

测量机器人技术在地表沉降监测中的应用

谢训挺 张凡锋

江西有色地质勘查四队

摘要:目前,我国的科技发展十分迅速,在沉降监测中,水准测量虽然可以获得较高的测量精度,但施测速度慢,劳动强度大,而且还受地形起伏影响较大。测量机器人作为目前先进的测量仪器之一,利用其自动搜索和自动照准目标功能进行地表沉降监测,对于提高测绘生产单位科技创新能力以及探索测量机器人在地表沉降监测中的应用具有借鉴作用。基于测量机器人进行相关数据采集,并与水准测量监测数据进行对比,验证测量机器人技术在地表沉降监测中应用的可行性。

关键词:地表沉降监测;数据处理;精度分析;测量机器人

引言

对露天矿进行开采时,经常会发生边坡不同程度的坍塌现象,不仅影响煤矿开采的进度,还会威胁煤矿开采人员的人身安全。因此,需要采用测量机器人地表位移监测系统加强对露天矿边坡的监测,从而及时发现露天矿边坡存在的问题,提高露天矿开采的安全性。测量机器人地表位移监测系统,主要是根据实际情况科学地布设测量机器人与棱镜的位置,调节监测频率与预测阈值,从而实现露天边坡的全面监测,确保边坡监测数据的准确性。

一、测量机器人隧道变形自动监测系统的原理及系统结构

测量机器人具有广泛的应用,在变形监测领域的应用原理是依靠其伺服马达自动寻标并精密完成斜距、垂直角、高差、坐标等观测量的动态观测,在隧道环境下则可以完成隧道收敛、拱顶下沉、地表下沉、三维位移等监测量的连续监测。借助其他软硬件设备可完成数据记录、数据传输、数据处理、图形绘制、变形分析、变形预报等功能。采用基于TCA2003测量机器人的全自动动态监测系统,全天候无人值守地在地铁运行间隔内完成地铁隧道变形连续监测,系统无须人工干预,自动实现观测、记录、数据处理、数据存储、报表编制、预警预报等功能,系统的软件和硬件配置包括TCA自动搜标测量机器人、反射棱镜、通讯及供电电缆、计算机与专用软件。

二、测量机器人技术在地表沉降监测中的应用

(一) 地表沉降监测实施

1) 沉降试验区域的确定。选取某煤矿的一个开采区域作为研究地表沉降监测区域,该区域南北宽约0.5km,东西长约1km。2) 确定沉降监测的平面坐标系。采用1980西安坐标系,高斯投影3°带平面直角坐标系。高程采用独立高程系统。3) 沉降监测的等级及精度指标。依据研究目的,结合现行GB50026—2007《工程测量规范》、JGJ8—2007《建筑变形测量规范》等变形监测的等级及精度指标划分标准,选择沉降监测的等级及精度指标,变形观测点的高程中误差±1.0mm,相邻变形观测点的高程中误差±0.5mm,变形观测点的点位中误差±6.0mm。4) 基准点、工作基点的布设及施测。沉降监测是依据基准点来进行的,因此需要保证基准点的位置在整个沉降观测期间稳定不变。为了保证基准点的正确性,同时要求便于相互检查,依据《工程测量规范》和《建筑变形测量规范》,布设的基准点数量应尽量不少于3个,并构成基准网。基准点的埋设地点应保证有足够的稳定性,并设置在受震、受压范围之外,远离铁路、公路和地下管道等地物。本次试验共布设了5个基准点。工作基点是直接测定观测点的控制点,通常埋设在研究对象附近且方便使用的位置,并要求在观测期间保持点位稳定,能与对基准点定期进行检测。沉降观测点沿煤矿开采

巷道方向布设,每隔10~20m布设1个点,共布设了114个观测点(埋设121个点,其中有7个点遭到破坏),观测点均为埋石点。5) 基准点的施测。沉降观测周期应以能反映沉降体的沉降过程且不遗漏其变化时刻为原则,根据沉降体的沉降特征、沉降速率、观测精度及外界影响因素等综合确定。通过对已收集资料的统计分析和沉降监测区域的实地调查,沉降观测周期确定为每3个月观测1次。

(二) 系统的监测频率与预警阈值

根据调查可知,一般情况下,测量机器人地表位移监测系统监测频率设置为1次/6h。若监测地点边坡发生位移,监测频率更改为1次/4h;若边坡发生位移的速度过快,系统的监测频率设置为1次/2h,并且要对监测的数据进行收集存储,为边坡位移的治理提供数据依据。对于测量机器人地表位移监测系统的预警阈值设置,根据相关调查可知,通常情况下,黄色预警的范围是边坡位移程度达到35mm;橙色预警范围是边坡位移程度达到95mm;红色预警范围是边坡位移程度达到95mm,并且边坡位移的速度超过6mm/h。

(三) 标准精密测距棱镜

棱镜作为观测标志,利用膨胀螺丝固定在隧道内侧,其数目可按实际需要设定,该标志能被测量机器人自动跟踪锁定,以实施精密测角和测距。监测棱镜安装在变形区内,通过对监测目标的连续测量分析计算出该变形区的变形量。

(四) TCA2003测量机器人高程测量精度分析

测量机器人的坐标测量原理与全站仪相同,它具有自动照准功能。当测量的垂直角较大时,测量机器人的高程测量精度低于平面测量精度。而在矿区地表移动监测中更关心的是地表下沉值。本实验用TCA2003对开采沉陷区进行动态监测,因此有必要分析其高程测量精度是否能够满足开采沉陷动态监测的需求。由坐标正算公式及中误差传播定律,经过化简得高程

测量的中误差公式为: $m_H^2 = m_1^2 + m_2^2 + m_i^2 + m_v^2$ 式中: m_1 、 m_2 、 m_i 、 m_v 分别为测距误差、测角误差、仪器高测量误差、觇标高测量误差。取 $m_i = m_v = 2\text{mm}$ 。这样可以计算TCA2003单向测量高程的中误差。不同距离和角度高程测量精度见表1。地表移动观测站的常规水准测量,要求的精度是10mm,由表1可知,在水平距离1000m以内,垂直角50°以内,TCA2003能满足矿区地表沉陷动态监测的精度要求。

结语

国内外的研究表明,由测量机器人组成的自动监测系统,在隧道工程中具有精度高、实时、动态、全天候、智能远程遥测的优点,可实现真正意义上的无人值守连续运行的高精度自动形变监测,应用前景广阔;其应用的局限性是只能逐个单点定期监测,在一定程度上增加了成本,降低了工程监测的效率。因此,控制成本,开发多点监测功能并全面实现自动化、智能化和网络化是其发展方向。

参考文献

- [1] 黄声亨,尹晖,蒋征.变形监测数据处理[M].武汉:武汉大学出版社,2001.
- [2] 朱顺平,薛英.ATR的工作原理、校准及检测[J].北京测绘,2005(3):26-29.
- [3] 沈月千,黄腾.测量机器人在三角网测量中的应用分析[J].水电自动化与大坝监测,2011,35(4):64-67.