

# Advantages and Application Methods of Lidar Surveying and Mapping Technology in Construction Engineering Surveying and Mapping

Jiangning Jia

Huizhou Road and Bridge Survey and Design Institute, Huizhou, Guangdong, 516000, China

## Abstract

Construction surveying serves as the cornerstone of engineering projects, where precision and efficiency directly determine both construction quality and management standards. Conventional surveying technologies (e.g., total stations, GPS) increasingly face limitations in complex terrains, irregular structures, and large-scale projects, including restricted line-of-sight, low operational efficiency, and single-dimensional data acquisition. As an innovative spatial data acquisition method, LiDAR technology generates high-density, high-precision 3D point cloud data through active laser pulse emission and echo reception, enabling non-contact digitalization of architectural spaces. This paper systematically analyzes LiDAR's working principles, compares its performance with traditional technologies, establishes standardized operational workflows, and clarifies technical application methods for complex terrains, irregular structures, and construction monitoring. It further explores implementation challenges and optimization pathways, aiming to provide theoretical support and practical references for the digital transformation of construction surveying.

## Keywords

construction engineering surveying; LiDAR; 3D point cloud; technical advantages

## 建筑工程测绘中激光雷达测绘技术的优势与运用方法

贾江宁

惠州市道路桥梁勘察设计院, 中国·广东 惠州 516000

## 摘要

建筑工程测绘是工程建设的基础, 其精度与效率直接决定工程质量与管理水平。传统测绘技术(全站仪、GPS等)在复杂地形、异形结构及大型工程中, 受通视限制、作业效率低及数据维度单一等瓶颈日益凸显。激光雷达(LiDAR)技术作为新型空间数据获取手段, 通过主动发射激光脉冲并接收回波, 可快速、高密度、高精度生成三维点云数据, 实现建筑空间的非接触式全要素数字化采集。本文系统剖析其工作原理, 对比传统技术性能差异, 重点构建标准化作业流程, 明确在复杂地形、异形建筑及施工监测等场景的技术运用方法, 并探讨应用挑战与优化路径, 以期为建筑工程测绘领域的数字化转型提供理论支撑与实践参考。

## 关键词

建筑工程测绘; 激光雷达(LiDAR); 三维点云; 技术优势

## 1 引言

### 1.1 研究背景

随着中国建筑行业向“高质量、智能化、绿色化”转型, 超高层、异形建筑、地下空间综合体、历史建筑保护修缮等新型工程不断涌现, 对工程测绘的精度、效率及数据维度提出了更高要求。传统测绘技术多采用接触式逐点测量, 不仅作业周期长、人力成本高, 且难以完整获取复杂结构的空间细节信息, 无法满足现代工程 BIM 建模、施工监测、运维管理等全流程应用需求。激光雷达技术凭借其主动成像、全

天候作业、数据密度高、三维建模能力强等优势, 成为突破传统测绘技术瓶颈的关键方案。目前, 该技术已广泛应用于建筑规划设计、施工测量、竣工测绘、结构健康监测等环节, 成为建筑工程数字化建设的核心支撑技术。

### 1.2 研究意义

本文通过系统梳理激光雷达测绘技术的原理、优势与运用方法, 一方面明确其在建筑工程测绘中的适用场景与技术边界, 为工程技术人员提供标准化作业指导; 另一方面通过对比传统测绘技术, 凸显激光雷达技术的应用价值, 推动建筑工程测绘从“二维量测”向“三维数字化建模”转型, 助力建筑行业全生命周期管理的智能化升级, 对提升工程测绘质量、降低作业成本、保障工程安全具有重要的现实意义。

【作者简介】贾江宁(1997-), 男, 苗族, 中国广西柳州人, 本科, 助理工程师, 从事测绘工程测量研究。

### 1.3 国内外研究现状

国外对激光雷达技术的研究起步较早，20世纪90年代已实现机载激光雷达在地形测绘中的应用，近年来聚焦于多源激光点云融合、AI点云语义分割、无人机载激光雷达（UAV-LiDAR）自主导航等领域，技术成熟度较高。国内研究虽起步较晚，但发展迅速，目前已形成涵盖地面激光扫描（TLS）、机载激光扫描（ALS）、移动激光扫描（MLS）的全系列技术体系，在超高层施工监测、历史建筑三维建档、地下工程测绘等场景中形成了一批典型应用案例。现有研究多聚焦于单一技术应用或特定场景优化，缺乏对激光雷达技术在建筑工程测绘全流程的系统梳理，且针对技术运用的标准化流程、精度控制方法及与传统技术的适配性研究有待进一步深化。本文基于现有研究成果，结合工程实践需求，构建全面的技术应用体系<sup>[1]</sup>。

## 2 激光雷达测绘技术核心原理

激光雷达（Light Detection And Ranging, LiDAR）是一种主动式光学遥感技术，核心原理为“激光发射—信号反射—数据接收—三维解算”，通过激光脉冲的飞行时间（ToF）、相位差或三角测距原理，获取目标物体的三维空间坐标（X、Y、Z），最终生成高密度点云数据。

### 2.1 技术基本构成

激光雷达系统主要由激光发射模块、激光接收模块、数据处理模块、定位定向模块（GNSS/IMU）四部分组成：

1. 激光发射模块：负责发射高频率、窄脉宽的激光脉冲，通过扫描机构（机械旋转、固态扫描）实现对目标区域的全覆盖扫描；
2. 激光接收模块：接收目标物体反射的激光回波信号，通过光电转换将光信号转化为电信号，同时记录回波强度、多回波信息（穿透植被、遮挡物时的多次反射信号）；
3. 定位定向模块：通过GNSS提供高精度位置信息，IMU提供姿态信息（航向、俯仰、横滚），实现点云数据的空间配准；
4. 数据处理模块：对原始点云数据进行去噪、配准、滤波、分割等处理，生成三维模型、正射影像、数字高程模型等成果<sup>[2]</sup>。

### 2.2 核心技术类型

根据搭载平台与应用场景的不同，建筑工程测绘中常用的激光雷达技术主要分为三类：

1. 地面激光雷达（TLS）：固定安装于地面站点，测量精度最高（平面精度 $\pm 1\sim 3\text{mm}$ ，高程精度 $\pm 2\sim 5\text{mm}$ ），适用于建筑外立面、室内空间、异形结构的精细测绘，是历史建筑保护、竣工测绘的核心技术；
2. 机载激光雷达（ALS）：搭载于无人机或飞机平台，作业范围广，适用于大型建筑群、地形复杂区域的整体测绘，可快速生成数字高程模型（DEM）和数字表面模型（DSM）；
3. 移动激光雷达（MLS）：搭载于车载、背包式或手持设备，适用于道路、隧道、地下管廊等线性工程及狭窄空

间的快速测绘，作业效率是传统测量的5~10倍。

### 2.3 点云数据核心特性

激光雷达测绘的核心成果为三维点云，其核心特性决定了技术应用价值：

- 高密度：点云密度可达每平方厘米数十个点，可完整还原建筑结构的细节特征（如门窗尺寸、墙体裂缝、装饰纹理）；
- 高精度：测量误差可控制在毫米级，满足建筑工程1:500~1:1000大比例尺测绘要求；
- 多维度：除三维坐标外，还包含回波强度、颜色信息（融合影像），可实现结构属性的初步识别；
- 非接触式：无需接触目标物体，避免对建筑结构或施工场地造成干扰，适用于危险、不便靠近的场景。

## 3 建筑工程测绘中激光雷达技术的核心优势

相较于传统测绘技术（全站仪、水准仪、GPS等），激光雷达技术在建筑工程测绘中展现出精度高、效率高、适应性强、数据维度全、成本可控五大核心优势，具体如下：

### 3.1 测量精度高，数据可靠性强

激光雷达技术采用主动测距原理，不受外界环境（光照、天气、通视条件）干扰，测量精度稳定可控。在建筑工程测绘中，其平面精度可达 $\pm (1\sim 3\text{mm})$ ，高程精度可达 $\pm (2\sim 5\text{mm})$ ，部分高精度设备可实现亚毫米级测量，完全满足超高层施工监测、异形结构安装、竣工测绘等高精度场景需求<sup>[3]</sup>。

同时，激光雷达可通过多回波技术穿透植被、薄遮挡物，获取真实的地面及建筑结构数据，避免传统测量中因遮挡导致的误差累积。例如，在茂密植被覆盖的建筑场地测绘中，传统技术需人工清除遮挡物，而激光雷达可直接获取有效点云数据，保障测量精度的同时降低作业成本。

### 3.2 作业效率高，大幅缩短测绘周期

传统测绘技术需逐点测量，单个站点仅能获取有限的坐标点，且需多人协作完成大面积测绘，作业周期长。激光雷达技术可实现“一站扫描、全域覆盖”，单台设备每分钟可采集数十万至数百万个点云数据，单日可完成数十万平方米的建筑场地测绘，作业效率是传统技术的5~20倍。以某50公里高速公路改扩建项目为例，采用移动激光测量系统仅用3天即完成全路段测绘，而传统技术需30天以上；某高层办公楼室内测绘，采用SLAM手持激光雷达仅需1小时即可完成，而传统人工测量需3~5天。高效的作业能力可有效缩短工程前期测绘周期，为后续设计、施工环节预留更多时间，保障工程整体进度。

### 3.3 环境适应性强，突破场景限制

传统测绘技术对作业环境要求严苛，需满足通视条件，且受暴雨、大雾、强光等天气影响较大，在复杂地形（山区、峡谷）、狭窄空间（楼梯间、地下室、设备机房）、危险场景（高空、边坡）中作业难度大、风险高。激光雷达技术具有无需通视、全天候作业、非接触测量三大特点，可突破环

境限制:

1. 无需通视: 通过激光脉冲的主动发射与接收, 无需在测量点与目标点之间建立通视关系, 适用于建筑密集区、地下空间等通视条件差的场景;
2. 全天候作业: 不受光照、天气影响, 可在夜间、雨天、雾天等恶劣环境下稳定工作, 保障测绘工作的连续性;
3. 非接触测量: 无需靠近目标物体, 可在高空、边坡、危险建筑等场景中安全作业, 降低测量人员安全风险。

### 3.4 数据维度全, 支撑全流程应用

传统测绘技术以二维坐标数据为主, 数据维度单一, 难以满足现代建筑工程 BIM 建模、运维管理等需求。激光雷达技术可生成多维度、多类型成果, 包括三维点云模型、正射影像 (DOM)、数字高程模型 (DEM)、数字线划图 (DLG)、BIM 模型等, 实现从“数据采集”到“模型应用”的全链条覆盖。

这些成果可直接应用于工程全生命周期:

1. 设计阶段: 为建筑方案比选、土方量计算、结构优化提供精准的三维地形与建筑数据支撑;
2. 施工阶段: 用于施工放样、进度监测、质量控制, 通过对比点云模型与设计模型, 及时发现施工偏差;
3. 竣工阶段: 生成精准的竣工图与 BIM 模型, 为工程验收、设施管理、后续改造提供基础数据;
4. 运维阶段: 用于建筑结构健康监测、裂缝检测、设备检修, 实现建筑全生命周期的智能化管理。

## 4 激光雷达技术在建筑工程测绘中的运用方法

为保障激光雷达技术在建筑工程测绘中的应用效果, 需遵循“前期规划—数据采集—数据处理—成果应用—质量控制标准化流程, 结合不同工程场景制定差异化技术方案, 具体如下:

### 4.1 前期规划: 精准制定作业方案

前期规划是技术应用的基础, 核心任务是明确工程需求、选择适配设备、制定详细作业计划, 具体步骤如下:

1. 需求分析: 明确测绘范围、精度要求、数据成果类型 (点云、BIM 模型、正射影像等)、作业时间节点, 结合工程类型 (新建、改造、运维) 确定核心应用场景;
2. 设备选型: 根据工程场景与需求选择适配的激光雷达设备:
  - 建筑外立面、室内精细测绘: 选用地面激光雷达 (如 FARO Focus Premium、Leica ScanStation P50), 优先选择精度高、点云密度大的设备;
  - 大型建筑群、地形复杂区域: 选用机载激光雷达 (无人机载为主), 优先选择续航长、扫描范围广的设备;
  - 线性工程、狭窄空间: 选用移动激光雷达 (背包式、手持型, 如 SLAM 技术设备), 优先选择轻便、自主导航能力强的设备;
3. 现场勘查: 对测绘区域进行实地勘查, 明确地形地貌、

建筑布局、遮挡物分布、通视条件、电源供应等情况, 规划扫描站点与作业路线, 避开危险区域与干扰源;

4. 方案制定: 结合需求分析与现场勘查结果, 制定详细作业方案, 明确扫描参数 (扫描距离、分辨率、重叠度)、控制点布设方案、数据处理流程、质量控制标准<sup>[4]</sup>。

### 4.2 数据采集: 规范开展外业作业

数据采集是获取精准点云数据的核心环节, 需严格遵循设备操作规范, 控制采集参数, 保障数据质量, 具体步骤如下:

1. 控制点布设: 在测绘区域布设高精度控制点, 每平方公里不少于 4 个, 控制点需选择视野开阔、稳定易识别的位置, 采用全站仪或 GPS 进行测量, 获取控制点的三维坐标, 作为点云配准的基准;
2. 参数设置: 根据工程需求设置扫描参数:
  - 扫描重叠度: 多站扫描时, 相邻站点的扫描重叠度不低于 30%, 复杂结构区域加密至 50% 以上, 保障点云配准精度;
  - 扫描分辨率: 根据精度要求调整, 精细测绘场景 (如历史建筑、异形结构) 设置为高分辨率 (0.05~0.1mm), 大面积测绘场景设置为低分辨率 (0.5~1mm), 平衡数据精度与数据量;
  - 扫描时间: 避开强风、暴雨、大雾等恶劣天气, 夜间作业时做好照明准备, 保障设备稳定运行;
3. 外业扫描: 按照作业方案开展扫描, 地面激光雷达需逐站布设, 确保覆盖全部测绘区域; 机载/移动激光雷达需按照规划路线飞行/移动, 确保无遗漏扫描;
4. 数据备份: 扫描过程中实时备份原始数据, 采用双重备份 (本地硬盘 + 云端存储) 避免数据丢失, 同时记录扫描参数、现场情况, 为后续数据处理提供依据。

## 5 结语

综上所述, 激光雷达测绘技术凭借高精度、高效率、强适应性及数字化数据输出等核心优势, 已成为破解传统建筑工程测绘技术瓶颈、推动行业数字化转型的关键技术支撑。其在复杂地形测绘、异形建筑建模、施工动态监测、历史建筑保护及竣工数字化交付等场景中的广泛应用, 不仅显著提升了测绘作业效率与数据精度, 更实现了从二维平面测绘向三维空间数字化建模的跨越, 为建筑工程全生命周期的规划、设计、施工、运维管理提供了精准的数据底座。

### 参考文献

- [1] 张正禄. 工程测量学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2019.
- [2] 杨必胜, 梁福逊, 黄荣刚. 三维激光扫描测量技术及其在测绘中的应用[J]. 测绘学报, 2017,46(10):1289-1300.
- [3] 王晏民, 王国利. 地面激光雷达技术在建筑工程中的应用与展望[J]. 建筑科学, 2020,36(05):132-138.
- [4] 刘经南, 赵建虎. 激光雷达测绘技术与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2021.