

各类型三维激光扫描仪在工程的变形监测领域应用浅析

杨 艳

陕西地建土地勘测规划设计院有限责任公司，西安

摘 要 | 自 20 世纪 70 年代起，工程中的变形监测因一直关系着人民生命和财产安全而受到社会的广泛关注。变形监测的种类多样化及精度要求的特殊性，使得变形监测手段在不断变化，三维激光扫描仪以其独有的优势，使得工程的变形监测效率得到了极大提高。本文通过介绍三维激光扫描原理及误差来源，分析工程中的变形监测类型与特点，得出工程中不同三维激光扫描仪在变形监测中的应用，从而起到对工程的变形监测中选择合适的三维激光扫描仪有指导借鉴作用。

关键词 | 三维激光扫描仪；变形监测；工程应用

Copyright © 2021 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1 引言

变形是在工程领域存在的一种普遍现象，引起变形的因素多种多样，自 20 世纪 70 年代起工程的变形监测研究逐渐蓬勃兴起，成为工程测量领域的重要内容。变形监测又称变形测量或变形观测，是对监视对象或物体（简称变形体）进行测量以确定其空间位置随时间的变化特征。以往常规的监测手段为借助全

作者简介：杨艳，陕西地建土地勘测规划设计院有限责任公司，西安。

文章引用：杨艳. 各类型三维激光扫描仪在工程的变形监测领域应用浅析 [J]. 测绘观察, 2021, 3 (4) : 171-176.

<https://doi.org/10.35534/go.0304017>

站仪、水准仪、经纬仪等传统测量设备采集数据，多受到环境、获取信息不全面等的影响不能满足现代工程要求。近年来，随着现代科学技术的发展，尤其是三维领域的发展，变形监测的手段得到了快速更迭。

三维激光扫描技术也称为实景复制技术，它的出现使得工程的变形监测效率得到了极大提高。该技术不仅能规避传统变形监测手段外业工作量大、受地形影响、信息不全面等劣势，还能利用采集到的高精度高密度点云充分表现目标的几何信息，从而实现对微小变形的检测。本文通过介绍三维激光扫描原理及误差来源，分析工程中的变形监测类型与特点，得出工程中不同三维激光扫描仪在变形监测中的应用，从而起到对工程的变形监测中选择合适的三维激光扫描仪有指导借鉴作用。

2 三维激光扫描系统工作原理

三维激光扫描测量系统由三维激光扫描仪、计算机、电源、支架及配套软件构成。三维激光扫描仪作为三维激光扫描系统的重要组成部分，由激光测距系统和激光扫描系统、集成 CCD 和仪器内部控制和校正系统等^[1]。三维激光扫描仪通过发射高速激光获取到物体表面的距离、水平角、竖直角及反射强度，自动计算并存储得到点云数据。其单点位置坐标信息取得如图 1 所示^[2]：

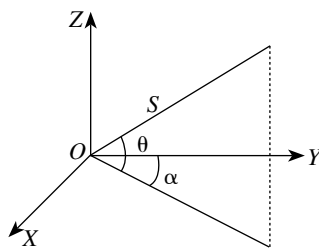


图 1 三维激光扫描单点位置坐标

Figure 1 Three-dimensional laser scanning single point position coordinates

$$\begin{cases} x=S \cos \theta \cos \alpha \\ y=S \cos \theta \sin \alpha \\ z=S \sin \theta \end{cases} \quad (1)$$

其中, S 为原点至被测点的距离, α 为扫描仪测得的水平角, θ 为扫描仪测得的竖直角。

3 三维激光扫描仪分类及点云数据误差来源

按照三维激光扫描系统特性及技术指标, 依据承载平台划分, 可分为机载三维激光扫描仪、地面三维激光扫描仪和手持式三维激光扫描仪。各类三维激光扫描仪因自身形态、扫描距离、精度指标等因素分别适用于不同被测目标与环境。

3.1 各类三维激光扫描仪的特点及适用性

不同类型的扫描仪的测量精度、测距范围、作业效率、易操作性等方面对变形监测工作有着很大影响。

机载三维激光扫描仪可以在短时间内获取大范围详细的点云数据和影像信息, 具有速度快、范围广、自动化程度高的优点, 被应用于地面沉降监测中^[3]。

地面三维激光扫描仪又划分为固定式三维激光扫描仪与移动式三维激光扫描仪。移动式三维激光扫描仪是将扫描仪设置在车辆等移动设备上, 具有扫描速度快、效率高的特点, 一般被应用在隧道等工程的变形监测中^[4]。固定式三维激光扫描仪, 类似传统全站仪, 不同之处在于采集的不是单个离散点, 二是一系列的点云数据, 这就不但保证了测量精度、信息覆盖的完整度, 还大大增加变形监测的效率, 被广泛应用于各类变形监测工程中^[5]。

手持式三维激光扫描外形具有体积小、便于携带等独特优势, 且该类扫描仪精度可达毫米级, 能够精确地反映出物体表面信息等。对于机械裂缝等微小变形的监测, 常规测量工具无法测量或者造价太高, 极大影响此类监测性价比。而手持三维激光扫描仪很好的解决了这一问题而被逐渐应用于微小变形的监测中^[6]。

3.2 点云数据误差来源

由三维激光扫描测得点云数据一定会存在误差, 此类误差通常划分为系统误差、测量误差和配准误差。系统误差是由仪器自身的构造引起, 可通过

建立系统误差的改正模型进行减小至消除。测量误差与测距方法、测角、目标表面特性及周围环境有关，在制定扫描方案时，选取合适的扫描仪可以有效减少该类误差。坐标配准误差发生在数据处理过程，由于测站间有一定重叠度，配准则是利用重叠度将两站点云数据统一到一个坐标系下，该误差只能减少无法消除，因此设计不同的点云拼接数据处理方案对于坐标配准误差结果有不同的影响。

4 各类工程的变形监测对于三维激光扫描仪的选取

4.1 工程的变形监测类型

工程的变形监测一般包括对工程建（构）筑物、机器设备以及其他与工程建设相关的自然或人工对象等变形体的监测。根据各类型扫描仪的特点、测量精度及适用情况，将工程的变形监测归为建筑变形监测、机器设备变形监测、地质地形变形监测、道桥与隧道变形监测等^[7, 8]。

4.2 各类工程的变形监测对于三维激光扫描仪的选取

变形监测的最大特点是精度要求较高，不同工程类型对于三维激光扫描仪的应用取决于三维激光扫描仪的测量精度、工程特点，将三维激光扫描仪应用于变形监测时，一方面是根据扫描对象选取合适的扫描仪，一方面是重建实体表面模型再对模型求差，或者用配准后的数据进行差分运算比较变化。

建筑变形监测的目的是分析和评价建筑物的安全状态、验证参数设计、反馈设计施工质量、研究变形规律和预报变形，因此选取固定式三维激光扫描仪；机器设备变形监测的目的是判断机器设备运行指标状态及质量监测，考虑到该工作的成本投入，因此选取固定式或手持三维激光扫描仪均可，以手持三维激光扫描仪为最佳；地质地形变形监测的目的是取得变形趋势分析从而得到移动趋势预判，该类变形监测因环境因素、范围因素的不同，根据情况及成本投入选取机载或地面三维激光扫描仪；道桥与隧道变形监测因其工程特殊性，故选

取地面三维激光扫描仪,在隧道的变形监测中,由于受地形限制,较为狭长,若选择固定式三维激光扫描仪,后期点云数据处理中配准工作量巨大,因此一般选取移动三维激光扫描仪;在道桥的变形监测中因道桥的结构特点,宜选取固定式三维激光扫描仪。

5 总结

近年来,随着现代制造业的发展和三维激光扫描仪的逐渐商业化,三维激光扫描仪也从最初架设在地面逐步发展到可用于机载、移动设备、手持等不同平台,极大扩展了三维激光扫描仪的应用范围,在近年来,工程的变形监测领域也逐渐引入三维激光扫描仪。但工程的变形监测情况各异,应用环境、应用目的、要求指标各不相同,既能达到工程要求、提高工作效率,还能节约成本投入,使得选择合适的三维激光扫描仪非常重要。本文将工程中的变形监测类型进行归类,指出工程中不同三维激光扫描仪在变形监测中的应用,从而对工程的变形监测选择合适的三维激光扫描仪起到指导作用。

参考文献

- [1] 陆培庆,唐超.移动式三维激光扫描技术在地铁隧道变形监测中的应用[J].测绘通报,2020,518(5):158-160+163.
- [2] 李毅,徐超,廖开星,等.手持式三维激光扫描仪在工业构件质量检测中的应用[J].测绘通报,2019,509(8):110-113.
- [3] 陈伟.三维激光扫描测量技术在变形监测中的应用[J].地理空间信息,2019,17(119):07-11+114-117.
- [4] 聂晶.基于LiDAR点云数据的滑坡灾害研究[D].东华理工大学,2017.
- [5] 朱磊,王健,毕京学.三维激光扫描技术在变形监测中的应用[J].北京测绘,2014,118(5):82-86.
- [6] 姜兴阁.论变形监测技术的现状与发展趋势[J].矿山测量,2012,160(4):13-16.

- [7] 党晓斌. 三维激光扫描技术在建筑物形变监测中的应用研究 [D]. 长安大学, 2011.
- [8] 徐进军, 张民伟. 地面3维激光扫描仪: 现状与发展 [J]. 测绘通报, 2007, 358(1): 50-53+73.

Application Analysis of Various Types of 3D Laser Scanner in Engineering Deformation Monitoring Field

Yang Yan

Land Eurveying, Planning and Design Institute of Shaanxi Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an

Abstract: Since 1970s, deformation monitoring in engineering has been concerned widely by the society because it is related to the safety of people's life and property. The variety of deformation monitoring and the particularity of precision requirements make the deformation monitoring means constantly changing. 3d laser scanner, with its unique advantages, makes the deformation monitoring efficiency of engineering greatly improved. In this paper, the principle and error source of 3D laser scanning are introduced, the types and characteristics of deformation monitoring in engineering are analyzed, and the application of different 3D laser scanners in deformation monitoring in engineering is obtained, thus providing guidance and reference for the selection of appropriate 3D laser scanners in deformation monitoring in engineering.

Key words: 3D laser scanner; Deformation monitoring; Engineering application