

# 自动化监测技术在盾构长距离并行既有地铁隧道变形监测中的应用

纪可欣

杭州铁安工程有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v4i2.1040

**[摘要]** 随着地铁建设迅速发展,已运营地铁隧道结构安全及保护工作也越发重要,目前隧道内自动化监测技术以其高精度、实时等优点逐渐替代传统人工监测技术,在隧道外部基坑、穿越等施工影响既有地铁隧道监测中占据重要地位。本文主要讲述一种较为少见的外部作业施工-在建地铁隧道盾构长距离并行施工影响既有运营地铁隧道的监测方法,通过对该项目监测方案的实施及后续自动化监测数据分析,总结并积累一定经验,为后续类似监测项目提供指引。

**[关键词]** 自动化监测; 串联监测; 地铁隧道

**中图分类号:** P415.1+3 **文献标识码:** A

## 引言

近年来随着城市人口数量快速增加,地面交通拥堵问题引起社会重点关注。地铁以快速、准时、节能等优点很好的解决了这一问题。但是随着地铁线网不断完善,在建地铁穿越运营地铁隧道或车站、盾构在运营地铁车站接收等近距离施工越来越多,使得对既有地铁隧道的保护要求也越来越严格。本文以在建地铁并行施工为例,采用一种移动式串联自动化监测方法解决这种长距离、短时间特点的施工对既有地铁影响,通过数据分析,总结相关经验,对后续类似监测具有一定指导意义。

## 1 工程概况

### 1.1 工程简述

某市拟建地铁6号线隧道施工计划上穿4号线区间隧道,穿越后与4号线区间隧道并行,最后6号线左右线上下叠交进入4&6号线换乘车站。整个影响区域可分为“穿越段”、“并行段”、“叠交段”三个部分。其中穿越段竖向最小净距2.99米,并行段水平净距约6.5~12.4米,叠交段水平净距约12.2米。具体位置关系如图1所示。

施工影响范围内,拟建6号线盾构隧

道,除在车站附近部分进入淤泥质粉质粘土层,其余部分处于粉土粉砂层中,既有4号线盾构隧道大部分处于淤泥质粉质粘土和淤泥质粉质粘土夹粉砂中。其中淤泥土层具有“天然含水量高,压缩性高,灵敏度高、触变性高、流变性高、强度低,透水性低”等特点,因此在施工过程中要引起重视。

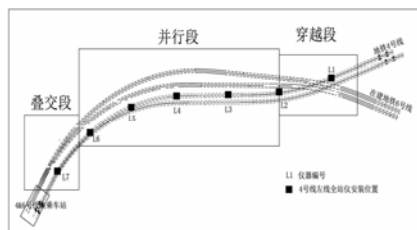


图1 工程平面位置关系图

### 1.2 监测范围及要求

根据设计及安全预评估文件要求,本次盾构施工影响4号线监测区域长度约为780米,监测项目主要包括隧道竖向位移、隧道水平收敛、隧道水平位移、车站与隧道区间差异沉降等。各监测项目预警/报警/控制值均为3/4/5mm。

## 2 自动化点位布设及自动化监测网型设计

本工程地铁隧道监测范围较大,自

动化监测系统的网型设计和全站仪串联直接关系到监测数据的精度与可靠性。开工前应进行现场实地勘查,总结以往工程经验,合理设计自动化监测网型,并根据网型进行点位布设。

### 2.1 自动化点位布设

(1) 变形监测点。变形监测点采用L型小棱镜安装在隧道结构上,视视现场实际情况安装成V型或W型,保证互不干扰,且与工作基点通视。

本次监测穿越段影响区域按照每5环管片(6米)布设一个监测断面,重点影响区域按照3环(3.6米)加密布设;并行段与叠交段监测断面全部按照每5环管片(6米)间距布设。隧道区域每个监测断面安装4个变形监测点,包括2个道床位置,2个拱腰位置;车站区域每个监测断面安装2个监测点,均布设在道床位置。

(2) 自动化监测基准点。自动化监测平面网设置为独立坐标系,基准点使用徕卡原装圆棱镜,安装在隧道监测区域外的隧道管片或车站侧墙上。每条隧道监测范围两端各布设4个圆棱镜,相互之间的间距为10~12米,并且距离最近的变形监测断面20米以外。圆棱镜的位置确保方便与全站仪进行通视,同时避免圆

棱镜相互之间的遮挡或干扰,尽量呈梅花形布设,避免发生小视场的情况。

本项目采用多套自动化串联监测系统,每3台仪器串联形成一个监测区域。4号线左右线影响区域外共布设16个后视大棱镜,每台仪器对中支架侧边安装偏置棱镜、每两台仪器中间1\3, 2\3处布设两个背靠背圆棱镜作为控制网二级点。以左线为例,用7个后视大棱镜检核剩余一个棱镜坐标,在此过程中依次检验仪器偏置棱镜和二级棱镜的精度,以1次/月的频率对自动化监测基准点进行复核。

(3) 自动化监测工作基点。自动化监测工作基点采用强制对中支架,固定在隧道拱腰部位,确保与基准点棱镜和变形监测点等通视条件良好,减少管壁折光影响。

### 2.2 自动化监测网型设计

据本工程特点及相关要求,在4号线隧道左右线轨行区分别布设自动化监测系统,每台全站仪监测范围长度约90~120米。考虑到全站仪自动化测量的精度、监测的报警值以及现场条件,拟在左右线隧道内各布设4台全站仪,采用每三台仪器串联方式对4号线地铁保护区监测。左右线均分为3个监测区域,其中4号线左线距离6号线最近,影响最大,以4号线左线为例,具体监测区域、及仪器分配如下表:

## 3 监测实施

### 3.1 平面控制网建立

自动化平面控制网采用无定向导线方式,先假定第一座仪器台的平面坐标,以垂直于隧道边线的方向作为北方向,依次在7个仪器台上架设全站仪,测量仪器台、基准点棱镜、传递点棱镜、偏置棱镜之间的角度和距离,初始值测量按照全圆观测法,观测9测回,相关技术指标满足《城市轨道交通工程测量规范》中的水平位移监测控制网I等网的测量要求。为了检核测量结果,测量次数不少于2次。内业计算采用Cosa平差软件,计

表1 4号线左线监测区域与仪器分配表

		4号线左线	全站仪转移时间	备注
串联监测一区	范围	0m-360m	盾构推进至4号线监测范围	自动化监测范围应根据6号线盾构掘进位置调整,至少应包含盾构机对应4号线隧道最近点前30m至后50m范围。
	仪器编号	L1号机, L2号机, L3号机		
串联监测二区	范围	360m-550m	盾构推进至330m附近时, L1号机移至L5号机位置	
	仪器编号	L3号机, L4号机, L5号机(L1号机)		
串联监测三区	范围	550m-780m	盾构推进至520m附近时, L2号机移至L6号机位置, L3号机移至L7号机位置	
	仪器编号	L5号机(L1号机), L6号机(L2号机), L7号机(L3号机)		

算得到仪器台、基准点棱镜、传递棱镜、偏置棱镜的初始值坐标。

### 3.2 数据处理及分析

由于本工程监测精度要求高,全站仪采用瑞士Leica公司生产的TM50全站仪,其测角精度高达0.5",测距精度为0.6mm+1ppm,自动化监测系统采用leica GeoMoS软件平台。GeoMoS监测系统会定时对监测基准点及工作基点进行测量,并对工作基点的稳定性进行分析,及时更新工作基点坐标,最终按照更新后坐标处理采集到的变形监测点数据,得出修正后的监测点坐标或变化量。

截至施工结束及项目停测,三次串联区域的自动化工作基点及基准点无异常情况,坐标精度在1mm左右,满足本工程监测精度要求。同时,整个监测期间,隧道竖向位移累计变化量-3.5~+4.1mm,隧道水平收敛累计变化量-2.8~+2.8mm,隧道水平位移累计变化量-2.5~+2.3mm。基准点及隧道竖向位移、水平收敛测项与多次人工复核结果对比,均在2mm左右,变化趋势吻合,较差较小。

## 4 结束语

(1) 本工程采用自动化的监测手段,提供高效、高精度、实时的监控数据,了解盾构施工对4号线运营隧道结构的动态变化,并及时将监测结果反馈到设计和施

工中,以便采取相应的施工技术措施,确保地铁4号线隧道结构安全可控。

(2) 本次移动式自动化串联监测是在常规自动化串联监测技术的基础上进行改进,很好的解决了大范围、短时间的盾构并行施工对既有运营线路监测的问题,为后续长距离盾构并行施工等类似监测项目提供参考方向。

(3) 全站仪转移工作应在判断盾构机后方影响区域内既有隧道趋于稳定状态下进行,具体判断标准仍需结合工程地质及施工情况而定;且全站仪转移后,监测区域后方基准点的选取以及其对平面控制网的精度影响也需要进一步研究。

### [参考文献]

[1] 秦长利.《城市轨道交通工程测量规范》修订简介[J].工程建设标准化,2008,(006):55-57.

[2] 靳羽西,纪万坤,孙立坤.多台测量机器人监测系统在地铁隧道中的应用[J].北京测绘,2020,34(10):1338-1342.

[3] 袁小磊.地铁自动化监测精度的研究[J].建筑工程技术与设计,2020,(31):3116.

[4] 陈喜凤,黄腾,刘岭,等.GeoMoS在地铁保护区自动化监测中的应用[J].测绘工程,2013,22(02):64-69.