

地铁隧道自动化监测精度分析

范信

(徐州地铁运营有限公司, 江苏 徐州 210000)

【摘要】中国东南地区,大量的城市轨道交通项目位于滨海、沿江漫滩地带,且多以软弱土层为主,地质条件极为复杂,因此,对轨道交通盾构施工区域进行变形监测显得尤为重要。由于地铁盾构隧道段的空间限制,隧道段通常都是又窄又长的,因此,在此基础上,结合有关规范的规定,对隧道段的变形监测的准确性进行了分析,并总结出一套合理而又经济的监测方法。

【关键词】地铁保护区;变形监测;自动化;精度分析

中国东南沿海地区的城市化水平相对较高,已有不少城市建成了轨道交通,并开始了轨道交通的发展。目前,我国一些城市轨道交通建设项目所经过的漫滩地区,以软土和砂土为主,地质情况比较复杂。随着城市发展的需求,一些工程项目与地铁站或地铁线路相邻,基坑降水等工程将会引起地铁隧道周边地下水位及应力场发生改变,从而引起地铁线路周边土体发生变形,进而引发地铁车站、地铁隧道结构的变形,对地铁的正常结构造成破坏,给地铁运营带来极大的安全隐患。轨道交通的建设对铁路沿线的经济发展起到了很大的推动作用,因此,对轨道交通地铁隧道工程进行监控是十分必要的。在地铁站台和隧道周围50米以内的区域是地铁的禁飞区。进行地铁保护区的智能化监测研究,对其进行持续、长期的监测,并对其进行及时的发现和预测,这对于确保地铁工程的安全和地铁的安全运营有着重要的意义。

一、地铁隧道自动化监测的意义

(一) 地铁隧道的自动化检测的必要性

随着我国大中城市的快速发展,城市交通拥挤问题也越来越受到人们的重视。建设一条轨道交通线路,可以有效地解决城市道路交通拥挤的问题。但是,随着我国城市轨道交通建设的增多,轨道交通的规划设计日趋复杂,以及房地产开发和城市地下空间的快速发展,使得许多建筑物在靠近轨道交通的同时,也对轨道交通产生了不同程度的影响。因此,将自动监控技术应用于地铁运营中的隧道就显得很有必要。这主要是由于,在正常情况下,地铁的运行是不能被中断的,也不能有人员进入到隧道中,因此,传统的人工监测方式是不能实现的。为了更好地管理和控制地铁的使用,我们必须使用先进的自动化监控系统。

这种系统能够24小时不间断的收集和分析隧道的沉降和变形信息,并能够及时发现和评估周围建筑物的情况,从而更好地管理和控制地铁的使用。

(二) 地铁隧道自动化检测的目的

1. 确定准确的施工参数。在开始建筑项目之前,应该通过比较实际使用的自动化监控系统和预定的参数,以便做出合理的决策,减少因参数不准确导致的问题。通过这种方式,我们能够更好地控制和调整建筑物的运输和安装,保证后期的建筑项目顺利完成。

2. 优化地铁隧道的设计方案。磨刀不误砍柴工,我们必须要把自己的“刀”磨得足够锋利,这样才能保证我们在未来的建设中,可以进行最大限度的优化。在此基础上,利用该自动监控系统提供的数据,对设计方案及设计参数进行改进。

二、监测方法

地铁保护区监测的主要内容有:垂直位移监测(沉降监测)、水平位移监测、收敛监测3种。利用水平仪,全站仪,位移计等仪器进行变形监测。当前,我国对轨道交通运行状态下的高精度实时监测方法的研究还很少,在轨道交通状态下,通常使用全站仪进行水平位移监测,而在轨道交通状态下,通常使用水准仪进行沉降监测,而在收敛性方面,通常使用位移计或者坐标反演的方法进行监测。目前的监测手段以人工监测为主,辅以高精度全站仪自动监测。采用人工测量的方式,存在着自动化程度低、劳动强度大、与地铁的正常运行相互干扰、工作效率低、后期数据处理工作量大等问题。高精度全站仪能实现自动观测,但其观测距离也有一定的局限性。在对地铁施工监控进行实时性要求的基础上,提出了自动化、

智能化监控是未来地铁施工监控的发展趋势。

（一）人工辅助监测

在地铁保护区域的监控中，自动化、智能化监控是目前的发展趋势，但也存在着一些不足。例如，垂直方向上的自动位移测量不能像几何水准那样精确，管片裂隙的自动观察比较困难等等。在此基础上，提出了以自动监控为主，辅以人工监控的原则。

1. 人工垂直位移监测。以 1985 国家高程基准或工程高程系统为基础，在地铁站周围布置 3 个稳定的工作基点，并与长期运行监测的深桩点进行定期的联测，工作基点应该建立在基岩或持力层上，在监测过程中使用了来回的观测方式。根据《国家一、二等水准测量规范》的规定，进行基础水准网的观测。每个监测点的高程初值都是在监测项目之前进行的，为了确保施测的准确性和稳定性，应该进行 3 次的测量，在限差之内，将 3 次的平均值作为每个监测点的高程初值。在一个观测站点上，以当前和以前的观测数据之差为累计沉降。

2. 隧道水平收敛监测。在工程开挖时，管片周边的土压力会发生改变，从而引起隧道内圆管的收敛性变形，所以必须在施工时对圆管进行收敛性监测。

利用手持式测距仪或经过检验的钢尺对管片收敛性进行了监测。在测量之前，按照设计要求的测量密度，在管片中间喷涂标志，用手持激光测距仪或钢尺直接测量收敛性测线的长度，从而计算出收敛性的变化量。再次测量结果和初次测量结果的差值就是管道的直径变形。计算公式是：

$$h_i = D_i - D_0 \quad (1)$$

式中， h_i 为本次变化量； D_i 为本次收敛值； D_0 为初始收敛值，即 h_i 为负，表示隧道收敛， h_i 为正，表示隧道扩散。

3. 管片裂缝监测。在管片产生裂纹时，应立即对其裂纹进行测量，并照相保存，照相时应将钢圈尺置于与裂纹垂直的位置。在此基础上，提出了一种基于智能裂缝测宽仪的裂缝测量方法，实现了裂缝宽度的自动判读，裂缝图像的拍摄，并实现了对裂缝宽度的实时测量，测量范围从 0~8 毫米，精度小于 0.01 毫米。在施工开始之前，各方都要对隧道的现状进行确认，在进行日常监测的过程中，如果出现了新的渗漏、裂缝，或者是原有的渗漏、裂缝情况有了显著的增长，就要立即将其上报，并通知有关部门，对其进行分析，对其进行解决，并将其拍成照片存档，以便各方进行检查。

（二）自动化监测

地铁隧道结构变形监测工作主要包括两个方面：一是测站设置、参考点设置和监测点布置；二是道床横向位移、纵向位移及巷道横向收敛性的自动监控。

1. 自动监测系统的基本组成。自动监测系统由 8 个部分构成，分别是基准点、监测点、全自动全站仪、基站、通讯模块、监控模块、计算机、监测数据分析软件。通信模式使用码分多址（码分多址）技术，这种技术能够实现无线通信。

为了确保交通的安全，我们需要将工作站放置在隧道的边缘，这样既能保证信号的稳定性，又能提供良好的观察角度。此外，我们还需要将自动全站仪安装到基站上，这样它们就能够和监控中心的电信和移动网络进行通信。通过使用机房的控制系统，我们可以依据预先设置的步骤，在每个位置上精确地检查、记录、统计数据，然后把这些数据传输给机房，以便在那里的计算机可以快速、有效地处理这些数据。

2. 工作基站及校核点设置。为了满足段巷自动化监测的技术要求，我们必须精心设计工作基站和校核点，以确保仪器能够准确地定位目标，并且尽可能地减少仪器视场角，使得每个监测点仅限于一个。

工作基点的布置要使仪器视场最小，使全站仪能很容易地自动查找到目标。在设定工作基准时，应先将仪表支架放好，再将仪表固定好。

3. 监测使用的平面、高程基准点。根据实际情况，我们应该在 10 ~ 15 环距离的稳定位置上，选择 4 个或更多的平面和高程基准点，并且采用自动化监测技术，以确保施工影响的有效控制。

4. 监测点布置。对受基坑工程影响大的地铁上行线和下行线区间（基坑围护体与隧道管壁之间的间距不超过 10m，按 5 圈布置 1 个监测区段；在对工程建设影响不大的区域，按 10 个环形布置一个监测区段。在上下行线隧道中，每段均设置 60 个监控剖面。

为了更好地了解基坑的变化，我们建议在整个建筑物的周边地带，包括盾构区域，每隔 5 ~ 10 个环安装 1 个监控断面，并根据实际需要增加数量。我们建议在每个断面上安装 4 个监控点，分别位于道床和侧壁。这样，我们就能够更准确地估算出不同地层的变化，并为后续的改造提供参考。

基站仪器支架采用角钢制造，并配有强力对中基座，支架通过扩张螺钉固定于观察桩或巷道内壁。

5. 盾构隧道结构水平位移和垂直位移自动化监

测。本文针对我国城市轨道交通中轨道交通形变场的监测需求,提出了利用徕卡 TM30 型专用全站仪对轨道交通形变场进行监测的方法。

6. 计算原理与方法。在该监控系统中,根据参考点的坐标信息,通过多次实时微分技术,获得了各个变形点的坐标变化。

三、分析研究测量的精度

在一个项目中,采用了一个高度精确的 LeicaTM30 型测量机器人,它的角度测量准确度为 $0.5''$ 。从观测角度上来看,只要条件允许,这台仪器的准确度可以达到 120 米。为验证该自动监控系统的可靠性与准确性,为避免基坑开挖扰动与土体徐变的影响,本项目拟选取基坑开挖前具有较高稳定性的观测资料,对其进行深入研究,并在此基础上,从仪器布站精度、折射效应、列车运行效应等多方面对该自动监控系统进行综合分析。

(一) 全站仪后方交会的精度

但因受地下空间制约,控制网的网形不够理想。为了对比后视控制点对仪器设站点精度的影响,在原有控制点的基础上添加了五个后视点,并尽量保证后视点沿隧道圆形方向的分布是均匀的。

我们可以看到,多了五个控制点后,后面的交会推算装置设置点的定位精度有了明显的提高。为此,应科学、合理地布置后视控制点,并尽量沿巷道周向均匀分布,以提高控制网的可靠性。

(二) 对于管壁折光时的测量精度不予考虑

考虑到地铁隧道本身的特点,在全站仪对侧管壁上布置的观测点通常不受管壁折光的影响。

(三) 列车运行产生的影响

地铁在边境线上行驶的时候,由于视野和震动的的原因,很难观察到周围的情况。为了分析列车振动后对整个监测系统所造成的影响,我们统计了运行期间和非运行期间全部测点钟误差的算术平均值。

在运行过程中,列车的振动对测量精度的影响较小,通过对仪器台的固定和钻孔埋设,可以进一步提高自动化监测系统的可靠性和稳定性。另外,由于列车长时间工作在高频振动环境中,也会对仪表造成影响,因此,必须对仪表进行定期的检测和校准。

(四) 壁管旁折光的影响

统计工程中的各监测断面,计算仪器对侧,同测,道床面不同测点的精度,而离得近的测量点,很可能会被反射回来的光线所干扰,从而导致测量结果的可靠性大打折扣。因此,在布设测点时,要综合考虑管

壁折光的影响,检查数据是否可用,并对受到折光影响的测点进行重新布设。

四、对监测结果的分析

临近基坑的建设引起了地铁隧道的水平位移、沉降以及隧道的直径增大等问题,而自动监控的结果与人工监控的结果基本吻合,从而进一步证明了该监控系统的可靠性。

五、结束语

深基坑建设对周边环境有重大影响,在基坑持续开挖过程中,基坑底部的集运隧道受垂直方向的影响最大,为常用的测量方法带来了困难。用自动监测手段,实时掌握该工程的施工过程中所遇到的围岩结构的变形情况,并将其与各个监测点的变形值进行对比分析,给出相应的预警预报;采取有效的安全预防措施,保证建筑施工的安全性;在此基础上,利用现场实测结果进行信息反馈,对设计进行优化,实现了高质量、高安全、经济合理、快速施工的目标。

国内很多城市都有了轨道交通,轨道交通也越来越普及。地铁隧道在运行时,由于周围建筑物的存在,会对其造成一定的影响,从而对其安全运行造成一定的威胁。为了解周围建筑对地铁隧道的影响程度,保证地铁隧道的安全性,将自动监控技术应用于地铁隧道,可以在不影响地铁正常运营的情况下,对地铁隧道的安全状态进行实时监控。由于地铁保护区域的特殊性质,传统的人工监测方法在精度和监测频率上都无法满足实际需要。精度高的机器人能够 24 小时进行自动监控,且不易受地铁运行的影响,因此,在地铁隧道保护区监控工作中得到了广泛的认同和应用。

参考文献:

- [1] 吴国晓,程明.静力水准在地铁隧道结构自动化监测中的应用[J].山西建筑.2016,(31): 98-99.
- [2] 韩易.地铁保护区沉降自动化监测与人工监测的数据对比分析[J].测绘与空间地理信息.2016,(2): 69-70.
- [3] 鲍智恩,鲍光海.基于 C/S 和 B/S 结构的低压配电网在线监测系统的设计[J].电器与能效管理技术.2016,(6): 17-19. 5531.2016.06.005.
- [4] 吴森阳,王星星,曾瑞韩.自动化监测技术在地铁中的应用研究[J].建筑工程技术与设计.2015,(12): 214.
- [5] 杜世伟,王健.隧道下穿地铁车站监测方法研究[J].北京建筑大学学报.2015,(2): 13-14.