

三维激光扫描技术在竣工测量中的应用

程 威 史云硕 李玉峥 武国强 李玉广
航天规划设计集团有限公司 北京 102600

摘要：三维激光扫描技术依托激光测距原理，能快速获取目标三维空间信息。在竣工测量中，其核心构成涵盖多个模块，具备非接触、高效、高精度等特性。该技术贯穿竣工测量前期准备、现场扫描、数据处理及成果输出全流程，关键环节包括扫描参数设置、数据精度控制与复杂场景处理。通过合理应用此技术，可精准获取工程空间位置、几何尺寸与形态特征等核心要素，为工程竣工验收、权属登记及后续运维管理提供全面、系统的空间数据支撑，有力推动竣工测量工作的高质量开展。

关键词：三维激光扫描技术；竣工测量；数据精度；复杂场景；应用流程

引言：竣工测量是工程建设关键环节，关乎工程质量、权属及运维管理。传统方法在面对复杂结构、大规模对象时，存在效率低、精度受限等问题。三维激光扫描技术凭借快速精准获取三维空间信息、无需接触目标等优势，为竣工测量带来新方案。深入探讨其在竣工测量中的应用，对提升测量水平、推动工程建设领域发展意义重大。

1 三维激光扫描技术基础

1.1 技术工作原理

三维激光扫描技术依托激光测距原理，通过向测量目标发射激光脉冲，记录激光脉冲从发射到反射回接收装置的时间差，结合激光发射角度，计算出测量点与扫描设备之间的距离。扫描设备通过连续旋转发射激光脉冲，实现对目标区域的全方位扫描，捕捉目标表面大量离散的三维坐标点，形成点云数据^[1]。整个工作过程无需与目标直接接触，可快速获取目标的三维空间信息，通过对采集的点云数据进行后续处理，还原目标的真实三维形态，为竣工测量提供精准的空间数据支撑。其工作流程涵盖激光发射、信号接收、数据计算、点云生成等关键环节，各环节协同运作，确保扫描数据的准确性与完整性。

1.2 技术核心构成

三维激光扫描技术的核心构成涵盖激光发射模块、信号接收模块、数据处理模块与定位定向模块。激光发射模块负责产生高稳定性的激光脉冲，控制激光发射频率与强度，确保激光脉冲能够精准到达测量目标并反射返回。信号接收模块用于捕捉反射回来的激光脉冲，将光信号转换为电信号，传输至数据处理模块进行分析计算。数据处理模块承担着距离计算、坐标转换、点云生成等功能，对接收的电信号进行解析，转化为可用于后续处

理的三维坐标数据。定位定向模块用于确定扫描设备的空间位置与姿态，确保扫描点云数据能够在统一的空间基准下整合，保障不同位置扫描数据的兼容性，为竣工测量中的数据拼接与整合奠定基础。

1.3 技术应用特性

三维激光扫描技术具备非接触性特性，可在不接触测量目标的情况下完成数据采集，有效避免对竣工建筑、设施造成损坏，尤其适用于精密结构、大型构件的竣工测量。该技术拥有高效性，扫描速度快，能够在短时间内获取大量目标点云数据，大幅提升竣工测量的工作效率，减少人工测量的工作量。高精度是其核心应用特性之一，通过优化激光测距与角度测量技术，可实现毫米级的测量精度，满足竣工测量对数据精度的严格要求。此外，该技术还具备全域性，可实现对复杂地形、不规则结构的全方位扫描，无测量盲区，能够完整捕捉竣工工程的整体形态与细节特征，为竣工测量成果的完整性提供保障，适配各类复杂工程的竣工测量需求。

2 竣工测量核心内容

2.1 测量对象范围

竣工测量的对象范围以已完成施工的工程主体为核心，全面延伸至各类配套设施，实现工程相关实体结构的全覆盖。主体建筑是测量核心对象，从地下基础结构到地上屋面工程，涵盖所有建筑构件，既包括建筑外部轮廓的整体形态，也涵盖内部房间布局、墙体分布、梁柱位置等细节结构^[2]。各类配套设施均需纳入测量范畴，包括室外给排水管网、供电通信管线、道路铺装、绿化区域、围墙围栏以及各类附属构筑物，确保配套工程与主体工程同步纳入测量范围。工程周边受建设影响的地形地貌同样需完整测量，对工程建设边界内及周边一定范围内的地形、地物进行精准捕捉，明确工程与周边自

然环境、既有建筑的空间关联，为工程竣工验收、权属登记及后续运维管理提供全面、系统的空间数据支撑，确保测量对象无遗漏、无偏差，全面反映工程建设的完整成果。

2.2 测量核心要素

竣工测量的核心要素聚焦工程空间位置、几何尺寸与形态特征三大核心维度，精准捕捉工程施工完成后的实际状态。空间位置测量核心是确定工程各构件、各设施的三维坐标，通过统一的空间基准，明确各部位在空间中的具体位置，厘清主体与配套、各构件之间的空间相对关系，确保各部分位置数据的统一性与准确性。几何尺寸测量覆盖工程各部位关键参数，包括构件长度、宽度、高度、厚度，以及构件间距、净空尺寸等，精准捕捉工程实际建设尺寸，客观反映施工完成情况与设计要求的契合度。形态特征测量重点针对工程轮廓形态、结构布局及表面平整度等细节，尤其是不规则结构、复杂异形构件的形态细节，通过精准测量完整呈现，确保测量要素全面、细致，真实还原工程的实际建设形态，为后续竣工验收与质量评估提供核心数据支撑。

2.3 测量基本要求

竣工测量需严格遵循精准性要求，测量数据必须符合相关行业技术标准，将数据误差严格控制在允许范围之内，确保数据能够真实、客观反映工程实际建设情况，为工程竣工验收提供可靠、精准的依据。规范性要求贯穿测量全流程，从测量设备的选用、校准，到测量流程的实施、数据的记录与整理，再到测量成果的输出与归档，均需遵循统一的技术规范与操作标准，确保测量过程可追溯、测量成果可复用、可核查。完整性要求测量工作全面覆盖全部测量对象与核心要素，不遗漏任何关键部位、重要参数及细节特征，确保测量成果能够全面、完整呈现工程全貌，满足竣工验收与后续管理的各项需求。测量工作需具备及时性，工程竣工后需尽快开展测量作业，避免工程周边环境变化、建筑构件变形、外界干扰等因素影响测量数据的准确性，保障测量成果的时效性与实用性，为工程后续各项工作有序开展提供支撑。

3 三维激光扫描技术在竣工测量中的应用流程

3.1 前期准备工作

前期准备工作是三维激光扫描技术应用于竣工测量的首要环节，直接决定后续测量工作的精度、效率与整体质量。需先全面梳理竣工测量的具体要求与覆盖范围，结合工程规模、结构类型、复杂程度，制定科学可行的扫描实施方案，明确扫描区域的边界范围、重点测量部位以及需达到的精度标准，合理规划扫描点位的分布密

度与扫描分辨率参数^[3]。对三维激光扫描设备进行全面检查与精准校准，调试激光发射强度、测量频率、扫描角度等核心参数，确保设备运行稳定、性能达标，从源头保障采集数据的准确性。同步开展现场勘察工作，清理扫描区域内的遮挡杂物与无关障碍物，排查温度、湿度、光线等可能影响扫描效果的环境干扰因素，规划最优扫描路线，搭建统一的空间基准框架，为现场扫描操作与后续数据处理筑牢基础，保障整个应用流程有序、高效推进。

3.2 现场扫描操作

现场扫描操作需严格遵循前期制定的实施方案，将扫描设备平稳安置在预设点位，精准调整设备姿态、高度与角度，确保扫描范围能够完整覆盖所有测量对象，无遗漏、无盲区。启动设备后，设备将自动发射激光脉冲，对目标区域进行全方位、无死角的连续扫描，持续捕捉测量对象表面的三维坐标信息，同步生成海量离散的点云数据。扫描过程中需全程密切关注设备运行状态，实时监测扫描进度与数据质量，根据现场环境的动态变化灵活调整设备参数，避免外界干扰导致数据失真。每个点位扫描完成后，对采集的点云数据进行初步核查，确认数据无缺失、无明显异常、无严重噪声后，再平稳移动设备至下一个预设点位，逐步完成全部区域的扫描工作，确保点云数据的完整性、连续性与清晰度。

3.3 数据处理环节

数据处理环节是衔接现场扫描与成果输出的核心节点，需对采集的原始点云数据进行系统性梳理、优化与完善。首先开展数据预处理工作，采用专业处理软件剔除点云数据中的噪声点、冗余点与异常点，对缺失的局部数据进行合理补充与修复，优化点云整体质量，减少环境干扰、设备误差对数据精度的影响。随后进行点云拼接操作，将不同扫描点位采集的点云数据精准整合到统一的空间基准下，消除不同点位之间的坐标偏差，形成完整、连贯的工程三维点云模型。在此基础上，通过滤波、平滑、去噪等精细化处理手段，细化点云细节，提取工程关键结构特征与几何信息，还原工程的真实三维形态，为后续成果整理输出提供高质量、高可靠性的数据支撑，确保处理后的数据完全符合竣工测量的精度标准。

3.4 成果整理输出

成果整理输出需紧密结合竣工测量的核心需求，对处理后的点云数据与三维模型进行进一步优化、梳理与规范。精准提取工程相关的几何参数、空间位置信息与结构特征，按照行业相关技术规范生成标准化的测量成果，涵盖三维模型、点云数据报告、尺寸统计表、成果

说明等多种形式。对生成的成果数据进行全面核查,确认数据精度、内容完整性、格式规范性均符合竣工测量相关标准,排查并修正可能存在的细微偏差。梳理成果内容,按照规范流程完成整理归档,确保成果资料的系统性与可追溯性^[4]。最终输出的成果需清晰、准确、直观,能够全面、真实反映工程竣工后的实际状态,为工程竣工验收、权属登记、后续运维管理及后续改造升级提供可靠的技术资料,实现整个竣工测量流程的闭环管理。

4 三维激光扫描技术应用中的关键环节

4.1 扫描参数设置

扫描参数设置是三维激光扫描技术应用的基础,直接影响扫描数据的精度与效率,需结合竣工测量的实际需求合理调整。需根据测量对象的大小、结构复杂度以及所需精度,确定激光发射频率、扫描分辨率与扫描距离。激光发射频率需匹配测量范围,避免因频率过高导致数据冗余,或频率过低造成细节缺失。扫描分辨率需结合测量精度要求设定,精度要求越高,分辨率需越高,确保能够捕捉工程细微结构。扫描距离需根据测量对象的尺寸与位置合理规划,既要保证扫描范围完整覆盖,又要避免距离过远导致数据模糊,同时兼顾设备的有效扫描范围,确保扫描数据的清晰度与完整性,为后续数据处理与成果输出奠定基础。参数设置需贴合工程实际,避免盲目调整,确保每一项参数都与测量需求精准匹配。

4.2 数据精度控制

数据精度控制贯穿三维激光扫描竣工测量的全流程,是保障测量成果符合应用要求的核心环节,需通过多环节协同调控实现精度优化。扫描前需对扫描设备进行严格标定,基于沙姆定律与激光三角法原理校准设备参数,消除设备自身误差对测量精度的影响。扫描过程中需控制环境干扰因素,减少强光、振动等外部环境对激光信号传输的干扰,避免噪声点产生。数据采集阶段可采用交叠式扫描策略,合理设置交叠率以提升数据拼接精度,减少拼接过程中产生的累积误差。数据处理阶段需运用基于深度学习的点云分割算法,过滤扫描过程中产生的噪声点,优化点云数据质量。通过权值优化迭代最近点算法,提升点云配准精度,确保不同视角采集的数据能够精准融合,保障最终测量数据的精度满足竣工测量的

实际需求。

4.3 复杂场景处理

竣工测量场景中常存在各类复杂环境,复杂场景处理能力直接决定三维激光扫描技术的应用适用性,需结合场景特点采用针对性处理方式。针对遮挡场景,需优化扫描站位布局,通过多站位扫描弥补遮挡区域的数据缺失,利用多视角数据融合实现遮挡区域的完整数据采集。针对高反光、深色表面等特殊材质场景,需调整扫描参数,优化激光投射角度与强度,减少材质特性对激光反射信号的影响,避免数据采集不完整^[5]。针对大型构件或大范围区域等复杂场景,可采用多设备协同扫描模式,结合智能路径规划技术,实现扫描区域的全面覆盖,提升扫描效率。同时运用轻量化数据处理技术,在保证数据精度的前提下简化数据量,提升复杂场景下数据处理的效率,确保扫描技术能够适配各类竣工测量复杂场景,实现精准测量。

结束语

三维激光扫描技术在竣工测量中展现出显著优势,其高效、精准、全域性的特性,有效克服了传统测量方法的局限。通过合理设置扫描参数、严格把控数据精度以及妥善处理复杂场景,该技术能够全面、准确地获取竣工工程的空间位置、几何尺寸与形态特征等核心要素。这不仅为工程竣工验收提供了可靠依据,也为权属登记和后续运维管理奠定了坚实基础。随着技术的不断发展,三维激光扫描技术有望在竣工测量领域发挥更大作用,持续助力工程建设的高质量发展。

参考文献

- [1]伏京海,朱迎新.三维激光扫描技术在建筑工程竣工测量中应用[J].工程机械与维修,2026(1):35-37.
- [2]夏荣萍.建筑竣工测量中三维激光扫描技术的应用研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(3):28-30.
- [3]马新建.三维激光扫描技术在复杂地形中异形建筑竣工测量的应用[J].北京测绘,2024,38(4):555-559.
- [4]路元.三维激光扫描技术在盾构隧道竣工测量中的应用[J].广东水利水电,2025(8):109-114.
- [5]李旭.三维激光扫描技术在地铁隧道竣工测量中的应用[J].测绘通报,2022(6):166-169.