

Application of ground laser scanning technology in digital protection of historical buildings

Ping Wang

Beijing Urban Construction North Group Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract

Historical buildings carry profound cultural significance and an irreplaceable historical status. However, due to their age, these structures have suffered varying degrees of damage, making it imperative to intensify efforts in protecting them. With the advancement of science and technology, ground-based laser scanning has played a crucial role in the surveying and preservation of historical buildings. This technology is highly adaptable, with strong laser penetration and efficiency, enabling digital and efficient protection of historical buildings. In the application of ground-based laser scanning, operations such as field surveys, point cloud data processing, and indoor drawing are required to ensure effective protection of historical buildings.

Keywords

ground laser scanning technology; historical buildings; digital protection

地面激光扫描技术在历史建筑数字化保护中的应用

王平

北京城建北方集团有限公司, 中国 · 北京 100000

摘要

历史建筑具有深厚的文化意义, 历史地位不可替代, 但是由于历史建筑年代久远, 受到不同程度的破坏, 因此当前加大历史建筑保护力度迫在眉睫。随着科学技术的发展, 地面激光扫描技术在历史建筑测绘和保护工作中发挥了重要作用, 该技术适用性强, 且激光穿透性较高, 效率较强, 能够实现历史建筑的数字化、高效化保护。其中, 地面激光扫描技术应用中, 需要通过外业测绘、点云数据处理、内业绘图等方式进行操作, 从而保障历史建筑有效保护。

关键词

地面激光扫描技术; 历史建筑; 数字化保护

1 引言

历史建筑主要是木质材料为主, 容易受到腐蚀影响, 且易燃性较强, 保存难度较大, 一旦历史建筑受到火灾、腐蚀等灾害, 会造成严重的文化损失。基于此, 需要对现代化三维激光扫描技术进行优化应用, 以便向历史建筑发射高密度点云, 获得精度较高的三维表面信息, 绘制平面、外立面等图件, 在历史建筑保护、修复、重建等工作中发挥了重要作用。

2 地面激光扫描技术

三维激光扫描仪就是利用三角激光测距原理, 利用光源孔发射激光光束, 然后利用各种角度的平面镜对其进行反射, 进而构成点阵数据。该技术的应用能够高效获得精准的空间点云数据, 并以此为依据构建三维可视化模型。利用地

面激光扫描技术采集的数据不仅包含位置信息, 同时也包含纹理信息、颜色信息等。地面三维激光扫描系统包含三维激光扫描仪、数码相机、后处理软件、电源及附属设备等。结合激光测距原理的差异性, 可以把地面三维激光扫描仪划分为脉冲、相位、光学三角测量方式。地面三维激光扫描技术属于一种非接触性的测绘技术, 且扫描速度较高, 具有主动性特征。

3 地面激光扫描技术在历史建筑数字化保护中的应用场景

3.1 建筑平面测绘

通过对三维激光扫描技术的应用, 能够对历史建筑各个内部空间的点云数据进行全面化、精细化采集, 进而形成整层的空间格局点云^[1]。工作人员对点云数据进行横向剖切, 才能详细了解历史建筑空间的具体划分情况。工作人员可以结合剖切点云对历史建筑的角度、长度等数据, 并以此为依据绘制平面测绘图。如果历史建筑的形状不规则, 通过地面三维激光扫描技术获得更加全面、精确的平面信息。

【作者简介】王平(1973-), 男, 中国四川眉山人, 本科, 工程师, 从事工程测量研究。

3.2 外立面测绘

在张园实景三维模型测绘中，可以利用三维激光扫描技术对建筑外立面的装饰、山花、线脚等细节进行精准捕捉。结合以上采集的点云数据，能够对建筑物的整体轮廓、边线、装饰线条等进行真实还原，进而绘制外立面图件。在具体测量过程中，需要利用三维激光扫描技术进行操作，主要是利用专业的激光扫描仪发射激光束并接收反射回来的信号，计算出物体的三维坐标信息。该技术能够生成高精度的点云数据，进而构建出历史建筑的三维模型。在测量前，需要做好现场踏勘工作，了解建筑结构特点，进而明确测量范围、测量精度、测量时间等要求；然后选择合适的测绘设备，对其精准调试和校准；合理布置扫描区域，设置测站，保障扫描范围覆盖目标对象，进而获得高精度三维坐标数据以及反射率、颜色等信息数据；把扫描的点云数据导入专业软件，对其清洗、去噪、拼接等处理后，构建三维模型，然后做好点云数据滤波、分割等工作，同时对数据模型进行纹理贴图、几何修正等处理工作，进而获得历史建筑尺寸、空间规划等结果。

3.3 结构测绘

通过地面三维扫描技术的应用，能够对建筑空间内部的布局信息，如屋架等隐蔽部位的数据进行全面采集，且测绘过程不会对建筑造成损坏。

3.4 变形检测

地面三维激光扫描技术在历史建筑测绘中的应用，可以在地面上更加便捷地采集建筑物整体几何形态信息，该方法可以对棱线不明显的建筑物、塔类等建筑物进行精准测量^[2]。例如，在松江方塔变形检测中，可以利用点云数据技术更加精准快速地采集松江方塔的几何形态信息，保障变形检测工作的有序开展。结合点云数据能够对松江方塔形态特征进行直观呈现，构建精细三维模型。

4 地面激光扫描技术在历史建筑数字化保护中的应用要点

4.1 外业施测

①现场踏勘。在测量前，要做好现场踏勘工作，以便对古建筑周边的环境进行详细了解，同时拍摄建筑物细节照片，绘制建筑物结构草图。在该过程中，需要采集古建筑位置、类别、结构形式、建筑面积等信息。此外，还需要结合扫描仪作业半径和扫描质量等要素，对架站路线进行合理设计，并选择合适的靶球放置位置，科学布点。②放置仪器。在测量过程中，要选择易携带、可操作性较强的扫描仪，保障扫描仪器设备的精度和效率符合实际工作要求。布置测站时，每个测站之间要保持 5 米左右的间距，且尽量避开树木、路灯等遮挡物，这样才能确保扫描点云的准确性^[3]。通常情况下，需要放平三脚架，并对其进行固定。③三维激光扫描。开机后，工作人员需要明确扫描数据存储位置，并对分

辨率、彩色、环境等参数进行针对性调整，同时调节倾角仪。一般情况下，靶球位置需要与扫描中心保持二十米的距离，然后结合前期规划的架站路线开展顺序扫描工作，在此过程中需要保障仪器稳定性。通常情况下，每次扫描要持续十分分钟左右，并完成自动扫描工作后，需要挪到下一位置开展扫描，以便对古建筑内外构件进行全部扫描。在扫描过程中，要把相邻测站的扫描重叠率控制在 30% 以内，这样才能确保测量数据的有效拼接。针对遮挡、纹理复杂的特殊构件则要精细化扫描，必要条件下增加扫描分辨率和密度，实现细部结构的精细扫描，保障扫描数据的全面性和精确性。在扫描过程中要同步记录外业工作内容，包含拍照、草图绘制等。完成扫描工作后，需要利用电子设备查看点云效果，避免遗漏、缺失问题，及时补测。在扫描过程中，要确定控制点，并利用扫描仪打点器的十字丝对准控制点，保障扫描仪位置稳定性。完成扫描作业后，需要通过实时动态定位技术，以便对控制点的绝对坐标进行确定。其中，地面激光扫描技术在历史建筑数字化保护中的应用路线如图 1 所示。

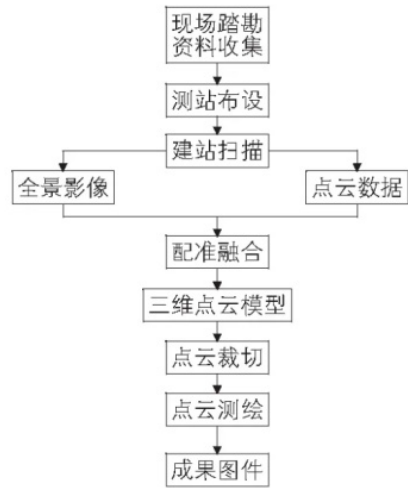


图 1 技术路线图

4.2 点云数据处理

完成外业采集工作后，需要把扫描仪仪器储存卡内的数据导入到笔记本电脑中，对点云数据进行全面检查，避免出现遗漏和缺失，为后续点云数据处理做好准备。在点云数据预处理工作中，需要将其导入到专业的处理软件中，如 SLAM、RealWorks 等。①预处理工作包含拼接配准、去噪、平滑、上色等，这样可以减少噪声数据，消除点云数据中的重叠、缺失部分，然后把预处理后的数据存储到指定文件夹中。为了更加逼真地呈现整个建筑效果图，需要构建点云模型，以便清晰显示扫描路径，并把点云数据转换成 RGB 真彩色^[4]。②点云配准。工作人员详细检查原始数据完整性和可用性，对各个测站数据与公共点数据配准，分割删除不必要的噪点，去除“飞点”外的点云数据，并对密集点云数据进行抽样处理，这样可以降低后续工作压力。在三维激光

扫描作业中,不同测站的点云坐标系存在一定的差异性,所以要把每个测站的点云数据统一到同一坐标系中,这一过程就是点云配准。其中常用的配准方法包含基于特征的配准方法和基于无特征的配准方法。前者需要通过对象边角特征、人为架设标靶等方式进行点云配准;后者是利用自动搜索物体表面相同的特征,计算平移、旋转参数等方式,进而促进点云数据的自动配准。其中ICP是最为经典的点云配准算法。

③点云去噪。在三维扫描工作中,容易受到外界环境、系统自身等因素的干扰,导致原始数据中存在较多的噪声点,一定程度上影响点云质量,因此要采取合理措施进行去噪。其中,点云数据噪声包漂移点、孤立点、冗余点、混杂点等类型。前三种可以通过现有有点云处理软件的可视化交互功能进行直接删除,后者需要通过去噪算法进行消除。针对线式排列、阵列式排列、网格式排列的有序点云数据,需要利用中值算法、均值算法、高斯滤波算法进行处理;散乱式排列方式的点云需要利用双边滤波算法、均值漂移算法等方式进行处理。

④点云压缩。地面三维激光扫描获取的点云数据较多,一定程度上影响点云处理效率。针对这种情况要结合不同的应用需求抽取原始点云数据中能够体现模型特征的信息,即点云压缩。其中常见的压缩方法有:基于三角网络的压缩,就是对点云数据构建拓扑网格关系,并对细节较小的网格进行合并,删除对应点,以便对点云数据进行精简;直接基于点云的压缩方法,即结合采样点空间位置关系,构建无网格的空间拓扑关系,并对各个对应点的离散几何信息进行精准计算,实现点云数据的优化处理。

4.3 内业绘图

结合三维激光扫描技术获得的点云数据构建三维点云模型,并结合历史建筑测绘要求,绘制多样化的图件,如平面、立面、剖面图等。然后要裁切三维点云模型,尤其要提前校正模型坐标,构建正交坐标系。工作人员需要在主立面上选择三个点构建平面;然后对三维点云模型的平面、立面、剖面等层面裁剪,为后续绘图提供依据。完成切片后,把点云成果导入到专业制图软件中,必要时需要点云数据抽稀、厚度裁切处理,保障各个面点厚度保持十厘米左右,然后才能对其加载。结合裁切后的点云影像,要结合历史建筑测绘要求绘制图件,在此过程中要详细采集窗花、文字等复

杂表面纹理信息。

5 地面激光扫描技术在历史建筑数字化保护中的应用案例

5.1 修复古庙

古庙是历史文化的重要传承,但是很多古庙建筑结构受到严重损坏,需要对其进行修复。地面激光扫描技术的应用,需要通过激光扫描仪扫描古庙,进而采集墙体、柱子、梁等详细三维模型,帮助修复人员开展修复设计、模拟实验等,保障古庙修复工作的高效进行,节约修复时间和成本。

5.2 文物保护

在文物保护工作中,利用激光扫描仪对文物建筑进行透射式扫描,这样详细了解文物建筑内部结构信息,尤其可以实现内部损伤探测,及时发现内部木结构腐朽、虫蛀等问题,为后续文物修复提供依据^[5]。

5.3 建筑重建

在文物重建过程中,要利用激光扫描设备开展大规模扫描,并优化点云数据处理,构建更加齐全的三维模型,为后续重建工作的开展提供依据。

6 结语

综上所述,地面激光扫描技术在历史建筑数字化保护中的优化应用,能够采集大量点云数据,并构建三维模型,为历史建筑保护、修复、重建等工作的开展提供数据依据。

参考文献

- [1] 聂隽怡. 浅谈如何利用现代技术手段进行历史建筑的保护与修缮——以方塔园何陋轩为例[J]. 鞋类工艺与设计, 2025, 5 (05): 127-129.
- [2] 陈楠. 数字建造技术在历史建筑保护综合改造项目的应用研究[J]. 建筑施工, 2025, 47 (01): 47-50.
- [3] 胡国军. 地面三维激光扫描技术在历史建筑测绘工作中的应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2022, 45 (12): 188-190.
- [4] 李敏珍,刘春,周源. 激光扫描历史建筑精细化重建与部件化管理[J]. 遥感信息, 2015, 30 (06): 18-23.
- [5] 谢瑞. 基于地面三维激光扫描技术的历史建筑数字化研究. 河南省,河南工程学院, 2014-01-03.