

# 三维激光扫描技术在地铁检测中的应用研究

## Application of 3D Laser Scanning Technology in Subway Detection

陈林<sup>1</sup> 马亮<sup>2</sup>

Lin Chen<sup>1</sup> Liang Ma<sup>2</sup>

1.北京城建勘测设计研究院

中国·北京 100101;

2.北京市地铁运营有限公司

中国·北京 100044

1. Beijing Urban Construction Survey and Design

Institute,

Beijing, 100101, China;

2. Beijing Metro Operation Co., Ltd.,

Beijing, 100044, China

**【摘要】**在地铁检测中,采取传统的测绘方法所开展的隧道监测工作较为复杂,整体效率比较低。论文简单介绍三维激光扫描技术的工作原理,分析其应用于地铁检测的优势,以及具体的应用流程,通过实际案例分析,阐述该技术的可行性。

**【Abstract】**In the subway inspection, the tunnel monitoring work carried out by traditional surveying and mapping method is more complicated and the overall efficiency is relatively low. This paper briefly introduces the working principle of 3D laser scanning technology, analyzes its advantages in the application of subway detection, as well as the specific application and expounds the feasibility of the technology through practical case analysis.

**【关键词】**激光扫描;地铁检测;应用研究

**【Keywords】**laser scanning; subway inspection; application research

**【DOI】**10.36012/etr.v2i3.1425

### 1 三维激光扫描技术的工作原理

三维扫描仪由倾斜补偿器、水平角编码器、激光测距仪以及垂直编码器组成。其工作原理是利用测距系统来勘测扫描仪器与观测物体的距离,随后使用测角系统分析勘测物体的垂直角度和水平角度,对勘察数据信息进行整合从而获取物体的实际三维坐标数据<sup>[1]</sup>。

### 2 三维激光扫描技术优势

三维激光扫描技术具有数字化采集、数据采样效率高、可以不接触测量、高分辨率以及主动发射扫描光源等特点,可以结合一些辅助设备,如数码相机、计算软件等搭配使用。现阶段地铁隧道勘察工作大部分都利用全站仪来进行测绘工作。相比三维激光扫描技术,二者存在一定的功能性差异。其一,二者针对观测环境的要求不同。全站仪只能在日光较足的白天或者相对明亮的场地开展测量工作;三维激光技术能够在任何时间开展测绘工作,而且勘测对象不需要进行额外照明,比较下面三维激光技术更适合在阴暗的地铁隧道环境中得到应用。其二,获取数据的量存在差异。全站仪只可以利用离散抽样式来进行检测工作,而三维激光扫描技术覆盖面比较广,能够包含大量的点云数据,相对目标对象的描绘更为细致。其三,观测目标的获取方式存在差异。全站仪要根据照准目标来获取勘察对象的实际位置情况,而三维激光扫描技术可以直接获取位置信息,不需要结合照准目标。

### 3 三维激光扫描技术在地铁检测中的应用流程

首先,外业数据采集。由于勘察现场较为复杂,并且不同的检测仪器有着不同的功能,其应用范围也不尽相同,针对标靶球和检测站的位置合理设置。特别注意的是,标靶球不应该放在同一个位面内,防止相互影响,导致勘察失去精准度。要想将断面坐标进行统一,可以结合全站仪对标靶球的实际坐标进行测量,将其作为转换的控制点。其次,通过使用点云后处理软件后,可以利用不同测站之间的标靶球机芯拼接,将其他测站的数据进行连接。点云数据在初始情况下,经常存在许多无用数据或者噪声点。再次,隧道断面截取。结合实际情况,基于互联网平台构建三角网模型,但是在构建模型过程中需要注意的是要贴合实际,防止后期出现技术漏洞,花费大量时间进行修补。最后,成果输出,通过计算软件将准备好的断面图传输到计算机,经过分析处理后形成 DWG 格式的文件,随后应用 CAD 软件计算出地铁隧道不同方位的半径值。

### 4 三维激光扫描技术在地铁检测中的应用案例研究

#### 4.1 三维激光扫描技术在地铁结构检测中的应用案例

##### 4.1.1 外业扫描作业

第一,新建工程。在开展测绘工作前,要先构建工程,并且

对其命名,选择存储路径,等待程序启动后会自动创建新的目录,在此测绘过程中所有数据都会被记录保存。第二,小车标定。为保障测绘精度,在工作开展前,明确扫描仪和小车坐标系二者的内在关系。完成安装后,利用扫描仪对标志点进行扫描,能够获取小车和扫描仪坐标系之间的转换参数,经过软件的分析处理功能,最后将扫描仪的坐标替换到小车坐标系下。第三,扫描初始化。将扫描仪与其他设备相连接,对其扫描速度和密度合理设置,并且针对扫描仪的传感器等设备的数据同步情况进行测试,发现不符合标准,要及时更换。第四,正式扫描。在程序内,点击开始按键,并将小车进行推动,在小车运动的过程中,其行走数据和扫描仪的检测数据都会完全地记录在仪器内部,在完成勘察工作后,只需要将扫描仪内的数据导入计算机即可。

#### 4.1.2 点云数据预处理

对于扫描仪内部的数据进行处理,通常情况下,数据预处理为较为常用的处理方法,能够将初始数据根据时间要求合理配置,如扫描数据、IMU 数据、历程计数据以及线扫描器数据等,在此基础上,将扫描仪内的扫描数据和先扫描数据进行统一,并整合到同一个坐标系内。具体流程如下:第一,设计空间要素编辑。该内容包含竖曲线和平曲线的制作,施工人员分别在轨道中心线两侧安置仪器,根据设计图纸将直线点和交点的坐标信息和里程输入到软件内,之后呈现能够自动进行计算,将运算结果保存在新目录。在计算完成后,软件可以检查数据信息的真实性和准确性,确保信息真实有效后,才可以将信息进行存储。第二,点云空间匹配。基于线扫描模式,使用点云是不会显示里程信息情况的。之后将里程计和扫描仪所检测的数据与时间相匹配,在将数据录入到点云坐标系。第三,空间位置还原。由于点云模型属于平直模型,结合地铁隧道设计中平曲线和竖曲线的的数据信息,对模型进行修改,进而形成步伐一致的三维点云模型。

#### 4.1.3 基于点云的隧道检测分析

首先,生成激光点云图像。用灰度值来表示反射强度,并将其打印为图片。结合实际情况,对图片进行修改补充,将环号信息和里程信息等带入其中。通过分析图像,可以发现隧道的渗漏情况,及时采取补救措施。其次,错台分析。选择环缝两侧 10cm 处为分析对象,将该处的点云信息相互对比,以  $3^\circ$  为一个基本点来计算不同方位的错台量。再次,全向收敛分析。与错台分析类似,在管片中心处选择合适点云,通过扫描不同周期的点云状态,并进行对比,得出相关的收敛变形量。最后,椭圆度分析。通过软件将截取的点云截面拟合成椭圆,并且对椭圆的直径、轴长以及偏转角度等进行精准测量,随后将计算

数据传输到计算机,确定真实有效后,统一存储到新目录。

## 4.2 三维激光扫描技术在地铁隧道收敛检测中的应用案例

### 4.2.1 数据采集

结合过往勘察经验,在数据采集方面,最好选择中等质量和速度,设置分辨率为 1/5,将质量设置为 4X,通过实际测量,一个测量的扫描时间一般在 400s 左右。由于需要照顾到扫描仪和勘察对象的有效距离和扫描精度,最好每个测站之间保持 30m 左右的距离,在试验区域左右线两端共设置 6 个测站。可以在试验区域两侧设置标靶球,具体数量根据情况而定,用来辨别测量范围。

### 4.2.2 数据处理

首先,确定合适的点云处理软件,将各个测站进行连接,对于一些影响因素,如工作人员、障碍物等可以在软件中进行删除。其次,利用 Geomahic 选择最为合适的转换参数,结合已经处理完成的点云数据来构建三角网模型。再次,中心线提取和断面输出。选择 Real Works Survey 软件开展计算工作,基于地铁隧道的三维模型,在其中心线的位置提取断面图,主要是以每两个环片输出中心线法线方向为主,将数据信息传输到计算机,并通过软件将其转化为 DWG 格式。最后,量取半径。应用 CAD 软件,沿着断面图的中心点位置从不同的方位量取半径。

### 4.2.3 成果分析

首先,利用扫描仪获取数据分析。将所获取的截面信息以及各方位的半径值绘制成电子表格,并在此基础上生成折线图,更加易于观察分析。其次,扫描仪模式与全站仪模式相对比。在本次勘测工作中,分别采取全站仪和三维激光扫描仪来进行扫描测距工作,并且对二者所获取的数据信息进行对比分析,因为全站仪获取数据的模式主要是靠仪器和勘测对象之间的距离为依据,对隧道进行断面切割,而不是采取的环面切割形式,因此,选择相对位置比较接近的方位进行对比更为合理一些。

## 5 结语

通过实例分析,将三维激光技术的应用效果与传统单一测量方式向对比,发现该技术的应用使得工作效率得到显著提高,并且作业强度得到降低,是针对地铁隧道安全检测最具成效的方法。

### 参考文献

[1]王智,李勇,张洪德,等.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(3):114-116.