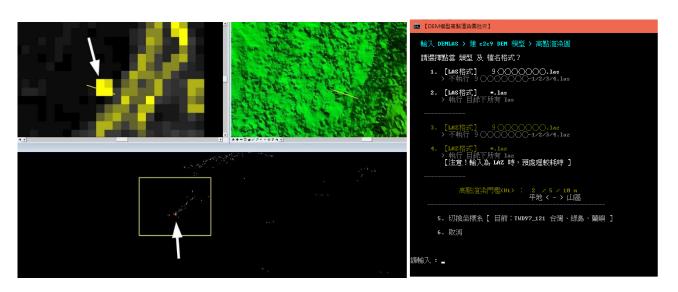


圖 6.3 地面高點渲染圖協助點雲分類檢核

第柒章 結論

本案測製及監審案皆於 113/06/14 為決標日,依契約規定,測製廠商需依 4 階段分批提送成果至丙方檢核,第 1 階段為測製廠商飛航計畫及作業計畫,第 2 至第 3 期依各測區不同工作項目提送測製成果 (如表 7.1 所示)。澎湖測區第 3 階段需待分署飛航掃瞄完成的航空攝影施測資料全數經丙方審查合格(113/10/14)後,由甲方發文通知乙方之次日為啟動日(113/10/15),推算澎湖第 3 階段成果繳交期限為 113/12/14,但此日期超出原第 4 階段繳交期限(113/11/20),故依測製案需求規格書參、四、(二)中,第 4 階段履約期限得為第 3 其餘階段履約期限加 10 個日曆天,其餘階段之繳交期限則依契約辦理,丙方今年度作業期程如表 7.2 所示。

本案南投測區因氣候因素致飛航掃瞄於 113/12/07 完成,故第 3~4 階段進度延誤,但乙方加速進行資料後處理、丙方配合檢核,使本案得以於 113 年 12 月底結案。2 作業區提送日期及丙方判定合格日期如表 7.3。本案執行期間逢凱米、山陀兒及康芮颱風接連侵臺,受停班課影響出勤作業,測製廠商向甲方提出展延需求,甲方同意展延,展延日期如表 7.3 所示。至 113 年 12 月下旬丙方已完成所有階段成果審查,故提出工作總報告供甲方備查。

衣	/.l 本系测聚敝尚作系期程間	衣(原契約繳父期限)
階段/工作項目	第1作業區 (澎湖測區)	第2作業區 (南投仁愛測區)
第1階段	作業計畫 (決標次日起 20 個日曆天)	作業計畫 (決標次日起 20 個日曆天)
第2階段	控制測量	1. 控制測量 2. 光達點雲原始資料及 TIF 格式原始影
N 2 16 12	(決標次日起 60 個日曆天)	像(40%以上圖幅) (113/08/31)
第3階段	1. DEM/DSM 成果 2. 正射影像成果 (澎湖 D 日起 60 個日曆天)	1.DEM/DSM 成果 2.正射影像成果 3.光達點雲原始資料及 TIF 格式原始影像 (剩餘圖幅) (113/11/10)
第4階段	總報告 (113/11/20)	總報告 (113/11/20)

表 7.1 本案測製廠商作業期程簡表(原契約繳交期限)

表 7.2 監審作業期程及工作項目表

丙方	工作項目	工士从本/担送石口	繳交數量		審查期限及備註
階段	上作垻日	丙方檢查/提送項目	紙本	電子檔	香笪别限及佣註
	作業計畫	提送本案丙方作業計畫	10	2	◎繳交期限為 Di+10 個日曆天
1	飛航計畫檢核	乙方作業計畫(含掃瞄飛航計畫)審查報告	10	2	◎收到乙方報告 10 個日曆天辦理完竣 ◎D ₁ +10 個日曆天提送檢核報告
2	乙方第2階段 成果檢核	●第2階段檢查項目 各架次成果初步檢核與掃瞄飛航報告書檢查 (100 系列)、控制測量成果檢查(100 系列) ●提出乙方第2階段成果檢核報告 (含 GNSS 基站資料)	10	2	◎控制測量及飛航掃瞄成果檢查 ●第2階段檢查項目包含: 地面控制測量、原始掃瞄資料檢查。同時GNSS基站坐標應於算料 查。同時GNSS基站坐標應於算料 備齊後20個日曆天內完成計算。 ●針對航遙測分累執行之澎湖測區原始飛航掃瞄放果進行檢查→判第3 階段測製作業 ◎檢查結果以報告呈現,D2+10 個日曆天內提送檢核報告。
	教育訓練	講義教材、錯誤範例、簽到簿、訓練照片		2	◎113 年決標次日起 60 個日曆天 辦理
3	乙方第3階段 成果檢核	●第3階段檢查項目 南投仁愛測區剩餘圖幅原始掃瞄資料各架次成果初步檢核與掃瞄飛航報告書檢查(100 系列)、點雲及航帶平差檢查(200 系列)、點雲分類及 DTM 成果檢核檢查表(300 系列)、正射影像檢核檢查表(400 系列)、航拍攝影檢查表(400 系列) ※本項目含空三檢查 ●提出乙方第3階段成果檢核報告書	10	2	◎測製成果檢查 ●成果檢查項目包含: 原始婚職資料各架次成果初步、 檢核、空中三角測量平差、分頻 後點雲航帶平網格成果 人對點雲航學中經 人對點標的 人對大大大大大大大大大大大大大大大大大大大大大大大大大大大大大大大大大大大大
	網格成果	測製區 DTM 鑲嵌及正高轉換成果		3	◎收到乙方總報告(初稿)10 個日曆天內審查完竣
		全臺 DTM 合併成果		3	□ D4+10 個日曆天內提送檢核報
	總報告	工作總報告(初稿)	10	3	告及相關成果
	修正總報告	修正後丙方工作總報告	10	3	依機關指定期限內繳交

 D_n 係指測製案乙標第 n 階段,廠商交付該階段成果至機關之日期(n 數字對應至乙標契約中之各階段,如 D_3 指乙標第 3 階段最後一家交付成果之日期)

表 7.3 2 作業區因颱風影響而辦理展延日期調整表

	第1作業區(澎湖測區)	第2作業區(南投測區)
第2階段	8/13 → 08/15	08/31 → 09/03
第3階段	113/12/14	11/10→11/17
第4階段	11/20→12/24	11/20→11/27

階 廠商 發文提送日期 丙方判定合格日期 段 第1作業區 113/06/28 113/07/03 (成大產創字第 1131102032 號) (澎湖測區) (自工字第 1130610098 號) 1 第2作業區 113/07/02 113/06/28 (南投仁愛測區) (自工字第 1130610099 號) (成大產創字第 1131102033 號) 第1作業區 113/08/13 113/08/14 (澎湖測區) (自工字第 1130810229 號) (成大產創字第 1131102456 號) 2 第2作業區 113/08/29 113/09/02 (南投仁愛測區) (自工字第 1131102654 號) (成大產創字第 1131102654 號) 第1作業區 113/12/13 113/12/09 (澎湖測區) (自工字第 1131210571 號) (成大產創字第 1131103973 號) 3 第2作業區 113/12/20 113/12/23 (南投仁愛測區) (自工字第 1131210613 號) (成大產創字第 1131104087 號) 第1作業區 113/12/19 113/12/20 (澎湖測區) (自工字第 1131210609 號) (成大產創字第 1131104052 號) 4 第2作業區 113/12/23 113/12/25 (南投仁愛測區) (自工字第 1131210616 號) (成大產創字第 1131104123 號)

表 7.4 各階段測製廠商提送成果日期及丙方判定合格日期

表 7.5、表 7.6 為 2 測區各項目成果提送日期與丙方檢查完成日期記錄表。

自強工程	圖幅數量	繳交日期	檢查合格日期	判定
控制測量	1 式	113/08/13	113/08/13	合格
航帶平差	1式	113/11/25	113/12/12	合格
正射影像與水線	108 幅	113/11/13	113/11/18	合格
DEM 點雲分類	108 幅	113/11/19	113/11/28	合格
原始影像資料	1式	113/09/30	113/10/25	合格
DEM 網格	108 幅	113/12/09	113/12/13	合格
DSM 網格	108 幅	113/12/06	113/12/13	合格
空中三角測量	1式	113/11/25	113/12/12	合格

表 7.5 澎湖測區各項成果分批次提送及檢查日期

表 7.6 南投測區各項成果分批次提送及檢查日期

自強工程	圖幅數量	繳交日期	檢查合格日期	判定
控制測量	1式	113/08/27	113/08/27	合格
航帶平差	1式	113/12/19	113/12/23	合格

正射影像與水線	117 幅	113/12/16	113/12/17	合格
DEM 點雲分類	14 幅	113/10/22	113/10/29	合格
	17 幅	113/10/25	113/11/01	合格
	28 幅	113/10/30	113/11/05	合格
	15 幅	113/11/26	113/11/29	合格
	22 幅	113/12/04	113/12/06	合格
	21 幅	113/12/17	113/12/19	合格
原始影像資料	1 式	113/12/19	113/12/23	合格
DEM 網格	117 幅	113/12/20	113/12/20	合格
DSM 網格	117 幅	113/12/20	113/12/20	合格
空中三角測量	1式	113/12/19	113/12/23	合格

本案之監審作業採**『抽樣檢查』**之精神進行規劃,即測製廠 商後處理成果可於發文前分批次提送丙方檢核,如此能先行確認 成果無大錯且經丙方檢核後進行修正,待正式發文時便可提送正 確率較高之成果予丙方,丙方也能在測製廠商正式發文前開始進 行審查,縮短測製廠商發文後的檢核時間。

參考文獻

- 內政部 (2005) 應用空載光達生產數值地形模型之製作規範及標準作業程序(草案)。
- 2. 內政部(2016) LiDAR 技術更新數值地形模型成果檢核與監審工作案(105-106)。
- 3. 內政部(2018)107 年度 LiDAR 技術更新數值地形模型成果檢核與監審工作案。
- 4. 內政部「基本測量實施規則」。
- 5. 內政部「數值地形模型(DTM)成果資料檢核程式操作說明」,2013年10月21日。
- 6. 內政部國土測繪中心「五千分之一基本地形圖測製說明」。
- 7. 王相華、郭耀綸、陳芬蕙 (2013) 銀合歡入侵地之植生復育操作技術。行政院農業委員會林業試驗所編印,24頁。
- 8. 李昭宗 (2003)恆春地區銀合歡入侵及擴散之研究。國立屏東科技大學森林系研究所碩士論文,70頁。
- 9. 國土測繪中心網站 https://www.nlsc.gov.tw/cp.aspx?n=1482
- 10. 陳與潤、羅漢強、鄭祈全、吳治達 (2011) 應用遙測技術監測澎湖銀合歡擴散之研究。中華林學季刊 44(1): 133-144。
- 11. 陳國華,2022, 111 年度臺灣地區 GNSS 連續觀測站資料解算委託研究案期末報告書。
- 12. 陳國華,2023,112 年度臺灣地區 GNSS 連續觀測站整合國際框架委託研究案期末報告書。
- 13. 陳國華、景國恩、楊名,2016,105年度精進現代化TWD97國家坐標系統變位模式,內政部國土測繪中心委託研究計畫報告
- 14. 陳國華、景國恩、楊名,2017,106年度精進現代化TWD97國家坐標系統變位模式,內政部國土測繪中心委託研究計畫報告
- 15. 陳國華、景國恩、楊名,2018,107年度精進現代化TWD97國家坐標系統變位模式,內政部國土測繪中心委託研究計畫報告
- 16. 陳國華、景國恩、楊名,2019,108年度精進現代化TWD97國家坐標系統變位模式,內政部國土測繪中心委託研究計畫報告。
- 17. 陳國華與景國恩,2021,109 年及110 年臺灣地區 GNSS 連續觀測站資料解算工作,內政部國土測繪中心委託計畫109 年度期末報告。
- 18. 楊名、陳國華、景國恩,2013,102 年度建置現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式,內政部國土測繪中心委託研究計畫報告,234 頁。
- 19. 澎湖縣政府 (1982) 澎湖造林回顧與展望。
- 20. 鍾玉龍、呂明倫 (2009) 恆春半島銀合歡入侵分布之調查與動態監測。林業研究專訊 16(5):23-26。