

文化部文化資產局令

中華民國111年11月24日

文資研字第11130128881號

訂定「建築類文化資產3D雷射掃描模型建置作業參考指引」並自即日起生效。

附「建築類文化資產3D雷射掃描模型建置作業參考指引」

局 長 陳濟民

建築類文化資產3D雷射掃描模型建置作業參考指引

一、目的：

為使建築類文化資產藉由3D雷射掃描技術，得到一定品質之數位化光達點雲成果資料，作為調查、研究、保存、維護、修復及再利用之參考，特訂定本指引。

二、適用範圍：

- (一) 屬文化資產保存法第三條、第十六條古蹟、歷史建築、紀念建築、聚落建築群等建築類文化資產之建造物及附屬設施，於進行3D雷射掃描模型建置作業時，其使用之器材設備、作業方法、資料品質等，應符合本指引之要求。
- (二) 對於具有文化資產潛力之建造物及附屬設施，進行3D雷射掃描模型建置作業時，亦得適用本指引。
- (三) 使用器材設備、作業方法、資料品質等，需符合本指引要求。

三、名詞定義：

- (一) 3D雷射掃描：利用儀器主動發出的雷射光對目標物進行掃描，量測出儀器到目標物的距離、角度等，藉此偵測並定出目標物與測站相對三維空間坐標，產出點雲資料者；包含但不限於相位式、脈衝式或其他同等設備，本指引主要採用地面基站式雷射掃描儀辦理3D雷射掃描。
- (二) 需求單位：係指需進行3D雷射掃描之建築類文化資產之相關人員或單位，包含但不限於主管機關、個人、大學（專）院校、社團法人或其他有掃描需求者等。
- (三) 執行單位：係指實際進行3D雷射掃描單位，包含但不限於公司行號、法人、大學（專）院校、社團法人等。
- (四) 利害關係人：在事實上或法律上有利害關係者，包含但不限於建築類文化資產之主管機關、營運或管理單位、所有權人等。
- (五) 坐標基準點：係指內政部及各縣市政府為因應各式測量需求已建立之基本測量點位，包含但不限於衛星控制點、水準點、圖根點及各類控制測量點位。
- (六) 控制點：係指3D雷射掃描執行前辦理控制測量所建立或採用之絕對坐標點位，供後續3D雷射掃描點雲資料進行空間對位、套合等運用。

- (七) 檢核點：係指執行3D雷射掃描過程中測定之坐標位置，提供各基站產出之點雲資料（含各站點或各站點拼接）成果檢測用之點位。

四、作業原則

- (一) 作業範圍需以建築類文化資產之建造物及附屬設施定著土地範圍為主，可視需求調整。
- (二) 整體作業內容：包含規劃作業、控制測量作業、掃描作業、資料處理檢核及模型產製、成果交付等五個階段。
- (三) 掃描作業之執行單位需指派測量技師參與並進行，以利執行過程之品質管控，測量技師需參與現場勘查作業、確認控制測量之成果精度符合需求規範，並於3D雷射掃描後確認其產出之成果符合本指引之要求。

五、檢校項目

- (一) 3D雷射掃描儀應定期校正，校正週期為二年，辦理校正應送全國認證基金會（TAF）或國際實驗室認證（如ILAC-MAR聯盟等）所認證之校正實驗室辦理，或應出具原廠校正報告。
- (二) 控制測量使用之相關儀器設備（包含但不限於經緯儀、全測站、其他各式測量儀器、衛星定位器等），應定期校正，校正週期為二年，辦理校正應送全國認證基金會（TAF）所認證之校正實驗室辦理。

六、環境要求

- (一) 執行3D雷射掃描作業時，應評估現場天候（如降雨、霧霾或相對濕度高於95%）及現場環境狀況（如地面或地板潮溼、煙霧等足以影響掃描情形者），若可能影響掃描成果點雲之品質及影像資料時得另擇期辦理。
- (二) 作業現場（含室內、室外）若光線不足，影響可見光攝影品質時，得輔以光源協助作業執行。

七、規劃作業

- (一) 需求單位應先確認完整作業範圍（包含建築類文化資產及其定著土地範圍、需調整之範圍、重點工作事項及重要標的）和相關利害關係人、以利掃描作業之執行與過程中之相關協助。
- (二) 執行現場勘查作業前，執行單位應先行提交工作計畫書初稿，相關內容應包含但不限於附件一作業說明。
- (三) 需求單位應於掃描作業前擇日會同執行單位、相關利害關係人執行現場勘查，現場勘查事項應包含但不限於附件一作業說明。
- (四) 需求單位若需進行變形區域監測，應與執行單位討論新增控制點，以供長期定點監測使用。

- (五) 執行單位應於工作計畫書中提出檢核規劃，其中應包含檢核點數量、檢核點位置（需均勻分散）及檢核方法，檢核點數量應大於掃描基站總數量10%（如基站總數為100站，需檢核10點，），檢核精度為平面精度 ± 4 公分內，高程精度應在 ± 10 公分內。
- (六) 現場勘查作業完成後應提送工作計畫書修正本，並敘明現勘作業確認之需求或疑義，以及對應之作為措施等，經需求單位核可後始可執行。

八、控制測量作業

- (一) 控制測量中之坐標基準點、控制點及檢核點建議採用內政部公告之最新通用坐標系統，需求單位若有特定需求可與執行單位共同討論後決定之。
- (二) 控制點之平面精度需於 ± 2 公分內，高程精度應在 ± 5 公分內。
- (三) 控制測量作業優先引用作業範圍內既有之坐標基準點並進行檢測作業，精度不足或點位不足時應自行布設控制點。
- (四) 控制測量布設採用之材質樣式需以穩定且具耐久性之材質（如鋼標）辦理，可依實際場域需求或限制彈性調整採用之材質樣式、布設地點等，並由需求單位及執行單位協議之。
- (五) 以動態方式辦理控制測量者作業，應參考內政部國土測繪中心「採用電子化全球衛星即時動態定位系統辦理控制測量作業手冊」規範。
- (六) 以靜態方式辦理控制測量作業，應參考內政部國土測繪中心「辦理加密控制衛星定位測量作業手冊」規範。

九、掃描作業

- (一) 於掃描作業前應進行儀器測試，以現場特徵點位（如建造物角點、控制點）為目標，對其進行第一次掃描（儀器-目標距離量測準確度）後，將儀器設備重新關機拆裝，並於相同位置進行第二次掃描，再以第一次坐標為基準，並與第二次點雲資料比較兩者之特徵點位坐標差值（標的物間距一致性），取後續坐標減去基準站坐標之數值差，數值應小於1公釐並配合成果交付提交。
- (二) 使用3D雷射掃描進行建造物及附屬設施掃描作業時，相關儀器設備使用需與工作計畫書相符。
- (三) 執行3D雷射掃描時，點雲資料應完整覆蓋建造物及附屬設施之空間配置整體樣貌，包含但不限於室內外空間之牆面、結構體或其他特定物件等，若現場作業發生不可抗力之因素，應即時提出與需求單位議定之。
- (四) 應視需求布設共軛點或檢核點，以利各站掃描成果拼接及檢測。
- (五) 因現場格局限制或有特定需求時，需配合手持式辦理，作業說明如附件二。
- (六) 現場採用空拍作業辦理者，作業說明如附件三。

十、資料處理檢核及模型產製

- (一) 作業內容包含雜訊濾除、點雲成果拼接、坐標整合、精度檢測、成果產出等。
- (二) 各基站掃描資料經雜訊濾除後需進行拼接，並整合至相同坐標系統。
- (三) 3D雷射掃描成果之解析度需符合本指引要求，如附件四說明。
- (四) 各類掃描資料均需整合至相同坐標系統（同控制測量使用之坐標系統）以利後續應用。
- (五) 掃描處理後之成果點雲資料需包含同軸彩色影像資訊。
- (六) 得依需求產製成果模型資料檔或附加之相關成果檔。
- (七) 掃描之資料出現錯誤或異常時需重新辦理掃描（以單站為最小作業單元），或經確認可採用修正之方式辦理，直至產出之成果資料無異常情形或錯誤發生。

十一、掃描成果資料產出包含以下項目，並提交產出之精確度報表或說明：

- (一) 掃描前置作業採用之控制測量成果。
- (二) 掃描作業採用設備產出之原始掃描與同軸彩色影像，及拼接後成果點雲資料（含專案檔），格式為ASTM E57、RCP格式及LAS（配合需求單位之要求辦理），成果點雲均需含色彩資訊。
- (三) 若有執行手持式掃描作業，模型檔案需以FBX、PLY、OBJ、STL、3DS或其他通用之3D格式（包含但不限於kmz、3D PDF、網格格式等）辦理，由需求單位訂定之，惟模型檔案均需包含色彩貼敷資訊。
- (四) 若有執行空拍作業，空拍成果影像資料及經處理正射化後之影像，（以GeoTiff格式繳交），其中正射影像應另含經糾正建物後之成果，建築類文化資產之建造物本體應實施正射影像糾正。
- (五) 若有執行空拍及手持式掃描作業，最終完成之整合資料，以3D雷射掃描拼接後之資料為基準，整合手持式掃描及空拍資料至同一坐標系統。
- (六) 其他經需求單位提出之成果檔案（包含但不限於、疏化後成果點雲、建築圖說、GIS檔案、高解析動畫影像等）。

附件一 3D 雷射掃描規劃作業說明

- 一、現勘作業前應提交工作計畫書，包含但不限於以下內容：
 - (一) 建築類文化資產名稱、所在行政區及其地段地號、建築類文化資產之所屬主管機關、管理或營運單位等背景基礎資訊。
 - (二) 預計作業期程時間及掃描空間區域範圍。
 - (三) 作業執行人員與相關聯繫資訊。
 - (四) 控制點設置位置與採用之坐標系統。
 - (五) 控制測量作業方式。
 - (六) 掃描設備及機型。
 - (七) 地面基站站位規劃圖(含高腳架站位)及預估站數。
 - (八) 預估採用空拍作業之空間區域及空拍航線、航高說明。
 - (九) 預估採用手持式掃描儀之結構物或特定物件、空間區域。
 - (十) 預定交付成果內容及其檔案格式。
 - (十一) 作業限制說明，如無法完整掃描、遮蔽處等。
 - (十二) 其他補充資訊。
- 二、現勘作業由需求單位及執行單位共同辦理，並可邀請利害關係人參與，其重點事項包含但不限於以下內容：
 - (一) 掃描作業確認(如器材架設、掃描區域範圍、掃描限制)。
 - (二) 建造物及附屬設施之掃描完整度(因現場格局限制造成遮蔽、無法掃描或可能導致掃描成果不完整時，應於工作計畫書內加以敘明，未敘明者其掃描產出之成果不得有漏缺、遮蔽之情形)。
 - (三) 採用空拍或手持式辦理之區域。
 - (四) 點位布設(如基準點、控制點位位置、布標之形式、基站位置)。
 - (五) 其他配合事項(包含但不限於作業期程配合展期調整、建議濾除內容或增站掃描提升資料密度或增加角度掃描、迴避掃描區域、其他事項等)。

附件二 手持式掃描輔助作業說明

一、使用時機：

- (一) 因基站式掃描站位設置受限而無法掃描之建造物及附屬設施，需以手持式掃描儀加強補充。
- (二) 依現勘會議決議具特定文化資產價值之物件，文物或建築裝飾藝術為主，如牌匾、門、窗、神像、柱、金爐等，需採用手持式掃描儀辦理。

二、配合需求單位後續資料應用需求，特定物件可增站、加密掃描，並規範於工作計畫書。

三、手持式掃描儀若具有拍照功能，其影像解析度至少需130萬畫素。

四、掃描之解析度不低於3D 雷射掃描之要求。

五、成果繳交：

- (一) 掃描之成果點雲資料格式可為 ASTM E57、RCP 或 LAS(配合需求單位之要求辦理)，成果點雲均需含色彩資訊。
- (二) 掃描之成果網格資料格式可為 obj、stl 等，網格解析度不低於2公釐。
- (三) 手持式掃描之成果應配合坐標基準點及控制點將成果與基站掃描、空拍掃描之成果整合至同一坐標系統。

附件三 空拍掃描輔助作業說明

- 一、採用空拍作業應符合政府法規及當地管理單位相關規定辦理(如交通部民用航空局之相關管理辦法、縣市政府規範等)。如違反相關法規，由執行單位自行負責。
- 二、執行單位需依建築類文化資產之類型或個案狀況，規劃適宜之飛行計畫，包含航線與航高等，並於現勘會議提出說明。
- 三、作業範圍以建造物本體及其周邊場域為主，以建築類文化資產定著土地範圍基線外圍，依東、南、西、北四方向延伸200公尺，如下圖。

範例 (臺中刑務所典獄官舍)

■：古蹟定基線 ■：古蹟土地範圍
■：空拍作業範圍



圖1 土地定著範圍參考

- 四、空標布設點位應優先採用坐標基準點或與控制測量相同之點位，且不得低於4處，需配合現地大小予以增點，必要時得採用現地特徵點(如道路標線等)。
- 五、空拍產出彩色正射影像 GSD(地面解析度)需控制在4公分內(一般精度需求時解析度需控制在10公分內，需提供地面解析度控制說明與計算方式)，影像前後重疊率至少80%，側向重疊率至少60%，影像色彩應符合 RGB 常態分佈，不可有偏色情形，建造物本體必要時應補充傾斜攝影。
- 六、若無障礙物(由需求單位認定)及限航區影響，建造物本體應增加環繞拍攝或掃描，影像解析度以可以辨識屋頂瓦片或裝飾物為準，或可以建造物本體地面的特徵物為基準，GSD(地面解析度)需控制在2公分內(需提供地面解析度控制說明與計算方式)，惟本點規定適用於高解析度掃描成果需求時辦理。
- 七、成果交付

- (一) 經攝影測量軟體空中三角計算後轉換為3D點雲模型及空拍正射影像(DOM 數值正射影像)，正射影像解析度需在4公分內，若為環景拍攝則正射影像解析度需在2公分內，惟本款規定適用於高解析度掃描成果需求時辦理。
- (二) 不同航次之資料需整合為單一模型檔案，需導入控制點坐標及產出成果點雲資料，所製作之模型資料帶入控制點坐標。
- (三) 產出之點雲資料成果需與手持式掃描及基站式掃描成果整合交付。
- (四) 空拍成果影像資料(含原始影像如 JPG 或相機 RAW 檔，及經處理正射化後之影像，以 GeoTiff 格式繳交)，其中正射影像應另含經糾正建物後之成果，建築類文化資產之建造物本體應實施真實正射影像糾正。

附件四 地面基站式掃描作業成果要求說明

項目	高解析度	一般解析度
適用時機	依文化資產保存法第16條產出調查、研究、保存、維護、修復及再利用之完整個案資料者。	受限於經費，或依使用目的不同，如展示、教育等，產出個案資料者。
完整度	整體建造物及其附屬設施(含室內外本體牆面與結構體)，只可因個案現場格局限制進行調整。	同高解析度之要求辦理。
室內掃描要求	地面基站式雷射掃描儀與被測物距離不得大於6公尺。	地面基站式雷射掃描儀與被測物距離不得大於15公尺。
	各測站相鄰站位距離不大於6公尺，掃描範圍重疊度至少50%以上。	各測站相鄰站位距離不大於15公尺，掃描範圍重疊度至少50%以上。
	室內6公尺掃描資料，拼接後點雲間距不得大於5公釐。	室內15公尺掃描資料，拼接後點雲間距不得大於13公釐。
	各站掃描資料經軟體拼接後精度不得低於6公釐。	各站掃描資料經軟體拼接後精度不得低於15公釐。
室外掃描要求	地面基站式雷射掃描儀與被測物距離不得大於20公尺(採樣20公尺資料，但如為屋頂或特殊地點無法在20公尺內設站，不在此限。	地面基站式雷射掃描儀與被測物距離不得大於50公尺(採樣50公尺資料，但如為屋頂或特殊地點無法在50公尺內設站，不在此限。
	室外20公尺掃描資料，拼接後點雲間距不得大於10公釐。	室外25公尺掃描資料，拼接後點雲間距不得大於15公釐。
	各站掃描資料經軟體拼接後精度不得低於6公釐。	各站掃描資料經軟體拼接後精度不得低於15公釐。
影像要求	需能提供同軸彩色化，且各單站所產製之影像原始檔及全景影像不得低於4000萬畫素(Pixel)。	