

# Application and accuracy analysis of 3D laser scanning technology in complex engineering survey

Yuedong Huang Senyuan Zhang

Guangzhou Nanfang Surveying and Mapping Technology Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 330322, China

## Abstract

With the rapid development of science and technology, the application of 3 D laser scanning technology in the field of complex engineering measurement has gradually attracted wide attention. The technology scans the target object or environment by laser beam, generates high-precision three-dimensional point cloud data, and uses computer software, so as to realize the rapid and accurate measurement of complex engineering objects. Compared with the traditional measurement methods, the 3 D laser scanning technology has obvious advantages in improving the measurement efficiency and accuracy, especially in the more difficult complex engineering projects. This paper mainly discusses the application of 3 D laser scanning technology in complex engineering measurement, and analyzes its accuracy performance and influencing factors in actual engineering projects. By analyzing the measurement accuracy requirements in different application scenarios, the strategy to optimize the application of 3 D laser scanning technology is proposed to further improve its reliability and applicability in engineering measurement. The research shows that 3 D laser scanning technology can effectively improve the precision of complex engineering measurement, and provide important data support for engineering design, construction and maintenance.

## Keywords

3 D laser scanning; complex engineering; measurement accuracy; point cloud data; engineering application

## 三维激光扫描技术在复杂工程测量中的应用与精度分析

黄悦东 张森原

广州南方测绘科技股份有限公司, 中国·河南 郑州 330322

## 摘要

随着科技的迅速发展, 三维激光扫描技术在复杂工程测量领域的应用逐渐受到广泛关注。该技术通过激光束扫描目标物体或环境, 生成高精度的三维点云数据, 并利用计算机软件进行处理, 从而实现对复杂工程对象的快速、准确测量。相比传统的测量方法, 三维激光扫描技术在提高测量效率和精度方面具有明显优势, 特别是在难度较大的复杂工程项目中。本文主要探讨三维激光扫描技术在复杂工程测量中的应用, 分析其在实际工程项目中的精度表现与影响因素。通过分析不同应用场景下的测量精度要求, 提出优化三维激光扫描技术应用的策略, 进一步提升其在工程测量中的可靠性和适用性。研究表明, 三维激光扫描技术能够有效提高复杂工程测量的精度, 并为工程设计、施工和维护提供重要的数据支持。

## 关键词

三维激光扫描; 复杂工程; 测量精度; 点云数据; 工程应用

## 1 引言

在复杂工程的测量过程中, 传统的测量方法往往面临着时间长、误差大、操作复杂等问题, 尤其在大型建筑、桥梁、隧道以及其他高精度要求的工程项目中, 传统测量手段无法满足高效性和精度的需求。近年来, 随着激光扫描技术的不断发展, 三维激光扫描技术逐渐成为现代工程测量中不可或缺的重要工具。通过激光扫描仪获取的点云数据, 可以为工程的设计、施工及后期维护提供精准的三维模型, 使得复杂

工程项目的测量、分析和管理变得更加高效与精准。

三维激光扫描技术的核心优势在于其能够以较高的速度获取大量高精度的数据点, 同时具备较强的空间分辨能力, 可以在复杂环境下获取准确的三维空间信息。尤其在复杂环境下, 如不规则地形、空间限制或难以接触的部位, 三维激光扫描技术展现出了显著的优势。然而, 尽管三维激光扫描技术已在多个领域得到了广泛应用, 但其在复杂工程测量中的精度问题依然是一个亟待解决的挑战。

因此, 本文旨在探讨三维激光扫描技术在复杂工程测量中的应用, 分析其在工程测量中所面临的精度问题, 及其解决方案。本文将通过案例分析与理论探讨相结合的方式, 重点研究三维激光扫描技术的应用场景、精度影响因素以及优化策略, 旨在为实际工程项目的测量提供理论支持和技术参考。

【作者简介】黄悦东(1996-), 男, 中国江西九江人, 助理工程师, 从事工程测量、三维激光、车载扫描系统、城市道路扫描研究。

## 2 三维激光扫描技术概述

### 2.1 三维激光扫描技术原理

三维激光扫描技术是通过激光束发射器对目标区域进行扫描,获取目标表面上各点的三维坐标信息,从而构建出目标物体的数字化三维模型。激光扫描仪的工作原理基于激光的时间飞行法(ToF)或相位法,通过反射的激光信号计算目标距离,并结合扫描仪的旋转和运动采集目标物体表面的点云数据。

每一个被扫描到的点都会生成一个三维坐标,构成一个点云数据集。扫描过程中,激光扫描仪能够快速而精确地获取目标物体的空间坐标,尤其在大型复杂结构或难以接近的区域,传统测量方法往往存在操作困难或精度不足的问题,而激光扫描技术能够有效克服这些限制。

### 2.2 三维激光扫描技术的优势

三维激光扫描技术相较于传统测量方法,具有显著的优势。首先,它具有较高的测量精度,能够在数厘米的精度范围内获取目标物体的空间数据。其次,三维激光扫描技术的测量速度较快,尤其在复杂环境中,传统测量方法可能需要数天或数周才能完成的数据采集任务,而激光扫描仪仅需数小时即可完成扫描任务,大大提高了工作效率。

另外,三维激光扫描技术能够实现数据的实时获取和三维重建,对于后期分析和模型构建具有极大的便利性。通过将扫描得到的点云数据与CAD模型进行结合,可以快速生成准确的三维模型,并为后续的设计、分析、施工等工作提供重要依据。最重要的是,三维激光扫描技术能在复杂或危险的环境下进行作业,极大地减少了人力成本和安全隐患。

### 2.3 三维激光扫描技术的应用领域

三维激光扫描技术的应用领域非常广泛,涵盖了建筑、土木工程、交通、能源、矿业等多个领域。在建筑行业,三维激光扫描广泛应用于建筑物的现状测量、建筑信息模型(BIM)的构建等方面。在土木工程中,三维激光扫描仪用于桥梁、隧道的测量与监测,能够高效、精准地获取结构的三维数据,提供精确的工程分析和施工指导。

在能源领域,尤其是石油、天然气、核电等高风险行业,三维激光扫描技术常用于设施的测量与状态监测,能够快速提供设备、管道及其他重要设施的三维数据,为设备的维护与管理提供数据支持。在交通领域,三维激光扫描用于道路、铁路等基础设施的测量与规划,确保工程建设的精确性和安全性。

## 3 三维激光扫描技术在复杂工程测量中的应用分析

### 3.1 复杂工程测量的挑战

复杂工程测量通常面临诸多挑战,首先是测量环境的复杂性。在许多工程项目中,目标物体或工程结构可能处于

难以接触的环境,如高空、地下、狭小空间或危险区域,传统的测量方法难以满足测量需求。其次,复杂工程往往涉及大量的数据采集和信息处理,传统测量方法需要大量人力和时间,而三维激光扫描技术能够通过高效的数据采集,迅速生成精确的三维模型,显著提高测量效率。

同时,复杂工程结构往往存在着不规则形状和多样化的空间结构,传统的测量方法在这些情况下容易产生较大的误差,影响测量精度。三维激光扫描技术能够精准捕捉复杂结构的三维信息,从而克服传统方法的局限性。

### 3.2 三维激光扫描技术的应用实例

三维激光扫描技术在复杂工程中的应用效果非常显著。以某大型桥梁工程为例,项目团队利用三维激光扫描技术对桥梁的每一个构件进行详细的扫描,并通过点云数据生成精确的三维模型。这一过程不仅提高了数据采集的速度,还确保了桥梁结构各部件的精度,为后续的结构分析和施工提供了有力支持。

另一个典型应用案例是在隧道工程中的测量。在隧道的施工过程中,常常需要对隧道的形状、尺寸和结构进行实时监测和调整。传统测量方法的操作烦琐且精度较低,而三维激光扫描技术能够快速获取隧道的三维空间数据,并生成高精度的隧道模型,使得工程团队可以及时调整施工方案,确保施工质量和进度。

### 3.3 三维激光扫描精度分析

三维激光扫描技术的精度是其能否成功应用于复杂工程测量的关键。其精度受到多种因素的影响,如扫描仪的性能、目标物体的反射率、扫描角度等。在实际应用中,三维激光扫描的精度通常在几毫米到几厘米之间,具体精度取决于扫描仪的类型和使用场景。为了确保测量结果的高精度,必须选择合适的扫描设备并优化扫描参数设置。

同时,数据处理的精度也是影响最终测量结果的重要因素。点云数据的处理需要经过多次滤波、配准和拼接,处理过程中的误差可能会影响最终结果。因此,在进行三维激光扫描时,必须精确控制每个环节的操作,确保数据的质量和精度。

## 4 三维激光扫描技术精度优化策略

### 4.1 选择适当的设备和扫描模式

为了提高三维激光扫描技术的测量精度,首先需要根据具体的工程项目需求选择合适的扫描仪。不同类型的激光扫描仪具有不同的测量精度和适用范围,因此必须根据测量对象的特点和精度要求选择合适的设备。例如,对于大范围的测量任务,可能需要选择具有较大扫描范围和较高扫描速度的激光扫描仪,而对于精细的细节捕捉,则应选择高精度、扫描密度较高的设备。不同的扫描仪还会受到测量环境和目标的影响,一些低反射率或高反射率的表面可能会对激光扫描的精度产生影响。

同时,在扫描过程中,应根据环境条件和项目需求调整扫描模式,合理选择扫描密度、角度和范围,以最大限度地提高测量精度。比如,在复杂环境中(如隧道、桥梁等),适当提高扫描的密度和范围,以确保每个细节都能够被有效捕捉,并避免遗漏或精度降低的问题。

#### 4.2 数据处理与精度优化

数据处理过程是影响三维激光扫描技术精度的关键环节。扫描后获取的点云数据需要经过配准、滤波、拼接等处理,才能生成完整的三维模型。由于点云数据的海量性和复杂性,数据处理的精度对最终结果的准确性至关重要。首先,点云数据的配准是关键步骤之一,它需要将不同位置扫描得到的点云数据进行对齐。配准过程中如果误差较大,将会直接影响到整体三维模型的精度,因此高效且精确的配准算法对提高精度至关重要。

在滤波和拼接环节,需要特别注意数据的精度和一致性,避免因处理不当导致误差积累。例如,在点云滤波时,去除噪声点和离群点至关重要,噪声点可能来源于扫描过程中环境的干扰,未及时剔除会对点云的精度造成影响。因此,优化滤波算法,准确去除不必要的点云信息,确保点云数据更加精确。在拼接过程中,需要保证不同扫描数据之间的无缝对接,防止拼接误差影响最终结果。此外,通过多次扫描和数据融合等方法,也能进一步提高点云数据的精度。通过多角度扫描和不同高度的交叉扫描,能够捕捉到更多的空间信息,从而减少测量误差和死角,确保最终测量结果的准确性。

#### 4.3 优化测量环境与操作条件

在进行三维激光扫描仪,测量环境和操作条件对精度的影响也不可忽视。对于复杂结构的测量,尽量避免高温、高湿等不利环境条件,并确保扫描仪在稳定的条件下进行工作。环境因素,如温度、湿度和光线等,都会对激光的传播产生影响,从而影响到测量的精度。因此,在选择扫描地点时,应充分考虑环境条件,尽可能避免在极端天气条件下进行测量,特别是高温或大湿度的环境中,这些因素可能导致激光反射的变化,影响测量结果的准确性。

此外,确保扫描设备本身处于稳定的工作状态也是提高测量精度的关键。设备的振动、摆动以及长时间工作的稳

定性都会对扫描精度产生影响。在进行测量时,扫描仪应固定在合适的位置,避免设备的移动或振动对结果产生不利影响。此外,操作人员的操作环境也应确保无干扰,例如保持设备的清洁,避免反射表面上积尘或水汽,这些因素可能会影响激光发射,导致误差。通过优化扫描环境和操作条件,可以显著提高数据采集的质量和精度,为后续的数据处理提供可靠的基础。

## 5 结语

三维激光扫描技术作为一种新兴的高精度测量工具,在复杂工程测量中展现出了显著的优势。它不仅能够大幅度提高工程测量的效率,还能在极为复杂的工程结构和环境中获得精确的三维数据。然而,三维激光扫描技术的应用并非完全无误差,其精度仍然受到设备选择、扫描模式、数据处理及操作环境等多方面因素的影响。通过分析和优化这些关键因素,能够最大限度地提高三维激光扫描技术的测量精度,确保其在工程测量中的可靠性。

在未来,随着技术的不断发展,三维激光扫描技术的应用前景将更加广阔,特别是在大型基础设施建设、城市规划、环境监测等领域,三维激光扫描技术必将成为未来工程测量的重要工具。为了进一步推动三维激光扫描技术在工程测量中的应用,除了设备和技术本身的进步,如何优化测量环境、提升数据处理技术和操作方法,也将成为未来研究和实践的重要方向。通过这些不断优化的技术手段,三维激光扫描将为未来复杂工程项目提供更加精准、可靠的测量支持。

## 参考文献

- [1] 陈志雨.三维激光扫描技术在隧道测量工作中的应用[J].经纬天地,2024,(06):28-32.
- [2] 聂亮.移动式三维激光扫描在地铁隧道结构检测中的应用[J].城市勘测,2024,(06):176-178.
- [3] 黄小林,李勇,王佳龙,等.基于GPR偏移成像技术的城市道路地下空间精细化探测研究[J].湖南交通科技,2024,50(04):31-36+177.
- [4] 武星,李兴达,汤凯,等.基于三维激光点云曲率突变的航空发动机进气道异物检测方法[J].计算机测量与控制,2024,32(12):67-72+80.