

# The Application of 3D Laser Scanning Technology in Real-Scene Mapping of Bridge Engineering

Juexiao Zhang

Guangzhou Southern Surveying and Mapping Technology Co., Ltd., Guangzhou Branch Guangdong, Guangzhou, 510000, China

## Abstract

Surveying is the fundamental work in bridge construction. The traditional surveying methods have problems such as low accuracy and low efficiency, which are no longer sufficient to meet the requirements of bridge construction. The 3D laser scanning technology, with its high precision, high efficiency, and non-contact characteristics, has brought revolutionary changes to the surveying work of bridge engineering. Based on this, this article analyzes the application value of 3D laser scanning technology from four aspects: improving the accuracy of real-scene surveying, reducing costs and increasing efficiency in surveying operations, strengthening operation and maintenance safety management, and promoting digital transformation. It also constructs the application process of 3D laser scanning technology around the pre-preparation, data collection and preprocessing, result processing and output, and proposes optimization strategies.

## Keywords

3D laser scanning technology; Bridge engineering; Real-scene mapping

## 三维激光扫描技术在桥梁工程实景测绘中的运用

张觉晓

广州南方测绘科技股份有限公司广州分公司, 中国·广东 广州 510000

## 摘要

测绘是桥梁工程建设的基础工作, 传统的测绘方式存在精度差、效率低等问题, 已难以满足桥梁工程建设的需求。三维激光扫描技术以其高精度、高效率和非接触式的特点, 为桥梁工程的测绘工作带来了革命性的变化。文章基于此, 从提高实景测绘的精准性、实现测绘作业的降本增效、强化运维安全管理、推动数字化转型四个方面, 剖析了三维激光扫描技术的运用价值, 围绕前期准备、数据采集与预处理、成果处理与输出, 构建了三维激光扫描技术的运用流程, 并提出了优化策略。

## 关键词

三维激光扫描技术; 桥梁工程; 实景测绘

## 1 引言

随着社会经济的不断发展, 我国城市化、现代化进程加速。桥梁作为交通网络的重要组成部分, 结构跨度越来越大, 对施工的精度以及主体刚接的偏差要求越来越严格<sup>[1]</sup>。三维激光扫描技术是一种结合全站仪测量和摄影测量的新技术, 具有非接触性、快速性、扫描范围广、穿透性和全自动化等特点, 在桥梁工程实景测绘中有着广阔的应用空间。

【作者简介】张觉晓(1988—), 男, 本科, 助理工程师, 从事测绘设备技术服务、基础测绘、大地测量、地形测绘、海洋测绘研究。

## 2 三维激光扫描技术在桥梁工程实景测绘中的运用价值

### 2.1 提高实景测绘的精准性

三维激光扫描技术的核心运用价值的是实现桥梁实景测绘精准化升级, 破解传统测绘精度不足的痛点, 为桥梁工程各环节提供高精度数据保障。桥梁结构多为复杂曲面、高空悬挑设计, 传统测绘依赖人工操作, 易受视角、环境、操作水平影响, 存在误差大、数据遗漏、细节捕捉不全等问题, 尤其大跨度桥梁关键部位, 难以精准获取空间坐标和尺寸参数, 影响施工精度与安全评估。该技术通过激光脉冲快速扫描, 可捕捉桥梁主体及附属设施全部细节, 获取高密度毫米级精度三维点云数据, 远超传统厘米级精度, 精准还原桥梁实景形态。新建桥梁中, 数据为施工放线、构件安装提供依据, 避免返工浪费。既有桥梁检测中, 可清晰呈现病害细节, 为安全评估和加固设计提供支撑, 同时实现数据数字

化存储、可视化呈现,提升决策科学性。

## 2.2 实现测绘作业的降本增效

高效化作业是三维激光扫描技术的重要运用价值,可大幅提升测绘效率、缩短作业周期,降低时间与人力成本。传统桥梁实景测绘采用逐点测量、人工记录、逐步拼接模式,流程繁琐、耗时久,中等规模桥梁测绘需数天甚至数周,且人力投入大,复杂环境下效率更低。三维激光扫描技术采用非接触式批量测量,无需人工近距离接触构件,一台设备即可快速扫描,覆盖范围广、自动化程度高,大幅减少人力投入。相较于传统技术,测绘周期可缩短60%以上,且能实现一次扫描、多次利用,采集的点云数据可反复处理,满足当前需求的同时,为后续运维、加固等工作提供支撑,避免重复测绘。该技术可适配各类规模桥梁,为工程按期竣工、早日投用提供保障。

## 2.3 强化运维安全管理

安全化保障是三维激光扫描技术的核心价值之一,可有效规避高空作业风险,保障人员安全,降低桥梁运维隐患。桥梁测绘多涉及高空、水域、交通繁忙路段等复杂环境,传统技术需作业人员高空攀爬、近距离接触构件,存在高空坠落、物体打击等安全风险,大跨度桥梁测绘中隐患更为突出。三维激光扫描技术采用非接触式测量,作业人员可在地面或安全区域完成扫描,从根本上规避危险区域作业风险,提升安全性。高空构件测绘中,无需人员攀爬或乘坐高空平台,合理布设扫描站点即可捕捉实景信息。既有桥梁检测中,可快速排查病害,避免人员近距离接触隐患部位,同时依托实景三维模型实现可视化监测,实时跟踪结构变化,及时预警隐患,为运维安全提供有力支撑。

## 2.4 推动数字化转型

三维激光扫描技术可对桥梁工程全生命周期进行数字化赋能,推动管理向数字化、智能化转型,实现全流程科学管理。现代桥梁管理追求规划设计、施工建设、运维检测等全生命周期管控,而数字化精准数据是核心前提。该技术采集的点云数据和构建的三维模型,可形成完整桥梁数字化档案,打破各环节数据壁垒,实现数据共享与协同管理。各阶段中,实景模型可为方案优化、施工偏差调整、安全状态评估、加固方案设计、拆除方案制定提供精准支撑。

# 3 三维激光扫描技术在桥梁工程实景测绘中的运用流程

## 3.1 测绘前期准备工作

测绘前期准备是保障三维激光扫描技术精准高效应用的基础,核心是结合桥梁结构特点和测绘需求,完成全方位规范部署,直接决定后续测绘成果的精度与效率。首先,开展现场勘察与范围界定,深入排查桥梁周边环境及作业条件,明确测绘范围涵盖主体和附属结构,界定扫描边界,避开高大建筑、树木等干扰因素,标记危险区域,为后续作业

铺垫。其次,完成设备选型、调试与参数设置,针对大跨度高空桥梁选用长测距高精度设备,小型市政桥梁选用便携式设备。全面调试设备各部件性能,结合桥梁构件尺寸和扫描距离,合理设置分辨率、脉冲频率等参数,避免数据缺失或精度不足。再次,布设控制网点与放置标靶,根据桥梁跨度和精度要求,在桥面、桥墩底部等空旷区域布设稳定可控的控制网点,在高空可及区域均匀放置反光标靶,助力点云拼接与坐标校准。最后,编制完善测绘方案,明确扫描路径、精度标准、人员分工和作业流程,确保无扫描盲区、精度达标,防范作业风险,为后续测绘有序推进提供保障。

## 3.2 桥梁实景数据采集与预处理

数据采集与预处理是三维激光扫描技术运用的核心环节,核心任务是精准获取实景点云数据并消除干扰、完善数据,为成果处理奠定基础,需兼顾完整性与精准度。首先,开展多视角扫描作业,按照预设路径在控制网点布设设备,调整角度高度,对主塔、斜拉索等难扫描部位采用多角度、多站点模式,增加扫描站点避免盲区。重点提升构件衔接处、裂缝等细节部位的数据密度,安排专人监控设备运行,记录站点环境参数,防范数据采集失败。其次,完成点云数据获取与存储,采用本地与云端双重备份模式,避免数据丢失,合理选择存储格式,初步筛查并剔除无效数据片段。再次,进行数据预处理,通过专业软件剔除噪声点、滤波平滑数据,结合控制网点和标靶完成多站点云拼接,消除拼接误差,将数据转换为工程实际坐标系统。最后,构建初步实景模型并校验,利用预处理数据自动建模,检查模型是否存在数据缺失、拼接错位等问题,及时补充扫描或重新预处理,确保符合后续处理要求。

## 3.3 测绘成果处理与输出

测绘成果处理与输出是三维扫描技术在桥梁工程实景测绘中运用的收尾环节,以模型的优化完善和标准化成果输出为核心任务。先修正拼接错位、数据缺失等问题,补充细节点云数据,细化构件边缘与接口,优化纹理并全面校验,确保精度达标。再通过专业软件从模型和点云数据中,精准提取主梁长度、桥墩高度等核心测绘数据,分析结构形态与构件空间关系。接着,将模型、数据转换为BIM、CAD等行业标准格式,规范命名与分类,最后,组建专业团队审核成果精度、完整性与规范性,审核通过后归档并编制交付报告,明确成果信息,交付相关单位并提供使用指导,保障成果有效应用。

# 4 三维激光扫描技术在桥梁工程实景测绘中的运用优化

## 4.1 提升复杂环境下点云数据采集精度

复杂环境是影响桥梁实景测绘点云数据精度的核心因素。桥梁多处于高空、水域、交通繁忙路段等场景,易出现激光遮挡、信号干扰、视角受限等问题,导致点云数据噪声

多、拼接错位、细节缺失,影响测绘成果准确性。对此,需从设备优化和路径调整两方面制定措施,保障复杂环境下的测绘精度。设备优化上,结合场景特点针对性选型并优化性能。高空大跨度桥梁选用长测距、高分辨率、抗干扰强的设备,减少空气散射和粉尘影响。水域周边桥梁选用防水防潮抗风设备并做好密封防护,规避水汽、风力带来的偏差。植被密集区域选用多激光束、快速扫描设备,提升点云密度,减少遮挡导致的数据缺失。同时根据环境、扫描距离和构件尺寸,调整激光脉冲频率、扫描分辨率等参数,精准解决不同场景的精度问题。路径调整上,科学规划扫描路径,遮挡严重区域采用多角度多站点扫描,增加站点并优化布设。高空构件采用地面与高空辅助站点结合模式,补充高空视角数据。水域周边避开水面反光,必要时增设水上浮动站点。

#### 4.2 优化海量点云数据处理技术

三维激光扫描技术采集的点云数据具有高密度、海量性特点,一座中等规模桥梁单次扫描可产生数百万甚至数千点数据,其中夹杂噪声点、冗余数据,且存在存储压力大、格式多样等问题,传统处理技术效率低下,易出现存储困难、模型构建滞后等情况,影响测绘进度。为破解这一难题,需从算法升级和高效存储两方面优化海量点云数据处理技术,提升处理效率与质量,降低存储压力。算法升级方面,优化预处理和建模算法。去噪滤波环节引入人工智能、机器学习技术,构建智能算法自动识别剔除噪声点和冗余数据,保留细节信息,将预处理时间缩短50%以上。数据拼接环节结合控制点和标靶坐标,采用精准拼接算法,减少误差,适配复杂环境下多站点数据融合<sup>[2]</sup>。实景建模环节优化自动建模算法,提升对复杂曲面、细小构件的识别能力,加快点云转模型速度,减少人工修正工作量。高效存储方面,构建本地、云端、分布式混合存储体系,本地存储核心常用数据保障快速调用,云端存储历史数据和备份节省本地空间,分布式存储拆分海量数据分散压力。同时优化存储格式,采用高压缩比、高兼容性标准格式,在不影响精度的前提下压缩数据,减少存储占用,确保与后续软件兼容,提升数据复用效率。

#### 4.3 做好成本控制与人员培训

成本投入过高、专业人才短缺是制约三维激光扫描技术广泛应用的关键因素。该技术设备采购与维护成本高昂,对操作人员专业素养要求严格,目前存在设备闲置、运维成

本高、人员能力不足等问题,导致应用成本居高不下,影响测绘质量和效率。为推动技术规模化应用,需做好成本控制,完善人员培训体系,实现成本与效能的平衡。成本控制方面,从设备采购运维、流程优化、资源整合三方面入手。结合实际需求和资金实力合理选型,大型高端设备采用租赁共享模式减少一次性投入,小型常用设备优先选择性价比、维护便捷的产品。构建完善的设备管理制度,定期检修校准设备,规范操作流程避免设备损坏,延长设备使用寿命。以流程再造为指引,整合测绘各环节作业,提高利用效率。人员培训方面,邀请设备生产厂家技术人员以及行业专家,为操作人员开展培训,提高其设备操作能力和规范操作意识。建立培训考核机制,考核合格后,方能上岗。

#### 4.4 加强与传统测绘技术的协同应用

三维激光扫描技术与传统测绘技术,并非取代与被取代的关系,而是互补共生的关系。二者的协同应用,是充分发挥两类不同测绘技术优势,降低成本、提高效率的必由之路。需以优势互补为基本原则,构建全流程协同应用路径<sup>[3]</sup>。前期准备阶段,利用传统测绘技术精准布设控制点,勘察工程周围环境,为点云拼接、坐标校准提供基准。数据采集阶段,根据场景需求,采用差异化的测绘技术,对小型构件、附属设施等简单场景,采用传统测绘技术,对高空、大跨度、复杂结构主体,采用三维激光扫描技术。数据处理与成果输出阶段,通过两类测绘技术数据比较,修正点云数据,进一步提高测绘精度,同时,依托三维激光扫描技术,将二维测绘结果转换为三维实景模型,为后续桥梁建设提供依据。

### 5 结语

三维激光扫描技术在桥梁工程实景测绘中的运用,可解决传统测量在建立精准模型时无法有效获取三维技术数据的技术难题。需加强三维激光扫描技术的运用,构建完善的运用流程,并围绕数据采集精度的提升、数据处理技术的优化、成本控制、人员培训等方面,采取好优化策略。

#### 参考文献

- [1] 任立华,康勇,刘永宽,等.地面激光三维扫描技术在特高压线路工程中的应用研究[J].山西电力,2020(5):19-22.
- [2] 严承俊.三维激光扫描技术在桥梁工程中的应用研究[J].工程技术研究,2025,08(137):217-219.
- [3] 陆培.基于BIM和三维激光扫描的节段梁施工检测方法研究[D].镇江:江苏科技大学,2022.