

三维激光扫描技术在变形监测中的应用研究

赵鹏, 李欣, 冯晖元

(甘肃省建筑设计研究院有限公司, 甘肃省兰州市, 730000)

摘要 三维激光扫描技术以其快速、准确的特点, 能够实现对复杂工程结构的全面监测和分析。相比传统监测方法, 三维激光扫描技术具有更高的空间分辨率和数据采集效率, 能够实现对工程结构变形的精准识别和量化分析。通过激光扫描仪获取的大量点云数据, 可以提供丰富的几何和形态信息, 为工程变形的监测和分析提供了可靠的数据支持。同时, 三维激光扫描技术还具有实时监测能力, 能够及时发现潜在的安全隐患, 为工程施工提供重要参考。本文将通过案例研究和实验验证, 探讨三维激光扫描技术在不同工程场景下的应用效果和技术优势, 为相关领域的研究和实践提供参考和借鉴。

关键词 三维激光扫描; 变形监测; 应用研究

中图分类号: TN249 文献标识码: B

文章编号: 1008-0899(2024)12-0027-03

当前, 常见的形变监控策略主要依赖全站仪和GPS进行定点追踪, 即通过在待监控结构的关键部位设置观察点进行连续记录。然而, 这种方法的局限在于监测点数量有限, 导致其只能反映局部的形变状况, 难以全面揭示整个结构的变形模式和演变过程。此外, 在地形复杂的区域部署监测点不仅技术上极具挑战, 安全风险也极高, 这不仅增加了野外作业的负担, 延长了成果获取的时间周期, 严重制约了形变监控的效率。随着三维激光扫描技术的日益精进, 它凭借其高精度、高密度的数据采集能力, 逐渐成为形变监控的理想选择。这项技术无需额外目标, 能够自动、迅速且持续地对扫描对象进行全面监控, 并能精确构建三维立体模型, 真实呈现扫描对象的整体构造和形态特征, 显著提升了监控效率。

1 三维激光扫描技术的基本原理

三维激光扫描技术基于激光雷达原理, 通过发射激光束并记录其反射回来的时间和强度, 以获取目标物体表面的三维坐标信息(见图1)。在激光发射阶段, 激光器产生高能量的激光束, 经过光学系统聚焦后, 以极高的速度照射到目标物体表面。激

光束与目标物体表面发生反射, 返回探测器。接收到的反射光信号经过光电探测器转换成电信号, 并记录下光束返回的时间、强度等信息^[1]。通过测量激光束的飞行时间, 即激光从发射到接收的时间差, 结合已知的光速, 可以计算出激光束在空间中的传播距离。利用光电探测器记录的反射光信号强度, 可以推断出目标物体表面的特性, 如颜色、反射率等。最终, 通过多次扫描并处理获取的数据, 结合三角测量原理, 可以建立起目标物体的三维模型, 实现对目标物体表面形状和结构的精确测量和重建。三维激光扫描技术的基本原理简单而直观, 其高精度和高效率的特点使其在工程测量、建筑监测、地质勘探等领域得到广泛应用。

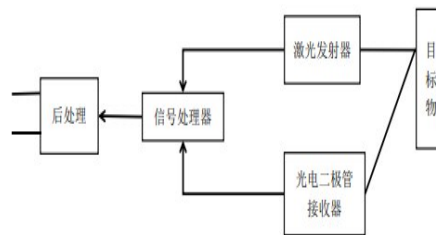


图1 三维激光扫描工作原理

2 工程概况

在城市中心区域, 一座高层建筑的新建工程需要进行深基坑支护。基坑埋深约为25m, 基坑侧壁安全等级为一级。考虑到周边建筑物的密集以及地下管线的复杂情况, 支护方案需要兼顾稳固性和安全性。设计采用了搅拌桩结合混凝土墙的支护方案, 并配合钢支撑, 以确保基坑工程的稳固和安

作者简介: 赵鹏(1990~), 男, 汉族, 甘肃庆阳人, 本科, 工程师, 研究方向: 测绘与变形监测。

全。项目位于地下水位较浅的地区,地下水位标高约为18m,埋深25m,地层为砂岩和黏土交错分布。由于周边建筑和地下管线的存在,无法进行大规模的降水处理,因此需要采取有效的支护措施。为了确保后续施工的安全性,需要建立基坑变形监测体系,根据工程实际决定采用三维激光扫描技术,对基坑周边建筑物和地下管线进行实时监测,及时发现并处理可能的变形情况。

3 三维激光扫描技术在变形监测中的应用

根据我国建筑行业的严格规定,针对深度超过五米的深基坑工程,形变监测是必不可少的环节。目前,常用的测量手段如全站仪和水准仪主要负责水平位移和基坑下沉的测量。然而,传统的监测方法存在局限性:它依赖单一的测量点,数据孤立无法形成连贯的分析;对于大型复杂项目的广泛区域,精确捕捉形变变化变得困难,而且,其可视化和智能化程度有待提升^[2]。

为了弥补这些不足,本研究项目引入了先进的三维激光扫描技术,以优化深基坑及其周边环境的变形监控过程。在实施前,我们对项目现场进行了详尽的实地考察,全面了解场地条件,据此规划了基准点的设置、过渡站点的分布以及监测区域的划分。通过激光扫描获取海量数据后,我们对其进行详细的分析和可视化处理,包括设置基准点、划定监测范围、收集形变信息并转化为直观易懂的展示形式。整个流程被划分为布设基准点、划分监测区域、采集变形数据、数据分析和可视化呈现等多个步骤,旨在提升监测效率和准确性。

3.1 获取基准点

3.1.1 测站基准点

测站基准点是扫描过程中的固定参考点,通常位于基坑周边或者工地的固定位置,这些基准点通过全站仪或者GPS设备进行精确测量和定位(如图2所示),并在扫描过程中作为参考标记。测站基准点的准确性对于整个扫描过程至关重要,它们提供了扫描数据的空间定位信息,确保了扫描数据的准确性和一致性^[3]。

3.1.2 扫描参考基准系统

扫描参考基准系统是指在实际扫描过程中使用的参考标志物或者设备,这些标志物可以是人工设置的目标板、反光棱镜等,也可以是自然界中的

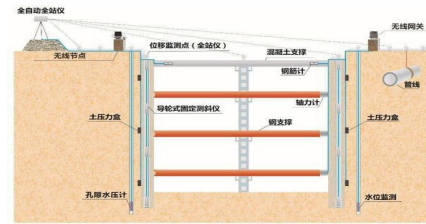


图2 基坑边坡自动化监测

地标物或者特征点。扫描仪通过识别和跟踪这些参考基准,实现对扫描数据的定位和校准。合理设置扫描参考基准系统可以提高扫描数据的精度和完整性,减少数据处理过程中的误差和不确定性。

3.1.3 过渡站

过渡站是在扫描过程中设置的临时参考点,用于连接不同位置的扫描数据,确保整个扫描区域的连续性和一致性。在实际施工中,基坑周边常常存在障碍物或者局部区域无法直接扫描到的情况。设置过渡站可以在不同位置之间建立数据的连续性,填补扫描空白区域,保证了整个基坑区域的扫描覆盖度和完整性。

3.2 获取基坑扫描分区及变形点云

针对项目场地特点,将基坑划分成多个区域,并逐一进行扫描。在每个区域设置测站基准点,并建立扫描参考基准系统,以确保数据的准确性和完整性。同时,为了确保数据的连续性和一致性,还将在相邻区域之间设置过渡站,以实现平滑的数据过渡和衔接,这种分区和扫描策略有助于最大限度地减少扫描站数量,同时保证数据覆盖率,从而有效地控制了点云数据的获取量,为后续的数据分析和变形监测提供了可靠的基础。



图3 工程扫描结果

4 扫描数据获取及处理

4.1 获取扫描数据

在开始操作前,首要步骤是精确设定扫描装置,依据场地特性及设备精度,精细调整扫描参数。

本项目规划的横轴扫描角度为 $0\sim 360^\circ$,纵轴扫描范围定为 $-60\sim 90^\circ$,采用标准分辨率,每个站点的扫描周期设定为25min。具体步骤如下:首先,定位并锁定基准参考点,将扫描设备安置于P1点,所有参数调校完毕后,执行扫描作业。在此过程中,确保靶球始终处于视野开阔的区域,以确保扫描精度和数据连贯性;同时,确保三个靶球分布在不同直线上。接着,通过P2节点作为过渡站,将基准点云与坑体变形点云无缝连接。最后,将坑区划分为六个部分,分别在P3、P4、P5点设置扫描设备进行测量。完成扫描后,至关重要的是对设备输出的图像结果进行严格校验,以确认扫描的精确度,并保证扫描覆盖范围的完整性。当这一环节完成后,继续移动至下一个扫描站点,按照既定顺序和扫描范围逐一进行,直至整个坑体区域的扫描任务全部完成^[4]。

4.2 分析扫描数据

分析扫描数据是十分关键的一个环节,需要经过严谨的技术步骤。首先,进行数据预处理,包括去除噪声、点云配准和拼接。通过去除噪声,提高数据质量和准确性;点云配准将不同扫描位置的数据进行空间定位,确保数据对齐;拼接则将多个扫描位置的数据融合成一个完整的点云模型,为后续分析提供基础。其次,进行变形监测与分析,通过比较不同时间点的数据,识别并评估可能存在的变形情况。利用技术手段,如体积变化分析和形态变化分析,对基坑的变形情况进行定量评估和分析。例如,通过体积变化分析,可以量化基坑的土体位移情况;而形态变化分析则可以捕捉基坑侧壁的变形趋势。最后,将分析结果以可视化的方式呈现,生成报告和图表,详细展示基坑变形情况及其趋势。这些报告和图表将为工程管理和安全监测提供有效支持,帮助工程团队及时调整施工策略,确保工程的顺利进行和安全性。通过严谨的数据分析,可以及时发现潜在的问题,为工程的成功实施提供科学依据。

4.3 变形分析

利用扫描数据进行变形监测,采用比较不同时间点的数据,识别并评估可能存在的变形情况。进行变形数据的处理与分析,采用技术手段如体积变

化分析、形态变化分析等,对基坑的变形情况进行定量评估和分析。例如,通过体积变化分析,可以量化基坑土体的位移情况,从而评估基坑的稳定性;形态变化分析则可以捕捉基坑侧壁的变形趋势,预测可能出现的变形情况。根据分析结果生成可视化的报告和图表,详细展示基坑的变形情况及其趋势,为工程管理和安全监测提供科学依据。

基于深基坑工程的工程概况,经过严谨的变形监测分析,发现基坑东侧出现轻微内倾趋势,位移范围在 $5\sim 10\text{mm}$ 之间,且变形速率较缓慢。西北侧基坑土体局部出现微小裂缝,变形量约 25mm 。基于体积变化分析,整体基坑体积变化不大,但存在局部地段的轻微收缩现象。通过形态变化分析,基坑侧壁整体稳定,但存在局部凹陷现象,尤其是靠近地表部分。以上变形情况表明基坑结构整体稳定,但仍需密切关注变形趋势,采取适当措施确保工程安全进行。

5 结语

三维激光扫描技术的应用在工程变形监测领域展现出了巨大的潜力和价值。随着技术的不断发展和完善,三维激光扫描技术将在工程监测领域发挥更加重要的作用。同时,我们也意识到在实际应用过程中可能面临的挑战和限制,例如数据处理复杂性、设备成本等方面的问题。然而,通过不断的研究和实践,相信可以克服这些困难,进一步完善技术,提高监测效率和准确性,期待三维激光扫描技术能够为工程监测和管理领域带来更大的进步,为建设安全、可持续的城市环境做出贡献。

参考文献

- [1] 陈耀棠,欧郁云.基于三维激光扫描的高精度大坝变形监测技术研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(4):4.
- [2] 王皎捷.基于三维激光扫描的建筑基坑变形检测方法[J].江西建材,2023(5):167-168.
- [3] 何铭龙.三维激光扫描技术在基坑变形监测中的应用分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(1):3.
- [4] 何林,周彬.三维激光扫描技术在滑坡变形监测中的应用研究[J].现代盐化工,2023,50(3):84-87.