

三维激光扫描技术在历史建筑测绘中的应用

王胜利 王二超

(河南恒旭力创测绘工程有限公司 河南郑州 45000)

摘要：三维激光扫描技术在获取三维数据方面有着无可比拟的优越性，在此基础上进行三维仿真建模，绘制其平立剖现状图纸，实现历史建筑的数字化存档，为历史建筑的保护、修复和改造等工作提供详实的资料。后续还可以通过将建筑的三维扫描模型与设计 BIM 模型比对，能够快速发现改造前后的不同，从而在对旧建筑保护的基础上修正 BIM 模型，完成最合理的改造设计。

关键词：三维激光扫描技术；历史建筑；测绘应用

1 三维激光扫描技术

三维激光扫描仪通过发射激光束到旋转式镜头中心，一旦接触到物体，光束立刻被反射回扫描仪。通过测量激光的位移数据反映出激光与物体之间的距离，用编码器测量镜头旋转角度与激光扫描仪的水平旋转角度，以获得每一个点的高精度三维坐标值，用三维激光扫描仪扫描目标体，可获得大量的点数据。再使用高清数码相机拍摄和后期配准，能够快速获取目标详尽、高精度的三维立体模型和纹理数据。

三维激光扫描采用非接触测量方式，能够快速获取点密度和精度都非常高的建筑物点云数据。将所测量的对象，按 1:1 实景复制三维成型，反映出所有的结构信息，由传统的手工测量转变为室内计算机对点云数据的高精度测量，并在此基础上生成建筑准确、完整的现状图纸，其现状点云数据库可作为电子数据永久存档。三维激光扫描避免了人工接触对象造成的建筑损坏、测量精度不高、测绘人员人身安全等不利因素；且在解决一些疑难问题时具有极大优势，如对于历史建筑中的各类曲线形式、雕刻、文字、彩画及毁损、残缺等状况，在点云中可以方便地勾画出来，迅速测量所有需要的尺寸。

2 三维激光扫描技术的应用

采用地面三维激光扫描仪对某历史街区的历史建筑进行扫描，获取建筑内外部的点云数据，然后对点云进行配准和拼接处理，获取建筑完整的点云数据，在此基础上绘制建筑平面图、立面图和剖面图，并进行三维仿真建模。

2.1 外业扫描

(1) 现场踏勘

根据历史建筑物内部和外部的实际情况，确定合适的仪器架设位置，并根据现场情况设计合适的测站数，以确保选择的测站能够覆盖需要扫描的全部区域，并保证点云精度和密度。

(2) 控制点布设

地面三维激光扫描仪进行扫描时使用的是基于仪器本身的独立坐标系，为了后期将完整的拼接结果转换到统一坐标系（国家、地方），就需要在采集点云数据前在踏勘现场的基础上布设、测定高密度、高精度的控制网，然后根据扫描设备的特点和扫描对象的色彩、材质等属性进行扫描测绘。为满足建筑工程规划验收测量精度的要求，本工程以《城市测量规范》（CJJ/T8-2011）及《卫星定位城市测量技术规范》（CJJ/T73-2010）为依据布设控制网。控制网的布设需要参考以下几个原则：控制网的精度要高于建筑物建模要求的精度；控制网中各相邻控制点之间要通视，即要求一个控制点至少与两个控制点通视；控制网布设的网型要合适，能使得扫描仪完全获取建筑物结构数据；控制点与被测建筑物之间的距离最好保持在 50m 以内来提高精度。

(3) 标靶布设

由于单站扫描范围的局限性，一个完整的工程往往需要进行多次转站扫描。每站扫描数据都有一个独立的坐标系，在将多站数据进行拼接时需要将多站数据转换到一个坐标系中，在坐标转换过程中，通过对公共点的测量来计算转换参数。为了保证转换精度，公

共点一般采用特制的球面（形）标靶和平面标靶。标靶的布设要满足以下几个原则：相邻测站间有两个或两个以上的公共标靶；标靶不能和测站点分布在同一直线上；标靶必须和测站通视，且距离测站不宜太远。

(4) 点云数据采集

目前国内外生产的地面三维激光扫描仪的品牌和类型较多，性能和精度也各有差异。根据工程要求对比选型后，本项目选择采用徕卡三维激光扫描仪 ScanStationP40 进行点云数据的获取。扫描步骤大致分为仪器安置、仪器参数设置、开始扫描、换站扫描等几个过程。外业数据的采集工作耗时 2.5 天，共架设 103 站，获取到包括测区全部区域内的 29 亿个三维点。

2.2 内业处理

(1) 点云拼接与坐标系归一化

点云拼接是通过一定的约束条件将多站点扫描数据配准到统一坐标系中的过程，拼接完成之后将得到一个项目的完整点云。一般有两种方式：基于标靶的拼接和基于点云的视图拼接。基于标靶拼接的前提是扫描仪现场在整平状态下的扫描站点与站点之间有两个或者两个以上的公共标靶，该方式的自动化程度较高；基于点云的视图拼接是利用站点之间扫描的公共区域进行的半自动拼接，该方式需要依靠人眼来识别曲率、轮廓线等特征，人为因素干扰较大。根据现场条件，项目采用两种方式混合拼接的方式，即基于标靶拼接与基于视图拼接两种方式结合在一起使用：在室外方便布设控制点的地方采用标靶拼接，室内不便布设控制点的地方采用视图拼接。具体步骤包括新建一个 Registration，在 Registration 中添加相邻的站点数据，添加约束条件，拼接点云等，这一系列操作可以通过 Registration 菜单下的工具实现。

(2) 点云去噪与点云合并

点云去噪是一种点云优化过程。在扫描仪的原始点云中往往包含若干对于成果处理有不良影响的点，去噪就是通过一定的处理手段，让有效点保留，无效点删除的过程。点云去噪可以通过 Fence 工具和 LimitBox 工具实现。点云合并也叫点云统一化，也是对点云进行优化的一种处理方式，目的是将整个视图中的多站点云统一处理为单一的合并点云，统一化处理完成后，点云的浏览、选择等操作都会在原有的基础上变得更加流畅。点云合并可以通过 UnifyClouds 工具或 Merge 工具实现。

(3) 点云切割与平立面图绘制

点云的切割操作是为后续的轮廓线描绘做准备。利用 Cyclone9.1 软件的 Cutplane 切片工具分别从水平和垂直的方向对点云数据进行切片处理，切片厚度根据具体情况调整，以能够直观清晰地看到建筑物墙体、门、窗、楼梯等构件的轮廓线为准。为了保证切片切割的面为水平或垂直方向，通常需要将 ReferencePlane 参考面工具与切片工具一同使用。先根据某点建立 XY、XZ 或 YZ 方向的参考面，再通过参考面定义切片即可。切片厚度由实际需要决定，或者根据点云的扫描密度决定，扫描点云越密集，切片厚度可以设置得越薄，后续通过参考面生成的各种成果的精度也将更高。

（下转第 90 页）

(上接第 23 页)

由于项目要求的是恢复历史建筑物的原貌,而不完全是根据现场情况测绘出建筑物现状,这给工程的推进又加大了不小的难度。为了做到这一点,需要工程人员在平立面图绘制的整个过程中都要注意判断、区分建筑原貌部分和后期加盖部分。

梁是建筑物中重要的构件,项目需要准确地反映其长、宽及相对位置。在常规的建筑中,梁一般是横平竖直地规则分布,在该历史建筑物中有局部的梁表现出了特殊性,该部分有一段西南-东北走向的斜梁,利用传统测绘手段不仅操作困难,且难以准确确定横梁与斜梁的连接位置。然而将获取的点云数据导入 CAD 进行轮廓描线能轻松实现。

利用 CloudWord 插件中的导入 ModelSpace 视图功能将切割好的切片视图加载到 AutoCAD 软件中,再用 CAD 的画线功能绘制立面图和平面图,部分无法识别的细部可利用 Measurements 量测工具进

行辅助绘制,点云量测需多次量测取平均值。

结语

地面三维激光扫描技术以其高效率、高采样率、高精度、高密度、非接触性等优势,在测绘领域有广泛的应用潜力,在历史建筑测绘中的应用,也取得了很好的效果。因此,在今后的实际工程项目实践中还有待进一步拓宽其应用范围,最大限度地发挥其在测绘领域的应用价值,如隧道土方测量、断面测量、变形监测、竣工测量等。另外,配套的数据后处理软件的功能开发及应用研究工作也要进一步深入开展。

参考文献:

- [1]张华.移动式三维激光扫描系统在盾构隧道管片椭圆度检测中的应用[J].城市勘测,2015(4):103—106.
- [2]吕宝雄.基于三维激光扫描的建筑立面测绘关键技术[J].西北水电,2015(5):30—32.