

基于三维激光扫描的隧道安全位移监测及评价方法研究

李嘉兴

中电建路桥集团有限公司

摘要:为精准、全面、便捷的对隧道内部位移进行监测,提出利用三维激光扫描技术监测边坡开挖对运行隧道造成的结构变形,文章以杭州市萧山区风情大道改建工程(金城路-湘湖路段)项目为例,阐述了三维激光扫描技术的原理以及在隧道的测量优势。研究结果表明:(1)三维激光扫描技术以其无接触测量、可整体监测、精确度高等优势,弥补了传统安全监测的局限性和片面性,与传统测距仪测量结果基本一致,三维激光扫描技术可以对监测区域的点位进行连续性的扫描,反映隧道断面的收敛变形。(2)外部施工对隧道内部位移会产生影响,影响控制在5cm内,边坡的开挖过程对运行隧道影响很小,湘湖岭隧道在外部边坡施工条件下仍能安全运行。(3)边坡开挖完成后续的支护施工对运行隧道几乎无影响,隧道整体无过大收敛变形,大部分断面收敛均在1cm以内;个别断面发生2cm左右收敛;无大于2cm收敛变形的断面。综合评价湘湖岭隧道在支护施工期间运行安全。

关键词:三维激光扫描技术;边坡开挖;运行隧道;工程应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.01.030

一、引言

城市人口激增带来的交通问题日益明显。一些中大型城市选择建设地铁,扩挖隧道等缓解交通压力。面对城区错综复杂的地下环境,精准及时的安全监测显得尤为重要。

近年来,三维激光扫描技术以其无接触测量、可整体监测、精确度高等优势,弥补了传统安全监测的局限性和片面性,因此其在工程实践中的应用越来越广泛。肖佳军利用三维激光扫描技术对深圳十号线开展监测,结果发现三维激光扫描技术精度较高与传统测距仪测量结果基本一致。徐涛等利用该技术对地铁隧道进行形变监测,利用点云隧道三维建模算法,实现隧道的精确高效测量(10段地铁耗时20s,误差仅1mm)。大量研究表明,三维激光扫描仪的出现,改变了传统以点为主的测量形式,也为隧道检测提供了一个准确、高效的新途径。

本文依托杭州萧山区风情大道改建工程(金城路-湘湖路段),利用三维激光扫描技术监测由于边坡开挖对运行隧道造成的结构变形问题,同时提出隧道安全位移监测评价方法,以达到准确及时确保现场安全的目的,对工程现场具有指导意义。

二、工程概况

风情大道改建工程(金城路-湘湖路段)项目工程位于杭州市萧山区,为拟建快速路。工程起点(WEK3+684)位于既有风情大道与金城路交叉口,终点与湘湖路相交,沿线经山阴路、跨越既有沪昆铁路、跨越既有杭州地铁1号线以及彩虹快速路,全长约为5km。工程改建标准为城市主干道。新建高架道路工程全线采用桥梁形式,跨越既有沪昆铁路,采用预应力混凝土简支小箱梁,地面道路在既有风情大道基础上,保留原西侧半幅道路,向东扩宽。本工程涉及湘湖岭隧道边坡的开挖和风情大道的改造拓宽,本次实验研究区域主要涉及边坡开挖过程以及其对运行隧道的的影响研究。



图1 工程区范围概况图

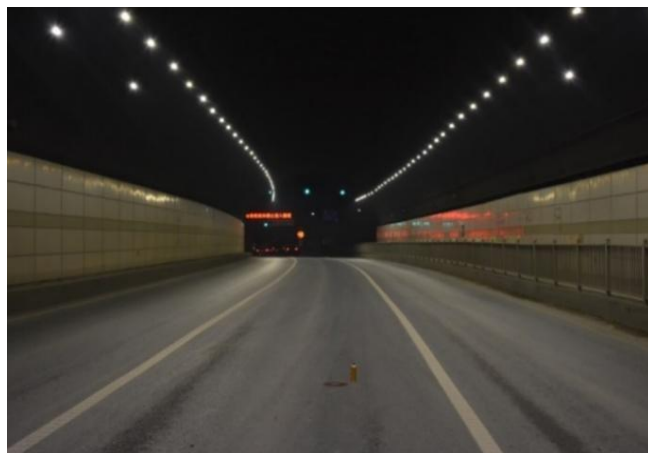


图2 湘湖岭隧道内部概况

三、三维激光隧道断面仪监测

(一) 测量原理

三维激光扫描采用非接触式测量方法。测量时，由激光扫描仪的发射器发射一束激光脉冲信号，遇到物体时，脉冲信号将自动反射回发射器，通过时间差即可计算出激光脉冲所测的空间距离s。同时，根据激光扫描的横向角度α和纵向角度β，计算目标点M的坐标：

$$X_M = s \cos \beta \cos \alpha,$$

$$Y_M = s \cos \beta \sin \alpha,$$

$$Z_M = s \sin \beta,$$

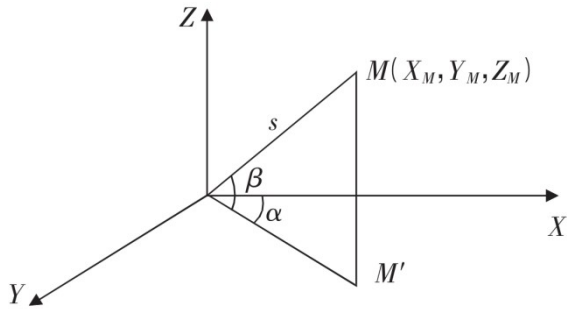


图3 扫描点坐标计算原理图

首先根据标志点调平仪器，再控制仪器使光点依次指到由人工定义出的待测点，仪器自动测出设定点的斜距及角度，并算出设定点间的距离，保存数据。下次测量时，在原位安装好仪器后，仪器自动转动到上次的角度，并测量距离。通过多次测量两固定点或多点间的距离，观察围岩的变形；断面数据处理对比后，确定隧道断面收敛情况。

三维激光扫描技术可以对监测区域的点位进行连续性的扫描，反映隧道断面的收敛变形。除此之外，三维激光扫描技术还突破了传统监测中单点测量方式，可以高密度、高分辨率地获取大量被监测区域的数据。三维激光扫描技术可全天候、实时传输数据，对于地下隧道复杂的环境，该技术既保证了数据传输的有效性和准确性，又避免了人工监测存在的安全隐患。

(二) 工作方法

湘湖岭运行隧道整体长度181m，隧道地面宽度约为15m，隧道顶部高度约为8m，按照设计要求，跟随边坡开挖施工进度监测整个隧道；整个隧道为测量段，平均布置35个测量点进行测量断面。

本次监测实验研究利用三维激光断面仪对湘湖岭隧道研究区域进行隧道收敛测量。首先，确定隧道内部待测量区域，确定具体的测量点，利用断面仪对确定位置进行激光扫描，最后，将断面数据进行数据处理及分析。

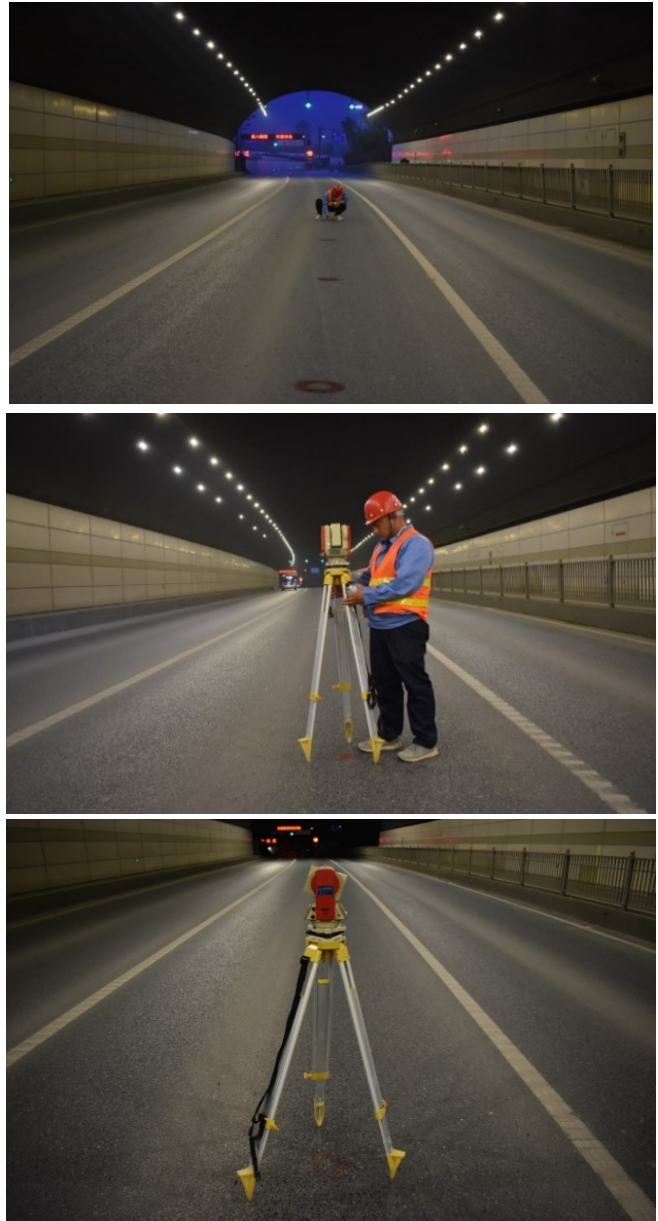


图4 仪器调试及测量

利用数据分析软件对采集数据进行加工分析，得到监测数据以及仪器高度数据，对比相同测量点的断面扫描图，反应隧道顶部收敛情况，数据处理过程如下所示。



图5 断面仪数据处理软件界面与操作界面

四、位移监测结果与分析

运用断面仪数据处理软件将测量的数据显示成图像进行前后对比,分析隧道内部的变化,对比传统安全监测数据发现其数据不仅准确性高,且取得更方便。因篇幅有限,取施工阶段部分断面数据对比如下图6所示。图中红色为第一组标准断面,蓝色为第二组测量数据。

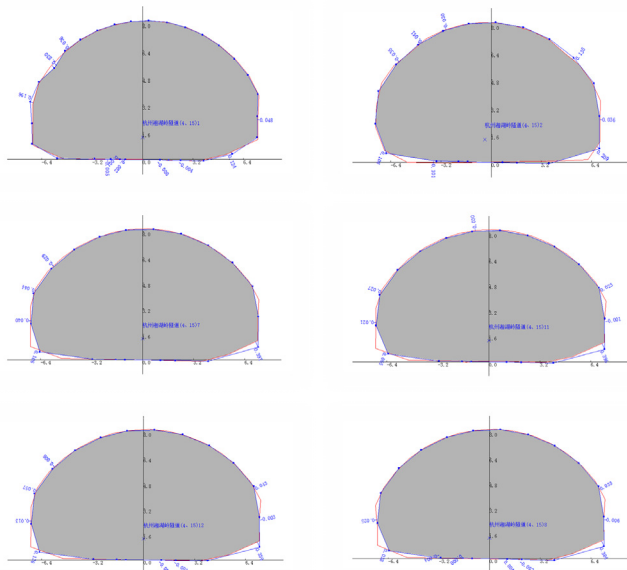


图6 施工阶段部分断面数据对比

由于隧道上方有吊灯以及管线排布,导致测量过程中红外线激光点打在管道上导致以上一些图中隧道图形中局部有凹陷对比差异较大。除局部测量误差外,施工对隧道位移仍会产生影响,对数据总结发现,影响控制在5cm内。边坡的开挖过程对运行隧道影响很小,湘湖岭隧道在外部边坡施工条件下仍能安全运行。

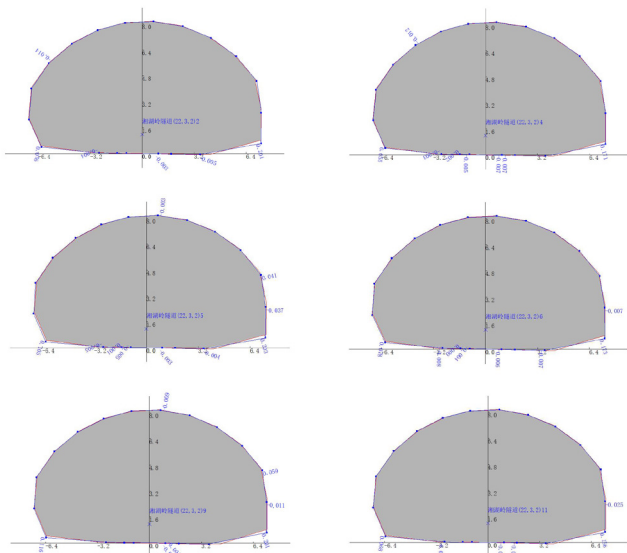


图7 边坡支护阶段部分断面数据对比

整体边坡开挖完成后进行的第六组与第七组部分监测数据对比如图7(图中红色为第六组标准断面,蓝色为第七组测量数据),测量数据前后对比发现隧道整体无过大收敛变形,大部分断面收敛均在1cm以内;个别断面发生2cm左右收敛;无大于2cm收敛变形的断面。由数据分析得知整体几乎无沉降位移。由此得出边坡开挖完成后续的支持施工对运行隧道几乎无影响,综合评价湘湖岭隧道在支护施工期间运行安全。

五、结论

(1) 三维激光扫描技术以其无接触测量、可整体监测、精确度高等优势,弥补了传统安全监测的局限性和片面性,与传统测距仪测量结果基本一致,三维激光扫描技术可以对监测区域的点位进行连续性的扫描,反映隧道断面的收敛变形。

(2) 外部施工对隧道内部位移会产生影响,影响控制在5cm内,边坡的开挖过程对运行隧道影响很小,湘湖岭隧道在外部边坡施工条件下仍能安全运行。

(3) 边坡开挖完成后续的支持施工对运行隧道几乎无影响,隧道整体无过大收敛变形,大部分断面收敛均在1cm以内;个别断面发生2cm左右收敛;无大于2cm收敛变形的断面。综合评价湘湖岭隧道在支护施工期间运行安全。

参考文献

- [1] 肖佳军. 基于三维激光扫描技术深圳地铁十号线现状调查[J]. 陕西水利, 2021(10): 5-8.
- [2] 林博文, 黄玲. 三维激光扫描技术在人防隧道检测中的应用[J]. 智能城市, 2021, 7(18): 50-52.
- [3] 严慧敏. 三维激光扫描在隧道断面测量中应用研究——以宁杭高速公路梯子山隧道为例[J]. 测绘地理信息, 2021, 46(06): 108-111.
- [4] 李青松. 三维激光扫描技术在公路隧道检测中的应用[J]. 居业, 2021(09): 76-77+79.
- [5] 关为民. 三维激光扫描技术在隧道施工应用中的新进展[J]. 铁道建筑技术, 2021(08): 111-115.
- [6] 成俊, 王文涛, 柳志云, 谭志伟, 丁学智. 三维激光扫描在地铁运营隧道变形监测的应用[J]. 中国安全生产科学技术, 2020, 16(S1): 111-116.