

三维激光扫描中隧道变形监测方法分析

蒋兴奎

四川省地质矿产勘查开发局成都水文地质工程地质队

DOI:10.32629/gmsm.v2i3.173

[摘要] 随着社会经济的快速发展,三维激光扫描技术得到了一定的发展,且在建筑行业中得到了广泛的应用,特别是在隧道工程建设中应用较多。三维激光扫描技术可以获得大范围、高精度的点云数据,并对数据进行分析、处理,该技术在隧道变形监测中发挥了重要作用。本文主要概述了三维激光扫描系统,分析了三维激光扫描中隧道变形监测方法,并进行了案例分析,以供参考。

[关键词] 三维激光扫描系统; 隧道; 变形监测方法

引言

与传统的单点测量技术不同,三维激光扫描技术是一种非接触式的主动测量技术,能够快速获取大范围、高精度的点云数据,其扫描速度可达到数万点每秒。在隧道变形监测中,三维激光扫描系统可以完成隧道全面的扫描工作,能够快速、高精度、高密度获取其变形情况,充分发挥了其功效。

1 三维激光扫描系统概述

1.1 三维激光扫描系统的工作原理

就三维激光扫描仪来说,其是通过发射高速激光到物体表面,从而获取物体的相关信息(水平角、竖直角、反射强度等),自动计算得到点云数据并存储。其中,扫描坐标系是地面三维激光扫描仪采集物体点云数据的基准,就扫描坐标系而言,其坐标原点为激光束发射处,理论竖直角为Z轴,水平转动轴的零方向为X轴,而Y轴与Z轴、X轴构成了右手坐标系,如下图1所示:

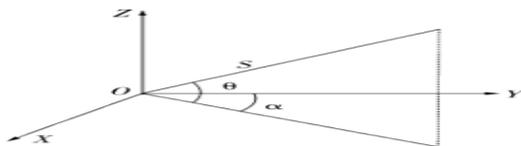


图1 三维激光扫描定位原理

在扫描坐标系中,单点的坐标就可以表示为:

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

上式中: S表示原点到被测点的距离, α表示扫描仪测得的水平角, θ表示扫描仪测得的竖直角。

1.2 三维激光扫描系统分类

现阶段,按照系统运行平台,可以将三维激光扫描仪分为以下四类,即车载激光扫描系统、车载激光扫描系统、地面激光扫描系统、便携式激光扫描系统。具体来说,机载型激光扫描系统主要有激光扫描仪、惯性导航系统、动态差分GPS系统、计算机及其软件、相机等部分组成,该扫描系统具有测量范围广、速度快等特点,能够短时间内完成大范围三维点云数据、影像信息的采集,且信息内容较为详细;车

载激光扫描系统,其主要是由三维激光扫描仪和相机采集的数据为基础,建立相应的三维模型,在城市建设和维护方面应用较多;地面激光扫描系统,与全站仪类似,是一种固定式的扫描系统,该扫描系统的精度能够满足变形监测精度的要求,在变形监测方面得到了广泛的应用,比如隧道变形监测、矿区开采沉降变形监测等;便携式激光扫描系统,可以对物体进行精确地测量,能够获取测量物体的长度、面积、体积等信息,是手持式的一种激光测距系统^[1]。

2 三维激光扫描中隧道变形监测方法分析

内业数据处理、外业数据处理是三维激光扫描系统的两项重要工作内容,其中内业数据处理是在三维模型、数据预处理的基础上完成的。在隧道工程中,可以通过三维激光扫描仪设备可以完成隧道各项数据的采集和处理,从而对隧道的变形情况进行实时的监测,保障隧道工程的质量。

2.1 点云数据预处理

点云数据预处理是对采集到的隧道数据处理的第一步,其可以通过去噪、采集、补点等来实现云数据的完善和优化,同时为后期进行网格化的点云打下基础。在实际的隧道扫描过程中,受现场工作环境的影响,设备仪器在测量过程中可能会出现震动或者误差,造成数据中会有一些噪声问题的存在,尤其是隧道工程施工人员较多,施工人员走动较多,可能会在扫描仪器中频繁出现,使得监测数据中会出现一些明显的噪声点,因此要进行噪声的删除,从而提高监测数据的质量^[2]。

同时,还存在三维激光扫描系统本身分辨率、真伪震颤等自身因素的影响,如果不进行噪声的降低或删除,会对后续三维模型的建立造成一定的影响。此外,点云的数据巨大,所以要对数据进行多次采样,从而保障数据的有效性、可靠性。通常设备的采样方式包括四种,即统一采样、栅格采样、随机采样、曲率采样。

2.2 数据的采集和处理

在完成点云数据的预处理工作后,则需要对测量物体进行进一步的扫描工作。为了保障数据的准确性,在扫描前应对测量站中对扫描仪进行安装和测试,保障其与计算机连接的完好性,从而保障测站间部分点云数据的重合,获取和采集有效数据,充分发挥扫描仪的效能。为了保障最终数据结

果的准确度,在获取点云数据时,应建设局部坐标系来进行测量工作。由于隧道不同部位的测振不同,相应的数据坐标也不同,为了实现数据的整合和统一,需要设置多个测站,增加数据的重合率,完成数据的拼接。

2.3 应用效果

将三维激光扫描仪器设备应用到隧道工程变形监测中,可以充分发挥其作用。具体来说,三维激光扫描仪可以快速、准确地对隧道变形情况进行反应,获取具有一定准确度的数据信息,使得隧道变形监测工作的效率和质量有所提升;同时通过整体以及局部方向上的切实监测,可以真实反映出隧道结构,找到隧道工程中的变形问题,为后期的轨道交通等工程建设提供变形监测的参考依据,为后期行车的安全提供保障。

3 案例分析

3.1 工程概况

某隧道处于高山峡谷地带,且为典型V型谷,上方地形比较陡峭、下方地形比较平缓,该地形形成的原因是早期河谷的下切速度较慢,后期的下切速率提高。由于隧道周边公路、隧道开挖施工的反复进行,在一定程度上扰动了原始山体,再加上降雨和积水等影响,加快了斜坡的变形速率。为了保障隧道工程的安全,则需要加强隧道工程的变形监测,从而为隧道后期的加固维护提供参考依据。本隧道采用了三维激光扫描系统来进行变形监测,其中三维激光扫描仪采用的是瑞士徕卡公司ScanStation2,该扫描仪的扫描视角为 $360^{\circ} \times 270^{\circ}$,扫描速率在50000点/s,点位精度在6mm内,其可以对全断面的点云数据进行获取。该工程采样点之间的间隔距离设置为2mm。

3.2 隧道变形特征

由于上部坡体下滑推力的作用,该隧道全段出现了不同程度的变形情况,甚至有的地方已经严重挤歪变形。通过ScanStation2三维激光扫描仪对该隧道进行点云影响特征进行扫描,一共获取了30355477个点云数据。在原有隧道数据的基础上,对获取的点云数据进行了分析,两者相比,得到了隧道挤压偏移量(如图2所示),然后选取典型单面进行隧道变形量值的分析。

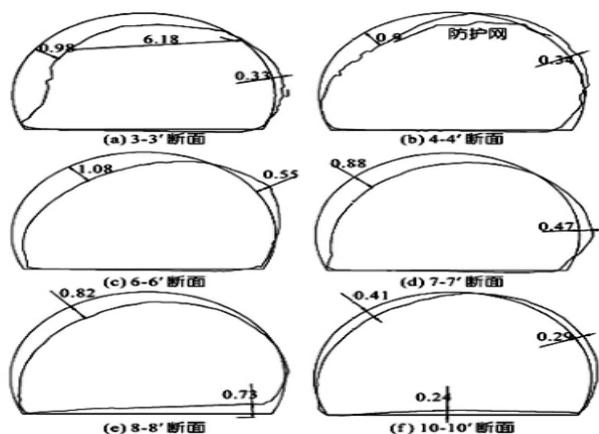


图2 隧道挤压变形示意图

通过测量和数据对比分析得知,该隧道最大的偏移量为1.08m。由上图分析可知,因受到靠山侧坡体蠕滑挤压作用,使得隧道发生了变形,特别是拱体的上部变形情况较为严重,拱腿位置由于挤压和反翘作用,对隧道形成了一定程度的破坏,在距离洞口30~225m位置有严重的隆起破坏。

3.3 数据对比分析

经过一段时间,对该隧道进行了二次扫描,并获取28357614个点云数据。与初次监测数据对比分析,得出两次扫描时间段内隧道的变形量值,隧道的变形量不大,变形值为0.012~0.037m。由于该隧道高达50m,埋深较大,可以通过三维激光扫描系统实现该隧道全长的全面检测,能够对隧道各个区段的变形情况进行实时监测,及时获取和掌握坡体的变形情况。

3.4 变形机制

就该隧道的变形情况来说,其原因主要包括两方面,即内因和外因。具体而言,内因,隧道所在区域的坡体原岩成分主要包括变质砂岩、千枚状板岩等,层面产状为 $N35^{\circ}W/NE \angle 75^{\circ} \sim 85^{\circ}$,一些较为陡峭的坡体可能会出现倾斜变形。受到河流快速下切的影响,岩体会经过一系列的发展过程,即卸荷回弹→板梁弯曲→弯折破碎→重力溃状等,使得岩体发生碎裂;外因,由于公路隧道工程的建设过程中会进行大量的土方开挖,该施工作业会在一定程度上影响周围的土体结构,使得土体结构的平衡被破坏,从而加快了累积性变形速率,使得隧道结构受到了一定的影响,另外,山体较高且较为陡峭,高程放大的作用效应会表现得更加明显,当发生地震时,地震动效应会对山体造成比较明显的作用,最终使得一定面积的坡体受到较为严重的破坏,从而影响隧道的坡体结构^[3]。此外,持续降水和地表径流等自然天气环境的变化,也会改变土壤应力关系,加快其蠕变速率,使得破碎岩体对隧道产生较大的挤压效应,最终使得隧道出现路面隆起、挤扁的情况发生,造成隧道变形情况严重。

4 结束语

综上所述,三维激光扫描系统在隧道变形监测中发挥了重要作用,其可以全面检测隧道的变形情况,获取相应的点云数据,并可以根据数据建立三维模型,获知变形的具体数值,从而为制定隧道加固措施提供有效依据,保障隧道结构的稳固性,进而保障整体工程的安全性,为后期安全通车提供保障。

[参考文献]

- [1]薛松.三维激光扫描技术在隧道工程检测中的应用[J].工程建设与设计,2018,(2):260-261.
- [2]唐奇军.三维激光扫描中隧道变形监测方法分析[J].中国高新技术企业,2017,(10):218-220.
- [3]程子聪.三维激光扫描技术在矩形隧道管片变形监测中的应用[J].建筑施工,2017,39(9):1409-1411.