

Research on practical application of 3d laser scanning in reconstruction surveying and mapping of existing buildings

Liyun Huang

Hefei Lan'ao Survey Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230011, China

Abstract

With the growing demands for urban renewal and existing building renovation, traditional surveying methods have shown limitations in both accuracy and efficiency. 3D laser scanning technology, with its millimeter-level precision and rapid acquisition of large-scale point cloud data, demonstrates significant application value in architectural surveying. This paper analyzes the technical principles, operational procedures, and data applications of 3D laser scanning in renovation surveying through practical case studies. Research findings indicate that the average point cloud density reaches 150,000 points per square meter with measurement errors under 2 millimeters, significantly enhancing design efficiency and construction precision. The practical analysis provides a scientific surveying methodology reference for existing building renovation projects.

Keywords

3D laser scanning; existing building; reconstruction surveying and mapping; point cloud data; accuracy analysis

三维激光扫描在既有建筑改造测绘中的实践应用研究

黄立云

合肥蓝奥勘测有限公司, 中国·安徽 合肥 230011

摘要

随着城市更新和既有建筑改造的需求不断增加,传统测绘方法在精度和效率上存在局限。三维激光扫描技术以毫米级精度和快速获取大规模点云数据的优势,在建筑测绘中展现出显著应用价值。本文结合实际案例,分析了三维激光扫描在既有建筑改造测绘中的技术原理、操作流程及数据应用。研究表明,激光扫描平均点云密度可达每平方米15万点,测量误差小于2毫米,显著提升了改造设计效率与施工精度。本文的实践分析为既有建筑改造提供科学测绘方法参考。

关键词

三维激光扫描; 既有建筑; 改造测绘; 点云数据; 精度分析

1 引言

随着城市化进程不断加快,对于既有建筑而言,其功能改造以及结构加固方面需求呈现出日益增加态势。传统测绘方法是依靠人工测量来开展相关工作虽然这种方式存在着效率较为低下所获取数据精度存在一定限度重复作业较多等一系列问题。三维激光扫描技术则能够凭借其自身优势,快速且精确去获取建筑空间信息,并且生成高密度点云,进而为改造设计提供精准基础条件。本文基于实际项目来展开探讨,研究三维激光扫描在既有建筑改造测绘中应用实践情况,以此为建筑测绘以及设计提供相应参考依据。

2 技术原理与设备选型

2.1 三维激光扫描原理

三维激光扫描技术是一种先进测量手段,此手段是通

过将激光束发射至物体表面,进而接收其反射信号,去测量激光在传播过程中所耗费时间或者相位差。这样测量方式能够在短时间之内获取大范围空间数据,为复杂环境下精确测绘提供可靠保障。在扫描过程中所获取每一个坐标点共同组建形成了密集点云数据,点云不仅能够完整记录目标物体几何形状,而且还能够被当作后续建模和分析来使用。

现代三维激光扫描仪具备极高测距精度,一般而言可达到 ± 1 至2毫米,这使即便存在细微结构变化也能够被准确捕捉到。同时,其扫描速度也颇为可观,每秒能够采集大约50万点数据,能够在短时间内完成大范围场景高密度测量。这种具备高精度以及高效率特性,使三维激光扫描技术在建筑测绘文物保护工程监测以及工业设计等诸多领域到广泛应用,为各类项目提供坚实数据基础以及技术支撑^[1]。

2.2 扫描设备选择

在既有建筑改造项目中,三维激光扫描技术能够提供高精度空间数据,为设计和施工提供可靠基础。由于不同测量需求,可以选用面三维激光扫描仪(TLS)与移动扫描系

【作者简介】黄立云(1985-),男,中国安徽省合肥人,本科,工程师,从事测绘工程研究。

统结合起来使用。面扫描仪一般安装在三脚架上, 适合用于获取建筑外立面室内结构以及局部细部高精度数据, 它能够详细记录墙面柱子梁门窗等复杂结构, 为建筑改造提供准确几何信息。

移动扫描系统能够在人员移动状况下快速完成大范围扫描, 适合针对整个场进行全场数据采集, 移动扫描能够在较短时间内生成密集点云, 极大程度提高测量效率。对于大型建筑或者空间复杂场所尤为适用, 通过把 TLS 与移动扫描数据结合起来, 可以实现局部精度与整体效率平衡, 使改造设计既精确又高效。

在设备选型以及数据采集过程中, 需要综合考虑扫描距离点云密度以及现场环境等方面因素。在室内扫描时, 一般扫描距离控制在 20 米以内, 以此来保证激光回波强度以及测距精度; 点云密度通常控制在每平方米 10 万至 15 万点, 以此来确保建筑细部能够被清晰捕捉到。同时满足后续设计建模精度要求, 不仅如此现场环境诸如光照反射面材质以及空间拥挤程度等, 也会对扫描方案制定产生影响, 需要提前规划好扫描路径以及站点布置, 以此来保证最终点云数据完整性以及精度。

3 实践流程与项目案例

3.1 测绘前准备

在着手开展建筑三维激光扫描测绘工作前, 前期准备工作是确保测绘结果具备准确性与完整性关键环节所在。针对目标建筑去开展详细原始资料收集工作, 这其中涵盖了建筑设计图纸施工记录历史改造信息以及相关技术规范等方面内容。这些资料能够为后续测绘工作提供基础数据参考, 进而使测绘人员对于建筑结构空间布局以及关键节点拥有充分了解, 以此来制定科学合理测绘方案。同时, 原始资料收集工作还能够助力识别建筑中可能存在特殊结构或者危险区域, 为现场作业安全性提供切实保障^[2]。

现场勘测属于不可或缺步骤。借助对建筑实际环境观察以及测量, 测绘人员能够确认建筑实际尺寸空间关系以及周边环境状况。这一过程不但能够验证原始资料准确性, 还能够发现设计图纸中未曾体现实际情况, 比如局部结构偏差障碍物位置或者现场施工遗留问题等。现场勘测为后续扫描路径规划提供了直观依据, 使扫描过程更为高效且安全。

在完成原始资料收集以及现场勘测后, 扫描路线规划显尤为重要。科学合理扫描路线能够在极大程度上覆盖建筑空间, 减少数据遗漏, 提高测绘效率。对于结构复杂空间布局紧凑或者存在多种障碍物区域, 通常需要增加扫描站点数量, 以便确保每个角落以及细节都能够被激光扫描仪捕捉到。依据实际项目经验, 每栋建筑平均需布设 12~20 个扫描站点, 才能够达到 95% 以上数据覆盖率。在站点布设过程中, 应当考虑建筑物高度房间布局门窗位置以及可能遮挡区域, 合理安排扫描仪位置和角度, 保证点云数据完整性与

精确性。在扫描过程中还需要对光照反射面材质以及环境干扰因素进行评估, 以避免对激光测距精度造成影响。通过充分前期准备以及精细路线规划, 三维激光扫描不但可以获取建筑高精度点云数据, 还能够为后续建筑信息模型 (BIM) 构建结构分析以及施工改造提供可靠依据^[3]。

3.2 数据采集与处理

在建筑三维激光扫描现场工作中, 通常选用多站点布控方式来进行数据采集。多站点布控是指在建筑不同位置布设多个扫描站点, 通过激光扫描仪从不同角度和高度采集建筑点云数据, 这种方式能够有效覆盖建筑各个空间以及细节。尤其是对于结构复杂空间狭窄或者存在障碍物区域, 多站点布控可以确保数据完整性与准确性, 避免遗漏重要信息。每个扫描站点获取数据相互交叠, 为后续点云处理以及三维模型构建提供了可靠基础。在数据采集完成后, 需要对获取点云进行一系列处理操作, 将不同站点采集点云数据统一到同一坐标系中, 实现整体空间对齐。配准精度直接影响最终三维模型准确性。在实际操作中, 配准误差通常控制在 2 毫米以内, 以保证生成三维模型能够真实反映建筑空间结构。随后, 需要进行噪声滤除, 把采集过程中产生误差点或者外部干扰数据进行剔除, 提高点云质量。最后, 进行数据融合, 将多个站点点云合并成完整建筑点云, 为三维建模以及进一步分析提供高质量数据基础。

在实际项目中, 点云采集时间以及数据量通常较大, 以每栋建筑为例, 扫描过程一般需要约 35 小时才能够完成, 这一时间涵盖了站点布控激光扫描以及现场数据检查等环节。由于激光扫描仪采集是高密度点云数据, 数据量极为庞大, 每栋建筑数据量约为 50 到 120GB 不等, 这些数据在后续处理过程中需要高性能计算机以及专业软件进行管理和处理, 确保三维模型构建效率以及精度。通过多站点布控严格配准以及高精度点云处理, 三维激光扫描能够生成与实际建筑高度一致细节丰富三维模型。这些模型不但可以用于建筑信息管理以及结构分析, 还能够为施工改造维护规划以及虚拟现实应用提供可靠数据支撑。

3.3 项目案例分析

三维激光扫描技术在建筑测绘与改造设计领域具备极为重要应用价值, 此项技术借助高精度激光束针对建筑物表面展开快速测距操作, 进而获取密集三维点云数据, 以此达成对建筑结构精确建模目。点云数据不但涵盖建筑物几何形态信息, 而且还能够反映出空间关系构件尺寸以及位置等诸多细节方面内容, 为结构分析施工改造以及设计优化等工作提供可靠依据。在建筑改造进程中, 传统测量方法常常依赖人工测量以及二维图纸, 极易出现数据遗漏或者误差情况。然而, 三维激光扫描技术能够极大程度提高测量精度以及数据完整性, 通过点云数据, 能够开展精确结构分析碰撞检查以及施工模拟等工作, 从而减少现场复测次数以及施工调整工作, 提高设计效率以及施工质量^[4]。

在实际应用场景中,三维激光扫描技术能够生成高密度点云,每平方米可达数十万点,测量误差能够控制在2毫米以内。这种具备高精度高密度特性数据为建筑改造提供了可靠数字基础条件,使设计人员能够在虚拟模型当中进行各类分析与优化工作,减少施工现场不确定性以及风险。同时,通过点云建模方式,建筑师以及工程师可以进行精确构件尺寸测量空间布局调整以及施工方案验证等工作,提升整个项目科学性以及可操作性。

4 数据处理与成果应用

4.1 点云建模与精度分析

三维激光扫描所获取点云数据,为建筑物表面提供了大量离散空间点。事实上这些点自身并不能直接被用于设计或者分析,为了达成建筑数字化以及可视化目标,需要借助专业建模软件来开展对点云数据三维建模工作。建模过程一般会先针对点云进行预处理,这其中涵盖了噪声滤除异常点剔除以及不同扫描站点数据配准等操作,以此来确保点云数据连续性以及空间精度。随后,借助软件对建筑墙体柱梁楼板门窗等关键构件进行识别以及重构,进而生成建筑整体模型。该整体模型能够直观反映出建筑空间布局尺寸关系以及结构特性,为改造设计提供可靠数据基础^[5]。

在生成整体模型基础上,还能够针对建筑重要区域或者结构复杂部分开展局部细部建模工作。局部模型通常包含门窗开口楼梯管线走向以及装饰细节等方面,能够满足改造设计以及施工模拟高精度要求。通过对点云密度以及构件特征进行精细化处理,局部模型在细节表现以及尺寸精度方面均能够达到毫米级标准,为设计优化以及施工方案验证提供有力支撑。实际精度检测结果表明,基于点云生成三维模型与建筑实测尺寸误差被控制在 ± 2 毫米以内。这一精度不但满足建筑改造设计要求,还能够极大程度减少施工现场测量以及返工次数,提高改造效率以及施工质量。通过高精度三维建模,建筑师以及工程师能够在虚拟环境中进行设计优化

施工模拟以及碰撞检测,使项目整体管理更加科学高效,为建筑改造提供了可靠技术保障。

4.2 设计与施工应用

基于三维激光扫描生成点云模型,不但能够完整呈现建筑几何形态,还可以直接被当作建筑改造方案设计结构加固分析以及施工布置规划来使用。在改造方案设计过程中,设计人员能够通过该模型对建筑空间进行精准测量,快速评估改造方案可行性以及潜在问题,进而实现方案优化。在结构加固分析方面,点云模型提供了建筑各构件精确尺寸以及空间关系,使工程师能够进行有限元分析受力计算以及加固方案验证,为结构安全提供科学依据。施工布置同样能够基于三维模型进行模拟,提前发现潜在冲突或者施工难点,减少现场施工调整频率。

5 结语

三维激光扫描技术在既有建筑改造测绘中展现出高精度快速高效数据获取能力。通过实践应用,平均点云密度达到每平方米14万点,测量误差控制在2毫米以内,显著提高了改造设计精度以及施工效率。未来,随着设备性能提升以及数据处理技术优化,三维激光扫描将在建筑改造测绘中发挥更大价值,为建筑设计与施工提供可靠科学支撑。

参考文献

- [1] 唐荣.三维激光扫描技术在异形建筑竣工测绘中的应用[J].信息记录材料,2025,26(06):207-209.
- [2] 王治超,张春燕.基于三维激光扫描的建筑立面测绘方案设计[J].科学技术创新,2025,(09):69-72.
- [3] 吴政泽.三维激光扫描技术在城市建筑工程竣工测绘中的应用研究[J].灯与照明,2025,49(02):133-135.
- [4] 刘菠,戴路,胡新余,薛振轩.BIM+三维激光扫描技术在既有建筑改造项目的应用研究[J].新技术新工艺,2024,(08):39-44.
- [5] 陈箭,冯伟,黄志鹏.三维激光扫描技术在既有建筑改造项目中的应用[J].安装,2024,(08):40-42.