

三维激光扫描在地铁隧道形变监测中的实践研究

赵晓阳 李怡昊

黄河勘测规划设计研究院有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 三维激光扫描技术在地铁隧道形变监测中展现出显著优势。本文探讨了三维激光扫描技术在地铁隧道形变监测中的应用,介绍了三维激光扫描技术的原理、特点及其在地铁隧道监测中的优势。通过实际案例分析,展示了该技术如何高效、准确地获取隧道三维空间信息,并进行形变分析。同时,本文还讨论了应用过程中面临的挑战及应对策略,为地铁隧道的安全运营和维护提供了重要的技术支持和参考。

关键词: 三维激光扫描; 地铁隧道; 形变监测; 实践研究

引言: 随着城市化进程的加快,地铁作为城市公共交通的重要组成部分,其安全性与稳定性备受关注。地铁隧道建造在地下,受多种因素影响易发生形变,因此,对地铁隧道的形变进行实时监测和分析显得尤为重要。三维激光扫描技术以其高精度、非接触性、高效性等特点,在地铁隧道形变监测中展现出巨大潜力。

1 三维激光扫描技术概述

1.1 三维激光扫描技术的原理

三维激光扫描技术(3D Laser Scanning Technology)是测绘领域一种高精度、立体化、自动化扫描技术,可以高效、准确获取物体表面连续、全面、关联的以及密集的坐标数据信息以及影像信息,是继GPS技术后出现的一种新型测绘手段。以激光作为介质,通过计算输出激光的反射时间测算单点距离,通过根据激光反射的特定获取被测物体的其他相关信息,同时通过进行多点测量可以获取不同点位的坐标信息、反射率信息等,可以在短时间内获取到被测量物体比较全面的信息,在此基础上构建立体化三维模型。相较于全站仪或者GPS等技术手段,三维激光扫描技术在数据采集效率方面具有明显优势,而且可以实现多点测量,这样就可以形成一个基于三维数据点的离散三维模型数据场,有效弥补了传统测量手段的片面性以及局限性^[1]。

1.2 三维激光扫描技术的特点

三维激光扫描技术具有非接触性、高效性、高精度及数据密集性等特点。非接触性使得在地铁隧道形变监测中无需直接接触隧道结构,避免对隧道造成损害,同时也保障了监测人员的安全。高效性能够快速获取大量的点云数据,节省监测时间,提高工作效率。高精度确保了监测结果的准确性,能精确反映隧道的微小形变。数据密集性可提供丰富的细节信息,全面掌握隧道的整体形态变化。在地铁隧道形变监测中,这些特点综合起

来,能够实现实时、准确的监测,为地铁的安全运营提供有力保障,及时发现潜在的安全隐患,以便采取有效的预防和修复措施。

2 三维激光扫描在地铁隧道形变监测中的应用流程

2.1 监测方案设计

在地铁隧道形变监测中,科学合理的监测方案设计至关重要。(1)进行实地勘察。对地铁隧道的环境、结构特点、可能存在形变风险的区域等进行详细了解。确定扫描站点的位置,要保证站点分布均匀,能够全面覆盖整个隧道,考虑隧道内的通风、照明等条件对扫描工作的影响。(2)选择合适的三维激光扫描仪。根据隧道的尺寸、精度要求以及工作环境的复杂性,挑选具有高分辨率、高精度、适应恶劣环境的扫描仪。确定扫描仪的参数设置,如扫描角度、分辨率、距离等,以确保获取准确、详细的隧道点云数据。(3)制定扫描计划。明确扫描的时间间隔,对于新建成的隧道或处于施工影响区域的隧道,可以缩短扫描间隔,以便及时发现潜在的形变问题,考虑地铁运营时间,尽量选择在非运营时段进行扫描,减少对地铁正常运行的干扰。(4)建立数据处理与分析体系。确定数据存储和管理方式,以便后续对比分析。制定形变分析的方法和标准,通过专业软件对不同时期的点云数据进行对比,计算隧道的形变参数,如位移、沉降、收敛等。当发现形变超过预警值时,及时启动应急预案,采取相应的加固措施^[2]。

2.2 扫描仪数据采集

在地铁隧道形变监测中,扫描仪数据采集是关键环节之一。在进行数据采集前,要对三维激光扫描仪进行严格的校准,确保其测量精度和准确性。检查设备的各项参数设置是否符合监测方案的要求,如扫描角度、分辨率、距离范围等。选择合适的采集时间。由于地铁隧道在运营期间会有振动和人员活动等干扰因素,因此最

好在地铁停运的时间段进行数据采集,以获得更稳定、准确的数据,要确保采集环境的光照条件适宜,避免强光或阴影对扫描结果产生影响。进入隧道后,按照预先设定的扫描站点位置进行布置。确保扫描仪的安装牢固稳定,以防止在扫描过程中出现晃动。启动扫描仪,开始对隧道进行全方位的扫描。在扫描过程中,要密切关注设备的运行状态,确保数据采集的连续性和完整性。对于较长的地铁隧道,可以采用分段扫描的方式,然后通过软件将各段扫描数据进行拼接整合。在采集过程中,还可以同时记录一些辅助信息,如隧道的标识、里程数、周边环境特征等,以便后续的数据处理和分析。数据采集完成后,要及时对数据进行备份和存储,防止数据丢失,对采集到的数据进行初步的检查和评估,查看是否存在异常值或数据缺失的情况。

2.3 数据采集与处理

数据采集是地铁隧道形变监测的基础环节。选择合适的时间进入隧道,通常在地铁非运营时段以减少干扰。安置好三维激光扫描仪,确保其位置稳定且角度准确,按照既定的扫描方案进行全面扫描。采集过程中,要严格把控扫描的精度和分辨率,以获取高质量的点云数据。记录好相关的环境信息和设备参数,为后续处理提供参考。数据处理至关重要。首先,对采集到的原始点云数据进行去噪处理,去除因环境干扰、设备误差等产生的噪声点,提高数据的准确性。接着,进行点云配准,将不同时间段、不同位置采集的点云数据准确地拼接在一起。通过专业软件分析点云数据,计算隧道的形变参数,如位移、沉降、收敛等。对比不同时期的数据,及时发现形变趋势和异常变化。若发现形变超出预警值,需立即进行深入分析和评估,采取相应的应急措施,确保地铁隧道的安全运行。数据处理过程中,要保证结果的可靠性和可重复性,为地铁隧道的维护和管理提供科学依据。

2.4 三维模型构建形变分析

在地铁隧道形变监测中,三维模型构建是关键步骤之一。通过对采集到的点云数据进行处理和整合,构建出精细的地铁隧道三维模型。这个模型能够直观地展现隧道的全貌和细节,为形变分析提供了有力的基础。在构建三维模型时,利用先进的建模软件,精确地还原隧道的形状、尺寸和内部结构。对模型进行优化和渲染,使其更加清晰易读。形变分析是整个监测过程的核心。将不同时期构建的三维模型进行对比,通过专业的分析算法,准确计算出隧道在各个位置的形变情况。可以分析出位移、沉降、收敛等具体参数,从而判断隧道的稳

定性和安全性。对于发现的形变区域,进一步深入分析其原因。可能是由于地质条件变化、周边施工影响或者隧道自身结构问题等。根据分析结果,制定相应的应对措施,如加固隧道结构、调整施工方案等。通过持续的三维模型构建和形变分析,能够及时掌握地铁隧道的形变动态,为保障地铁的安全运行提供科学依据。

3 实际案例分析

在某城市中心区域,一条地铁隧道身处复杂环境,周边建筑物林立且交通流量巨大。由于周边工程施工,隧道出现形变迹象,这给地铁安全运行、周边居民生命财产安全以及城市交通顺畅带来严峻挑战。为此,我们采用先进的三维激光扫描技术进行形变监测。设置了10个扫描站,每个站扫描范围达30米,全面覆盖隧道区域。将扫描分辨率设为2毫米,确保点云数据的准确性和细节性。在隧道内设置20个标靶,以便进行点云数据拼接和坐标转换。考虑到干扰因素,数据采集安排在晚上地铁停运后,此时隧道环境稳定,无列车振动和人员活动影响,保证了测量精度和可靠性。经过数据处理和形变分析,得出监测结果。隧道收敛变形集中在中部和两端,最大量为15毫米;沉降变形在底部,最大量为10毫米;水平位移在两侧,最大量为8毫米。依据此结果对隧道安全性进行评估,并提出相应加固和维护建议。通过这个案例的实践应用,充分证明了三维激光扫描技术在地铁隧道形变监测中的有效性和可靠性。该技术能快速、准确获取隧道三维空间信息,为隧道安全运营和维护提供重要技术支持。它不仅为本次隧道的问题解决提供了方案,也为其他类似地铁隧道的形变监测提供了宝贵的参考和借鉴。在未来的地铁隧道监测中,三维激光扫描技术有望发挥更大的作用,为城市地铁网络的稳定运行和城市的发展保驾护航^[1]。

4 三维激光扫描在地铁隧道形变监测中面临的挑战及应对策略

4.1 挑战

在地铁隧道形变监测中,三维激光扫描技术虽然具有诸多优势,但也面临着一些严峻的挑战。(1)数据处理量大是一个突出问题。三维激光扫描能够快速获取大量的点云数据,然而这些数据的处理需要耗费大量的时间和计算资源。地铁隧道通常较长,扫描得到的数据量庞大,对数据存储、传输以及后续的分析处理都提出了很高的要求。(2)点云数据的精度问题也不容忽视。尽管三维激光扫描技术具有较高的精度,但在实际应用中,受到环境因素如灰尘、震动等影响,以及仪器自身的误差,可能会导致点云数据的精度下降。尤其是在地

铁隧道这样的复杂环境中,如何确保数据的准确性和可靠性是一个难题。(3)隧道内环境复杂。地铁隧道内光线昏暗、通风条件差,可能存在积水、电缆等障碍物,这些都会对扫描工作造成干扰。此外,隧道内的电磁环境也可能影响扫描仪的正常工作。(4)缺乏统一的标准和规范。目前,对于三维激光扫描在地铁隧道形变监测中的应用,还没有形成统一的标准和规范。这使得不同的监测项目在数据采集、处理和分析等方面存在差异,影响了监测结果的可比性和可靠性。

4.2 应对策略

面对三维激光扫描在地铁隧道形变监测中面临的挑战,我们可以采取一系列有效的应对策略。(1)提高计算机性能和存储容量是关键。可以采用高性能的服务器和存储设备,以满足大规模点云数据的处理和存储需求。优化数据处理算法,提高数据处理效率。例如,采用并行计算技术,将数据处理任务分配到多个处理器上同时进行,从而大大缩短处理时间。此外,还可以利用云计算技术,将数据存储和处理任务外包给专业的云服务提供商,减轻本地设备的负担。(2)为提高点云数据的精度,可以从多个方面入手。一方面,选择精度更高的三维激光扫描仪,并定期对仪器进行校准和维护,确保其性能稳定。另一方面,在数据采集过程中,采取合理的扫描方案,如增加扫描密度、多角度扫描等,以获取更丰富的点云数据。对采集到的数据进行严格的质量控制,去除噪声点和异常值,提高数据的准确性。此外,还可以结合其他测量技术,如全站仪、水准仪等,对三维激光扫描数据进行验证和补充,提高数据的精度和可靠性。(3)改善隧道内环境也是非常重要的。可以加强隧道内的通风和照明,提高扫描工作的环境质量。对于积水和障碍物等问题,可以在扫描前进行清理和整理,确保扫描工作的顺利进行,采取有效的电磁屏蔽措

施,减少隧道内电磁环境对扫描仪的干扰。此外,还可以建立隧道内的环境监测系统,实时监测隧道内的温度、湿度、气压等参数,为扫描仪的正常工作提供良好的环境条件。(4)制定统一的标准和规范是确保三维激光扫描在地铁隧道形变监测中应用效果的重要保障。相关部门和行业协会应组织专家学者,结合实际应用情况,制定统一的技术标准和规范,包括数据采集、处理、分析和报告等方面。这样可以使不同的监测项目在操作流程和技术要求上保持一致,提高监测结果的可比性和可靠性。也有利于推广三维激光扫描技术在地铁隧道形变监测中的应用,促进该领域的技术进步和发展^[4]。

结束语

综上所述,三维激光扫描技术在地铁隧道形变监测中展现出了显著的优势和潜力,不仅提高了监测的精度和效率,还为隧道的安全运营和维护提供了可靠的数据支持。随着技术的不断进步和应用实践的深入,三维激光扫描技术将在地铁隧道形变监测领域发挥更加重要的作用。未来,我们期待通过持续的技术创新和应用探索,进一步优化监测流程,提升数据处理能力,为地铁隧道的安全保障贡献更大的力量。

参考文献

- [1]张力学.三维激光扫描技术在地铁隧道净空检测中的应用研究[J].市政技术,2021,39(06):94-99.
- [2]孟庆年,张洪德,王智,胡玉祥,尹相宝.移动三维激光扫描技术在地铁隧道病害检测中的应用[J].城市勘测,2021(02):143-148.
- [3]王智,李勇,张洪德,曹庆磊,门茂林.三维激光扫描技术在地铁隧道施工质量检测中的应用研究[J].城市勘测,2018(03):114-116.
- [4]徐教煌,王嘉伟.三维激光扫描技术在地铁圆形盾构隧道检测中的应用[J].北京测绘,2018,32(06):674-680.