

隧道监测视觉位移测量仪自动化系统的应用与分析

Application and Analysis of the Automatic System of Tunnel Monitoring Visual Displacement Measuring Instrument

周儒

Ru Zhou

北京城乡建设集团有限责任公司 中国·北京 100067

Beijing Urban and Rural Construction Group Co., Ltd., Beijing, 100067, China

摘要: 隧道监测是对隧道施工、运行中结构的安全变形数据采集、处理的一种手段。视觉位移测量仪自动化系统的作用。运用信息技术来提供数据,提供可靠连续的监测资料,以科学的数据、严谨的分析来指导预防隧道结构变形过大产生的质量事故。及时整理监测信息,通过数据处理确立信息反馈资料,将现场测量结果与预测值相比较,以判别前一步施工工艺和施工参数是否符合预期要求,以便确定和优化下一步施工参数,从而指导现场施工,做到信息化施工。

Abstract: Tunnel monitoring is a means of collecting and processing the safety deformation data of the structure in tunnel construction and operation. The role of the automatic system of the visual shift meter. Information technology is used to provide data, provide reliable and continuous monitoring data, and use scientific data and rigorous analysis to guide and prevent the quality accidents caused by excessive deformation of the tunnel structure. Timely sort out the monitoring information, establish the information feedback data through data processing, compare the site measurement results with the predicted value, to distinguish whether the construction technology and construction parameters of the previous step meet the expected requirements, so as to determine and optimize the next construction parameters, so as to guide the site construction and achieve information construction.

关键词: 隧道工程;视觉位移测量仪;自动化监测

Keywords: tunnel engineering; visual displacement measuring instrument; automatic monitoring

DOI: 10.12346/etr.v5i12.8893

1 引言

以某地铁施工项目为本论文依据:某车站主体施工中影响既有运行既有地铁隧道线路项目为例,对其进行自动化监测,施工车站结构采用明挖法施工,标准段基坑深度约 27.2m,盾构段基坑深度约 28.7m,基坑围护采用钻孔灌注桩加内支撑结构,围护桩采用 1000, 1400 (加深段采用 1200@1600) 的钻孔灌注桩。主体基坑支撑采用 800mm, t=16mm 的钢支撑,桩间挂网喷混凝土封闭。地下水处理采用基坑外管井降水方案。车站距离既有运行线最近距离 8.3m,车站主体施工时对既有隧道变形影响采用视觉位移测量仪进行自动化监测,影响隧道距离 100m。

2 视觉位移测量仪自动化系统简介

视觉位移测量自动化技术是基于近景摄影测量法的应

用,其原理是计算画面中标靶图案随时间变化的像素位移量,转换为实际距离,并通过亚像素算法获取更细微的变化。系统布设时主要包括观测站、测量点和参考点三部分组成。观测站即仪器自身,以参考点为基准,对测量点进行长期的观测。其主要特性包括:

①精度高:测量精度达到 $\pm 0.2\text{mm}$;

②连续性:实现 1Hz 的采集频率,无论是运营还是停运均可连续测量;

③高效率:视场范围内所有测点水平位移、竖向位移、收敛变化量的同时观测计算。

近景摄影测量法原理如图 1 所示。

核心技术:“采用最小二乘法的多相机、多标靶高精度图像拟合计算”摄像机链式传导测量(附合路线的视觉位移测量技术)参考了水准仪的附合水准测量方案,主要做

【作者简介】周儒(1993-),男,中国河南商丘人,助理工程师,从事工程测量研究。

法是在测量区间（变形影响区域）以外首尾各设置 BM1、BM2 两个参考点，由多台仪器自 BM1 点作为基准点，不断传导测量至 BM2 点，得到符合要求的闭合差后平差值每台仪器的数据中。

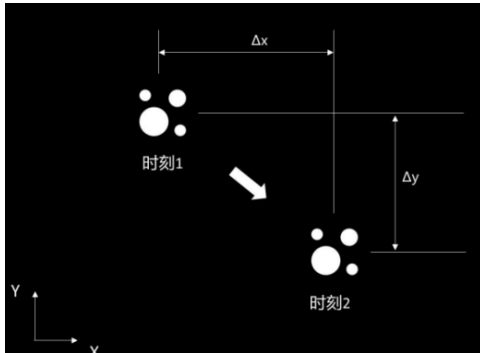


图1 近景摄影测量法原理

如图2所示，观测站1以BM1为参考点，对TP1、测量点1n进行测量；观测站2以TP1为参考，对TP2、2n进行测量；观测站3以TP2为参考，对TP3、3n进行测量；观测站4以TP3为参考，对TP4、4n进行测量了观测站5以TP4为参考，对BM2进行测量。BM2的测量结果即为闭

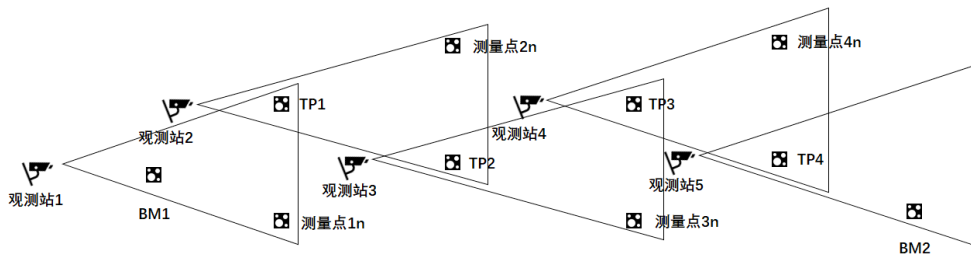


图2 摄像机链式传导测量示意图

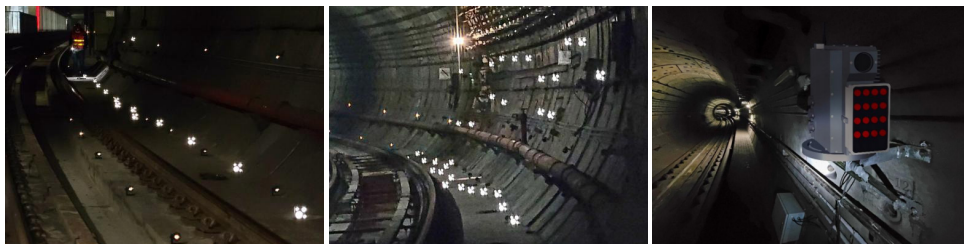


图3 标靶成像效果展示

6 视觉位移测量仪自动化系统优势

视觉位移测量系统作为新兴的测量手段受到业内人士的关注。其优势和价值主要体现在为：

①秒级采样、高准确性、智慧管理、数据增值。

秒级采样，大量数据支持，清晰地分析出列车振动带来的影响，及时弥补全站仪测量频次不足的问题。如图4所示，当列车经过时，环片沉降方向先向下变化，再向上变化，高低差为约0.05~0.1mm。

②该系统长期、实时、同时提供水平位移、沉降、收敛

三个变形指标。

由于视觉位移测量系统在联测时，其测量特点具有“高精度”“同时性”“同步性”“超低重复性”，在采用视觉位移测量系统时难度并不随联测的测量仪器数量增加而增大。因此，采取视觉测量法的附合路线的联测相比传统的全站仪更为容易^[1]。

3 亚像素与设计精度

亚像素是一种虚拟的像素，它在单个物理像素中再次进行算法处理，得到更为细分的分辨率，根据算法理论上可实现256个；亚像素精度提升倍率受多种因素影响，包括成像质量、标靶大小光线及距离。测量精度可达到 $\pm 0.1\text{mm}$ ，最远距离可达到 $\pm 0.2\text{mm}$ 设计精度。

4 视觉位移测量系统架构

反射式特殊图案靶，规格10cm×10cm（常用）/8cm×8cm/20cm×20cm。

5 隧道内安装样例

标靶成像效果如图3所示。

三个变形指标。

隧道沉降和水平位移、隧道收敛、道床沉降、管片接缝错位、轨枕横向高差变化数据同步生成，及时反映施工对既有线路的影响和突发状况。视觉位移测量仪自动化系统隧道结构测量数据同步生成如图5所示。

断面标靶布设方案暂定采用5点式，即拱顶1个，拱腰2个，拱脚2个。该方式可输出如下测量指标：

①拱顶沉降和水平位移；

②拱腰A沉降和水平位移；

- ③拱腰 B 沉降和水平位移;
 - ④道床 A 沉降和水平位移;
 - ⑤道床 B 沉降和水平位移;
 - ⑥净空收敛 A, 即拱顶测点与道床 A 测点的距离变化;
 - ⑦净空收敛 B, 即拱顶测点与道床 B 测点的距离变化;
 - ⑧水平收敛, 即拱腰左右测点的水平距离变化;
 - ⑨道床横向高差, 即道床 A 与道床 B 测点的纵向位移差;
 - ⑩区间结构变形缝差异沉降, 即相邻环片道床测点的纵向位移差。
- 断面标靶布设图如图 6 所示。

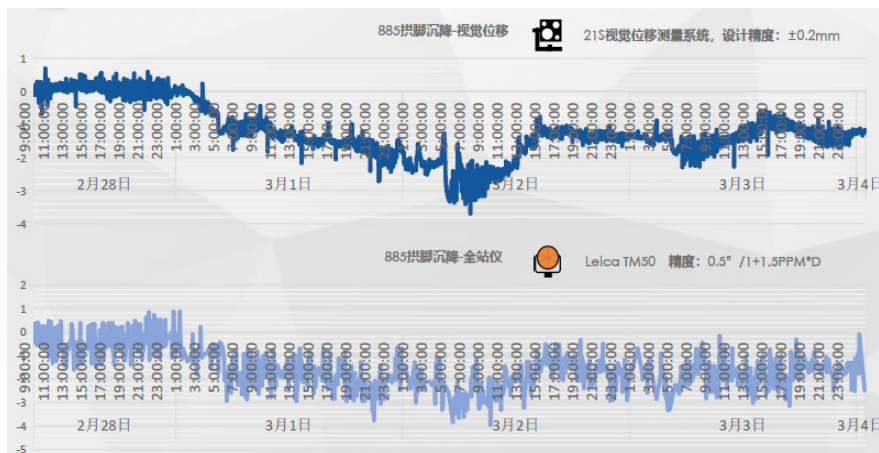


图 4 视觉位移测量仪自动化系统高准确性 (分钟级对比)

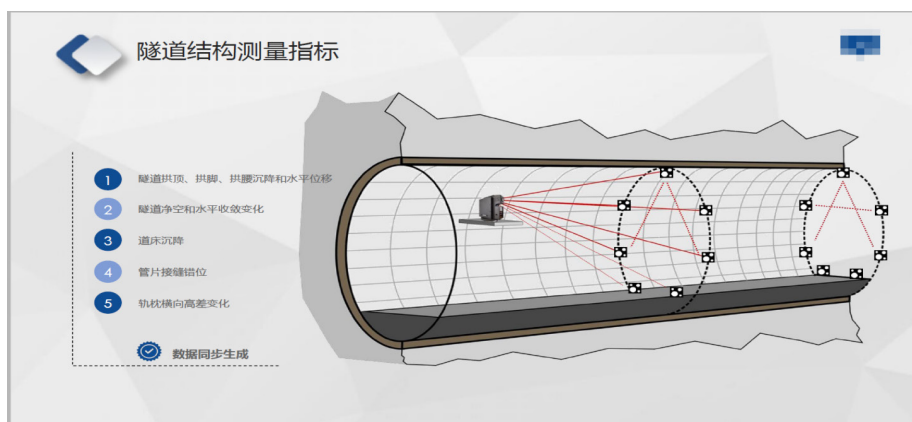


图 5 视觉位移测量仪自动化系统隧道结构测量数据同步生成

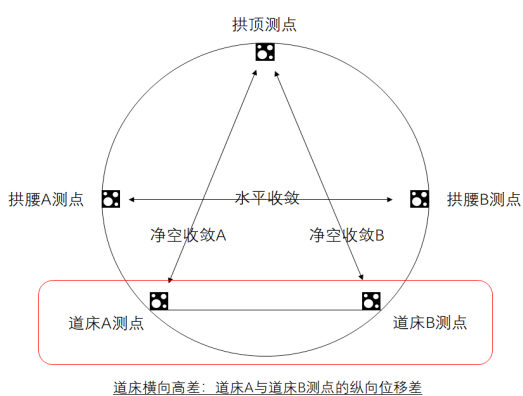


图 6 断面标靶布设图

7 自动化监测数据采集

结构及道床水平及竖向位移、隧道的收敛监测采用视觉

位移测量自动化监测系统实现。该系统长期、实时、同时提供水平位移、沉降、收敛三个变形指标。

一个完整的自动监测系统是指在无需操作人员干预的条件下, 实现自动观测、记录、处理、储存、报表编制、预警预报等功能。自动监测系统一般包括两个部分, 一个是由上述的监测点、基准点、监测断面、监测区段等反映变形变位特征的点、面构成的监测系统组成部分; 一个是由监测仪器设备、软件和信息调节传输装置等硬软件构成的另一组成部分。

具体测量过程为: 安装在计算机上的监控模块, 通过通讯模块发送测量指令给安装于工作基站的视觉位移测量主机, 控制设备对校核点和变形点进行扫描、记录、计算及自校, 并将测量结果发送至计算机, 由监测数据分析模块对监测数据进行整理、分析^[2]。

8 自动化监测数据与报表展示

8.1 历史数据展示

历史数据展示了测量结果以标定时刻为初始值的累积变

化量；每条趋势线代表了一个测量结果，操作人员可选择哪些结果需要展示。

8.2 报表功能展示

数据报表功能展示如图 7 所示。



图 7 数据报表功能展示

9 信息反馈

实现监测过程的信息化，建立顺畅、快捷的信息反馈渠道，及时、准确地测定各监测项目的变化量及变化速率，及时反馈获取的与施工过程有关的隧道结构监测信息，供设计、隧道运行人员及有关人员决策使用，才能最终实现监测自动化、信息化。为实现顺畅、快捷地反馈监测信息的目的，如果处理计算过程中发现监测数值过大，达到监测预警值，那么迅速通知各方，停止施工，由隧道运行方、专家组、施工设计等决定采取措施。如果监测数值过大，达到了红色预警、控制值，那么立即紧急通知各方，停止施工，并启动相关的抢险预案。

9.1 平台反馈（日报）

“工程项目资料管理程序”，是基于微信小程序制作的一款为工程项目资料提供上传、查阅、存储、汇总的实用软件。在手机端注册账号并被授权后，可直接查阅被授权项目的的相关信息、图纸、被委托单位的资质、项目形象进度、数据报告及监测结论等，为建设方、监管方、施工方、监测方等提供最方便的资料查询。

依托“视觉位移测量系统”自带的数据分析软件瞬时发送的电子数据及分析成果，经整理、检查无误后，以日报的形式在当日上传至“工程项目资料管理程序”，并通过程序自带的通知功能或电话、微信等告知资料已上传完毕，供业主及相关单位查阅。当监测数据异常时，己方会充分利用短信、微信平台告知、电话联络等方式积极与工程参与各方

进行沟通，确保不因传输报送工作影响本工程项目的施工安全、建设进度以及竣工验收等^[3]。

9.2 监测成果报告报送

对于现场采集到的各项监测数据，首先需利用统计模型进行粗差探测检验，确认不含粗差后再进行整体平差计算及测量精度统计，采用科学、合理的数据处理方法对监测成果进行整理分析，最终形成纸质版周报、月报及监测总结报告，并及时报送至各参与方。为方便查阅及存档，报告电子版亦上传至“工程项目资料管理程序”。

10 结语

根据以上描述，由于视觉位移测量系统的应用对地铁隧道有较大的优势。对数据采样有着便捷、高准确性、智慧管理、数据传输、信息处理。同时监测系统还具有长期、实时、同时提供水平位移、沉降、收敛三个变形指标。对隧道安全监测有技术性提高，很好地解决了隧道运行安全保障。

参考文献

- [1] 蒋岩松.成都地铁近接工程建设安全风险分析及应对措施的研究[D].成都:西南交通大学,2019.
- [2] 程景栋,段军朝,张能.盾构隧道下穿既有地铁线路自动化监测技术[J].建筑机械,2019(10):93-96.
- [3] 张海涛,李正文.基于测量机器人的隧道多测站变形监测方法分析[J].中华建设,2020(31):158-160.