

• 设备与维修 •

GPS-RTK 在矿山开采地表变形监测中的应用

王 瑞 卢志刚 邓华梅

(江西理工大学, 江西 赣州 341000)

摘要: 叙述了 GPS-RTK 技术在地表变形监测中的应用, 探讨了 GPS-RTK 技术的工作原理、影响信号因素及优缺点, 并对全站仪测量结果进行了精度比较。

关键词: GPS-RTK; 变形监测; 精度; 碎部点; 基准点

中图分类号: P 25 文献标识码: B 文章编号: 1671-8550 (2013) 01-0035-03

0 引言

随着我国经济建设的快速发展和各种能源的不断开发利用, 我国的矿产资源也随之减少, 为合理的利用资源有些露天开采已转为地下开采。随着地下矿产资源的逐年开采, 地下采空区越来越大, 为保证矿山的安全生产地表变形监测工作尤为重要。

在常规矿山地表变形监测中, 通常采用测回法或三角高程的方法进行监测, 但是矿区一般地形起伏较大且树木茂密, 变形监测存在外业工作量较大、需要多次转站、测量累积误差较大等问题, 工作效率大幅降低。随着测量技术的发展, 变形监测方法已随着高精度仪器设备的广泛应用而发生改变。如 GPS-RTK、测量机器人、三维激光等先进测量设备, 这些方法如果应用于矿山的地表移动与变形监测, 将为矿山的安全生产提供保证。针对矿山区域条件, GPS-RTK 技术不但可以克服地形起伏比较大树木茂密造成不通视的问题, 而且还可减少测站数来提高测量的精度, 这为应用于矿山地表变形监测具备了较大优势。本文以某硫铁矿的变形监测为研究背景, 讨论 GPS-RTK 的工作原理、影响接收信号的因素, 并采用 GPS-RTK 技术和全站仪两种测量方法进行了监测对比, 并分析了两者的精度。

1 GPS-RTK 原理

1.1 工作原理

(RTK—Real Time Kinematic) 是一种载波相位观测值实时动态 GPS 定位技术, 它是 GPS 测量技术领域内一个重要的突破, RTK 技术需要建立两个基站。工作原理是将一台接收机安置在基准站上(控制点); 另一台或几台接收机置于载体上作为流动站, 流动站和基准站通过蓝牙进行连接, 并同时接收同一时段、同一卫星所发射的卫星信号。基准站所得到的观测值与已知位置信息进行比较, 得到 GPS 的差分改正值, 此差分值通过蓝牙传递到流动站以精化 RTK 的观测值, 最终获得差分改正后流动站较准确的观测值, 并且实时的计算流动站所在位置的三维坐标。

1.2 影响因素

GPS-RTK 测量技术和其他测量技术相比控制点和碎部点不需要通视, 但是 RTK 测量技术是通过无线电信号数据链进行数据传输的, 影响信号稳定性主要因素: 1) 是否能正常接收卫星信号; 2) 基准站的选址是否正确; 3) 站台的信号发送性能; 4) 电磁信号的干扰等。因此, 在矿山地表测量中需要注意: 1) 由于矿山一般在丘陵或山区, 因此, 基准站应设在树木不茂密, 且地势比较高的区域, 以防干扰接收卫星信号; 2) 基准站应避开磁场较大的地方, 比如远离高压电线、信号发射塔, 如果矿山是磁铁矿应尽可能的远离采场和采空区; 3) 设置基准站频率应和天线的高度保持匹配, 频率越大天线的高度就要越高; 4) 基准站台和流动站最小保持在 4 km 以内, 以保证测量的精度。如果能够保证这些因素不受影响, 水平测量精度可以保证不大于 10 mm, 高程可保证不大于 20 mm。

1.3 GPS-RTK 测量优势

收稿日期: 2012-08-02

作者简介: 王 瑞 (1985—), 男 (汉族), 内蒙古根河人, 江西理工大学应用科学学院助教。

——作业效率高。RTK 测量技术与水准测量和三角高程测量相比作业效率高，测量过程中不需要两点间通视。设站一次就可以测完不大于 4 km 半径的区域，大幅减少了传统测量需要两点间通视和搬站的问题，只需要一个人操作流动站一秒钟就可以得到一个点的坐标，作业速度比较快、劳动成本大幅降低，提高了劳动效率。

——数据精度高、安全可靠，没有累积误差。在测量过程中只要满足 RTK 测量要求，在半径不大于 4 km 的区域内，所测数据的水平和高程精度均能达到毫米级。RTK 测量的水平精度为 $\pm 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ ，高程 $\pm 20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ 。

——操作简单快捷。将基准站安置在已知点上，然后组装好流动站用蓝牙连接基准站和流动站。校核完后就可以边走边进行碎部点的测量工作。测量数据的输出、处理、存储能力强，可快速的与电脑连接。

2 工程实例

2.1 工程概述

某硫铁矿目前正进行 +100 m 以下水平分层的地下开采，井下施工中沿及西沿均掘进至 0 线与 1 线中间部位，两条巷道均为沿脉巷道，在矿层中掘进。矿层结构比较松软，矿石较破碎、稳定性差，巷道掘进维护较困难。矿层产状不明显，但总体向西倾，厚度大，矿层倾角总体为 $5^\circ \sim 15^\circ$ 。矿山地质和地貌情况比较复杂：地势高低不平、起伏大，测区范围不大，矿区植被分布广泛。+100 m 以上水平分层采空区地表存在 4 个旧塌陷坑，其中有两个塌陷坑比较大。

2.2 观测方法

对整个矿区布置了控制点和变形监测点如图 1。

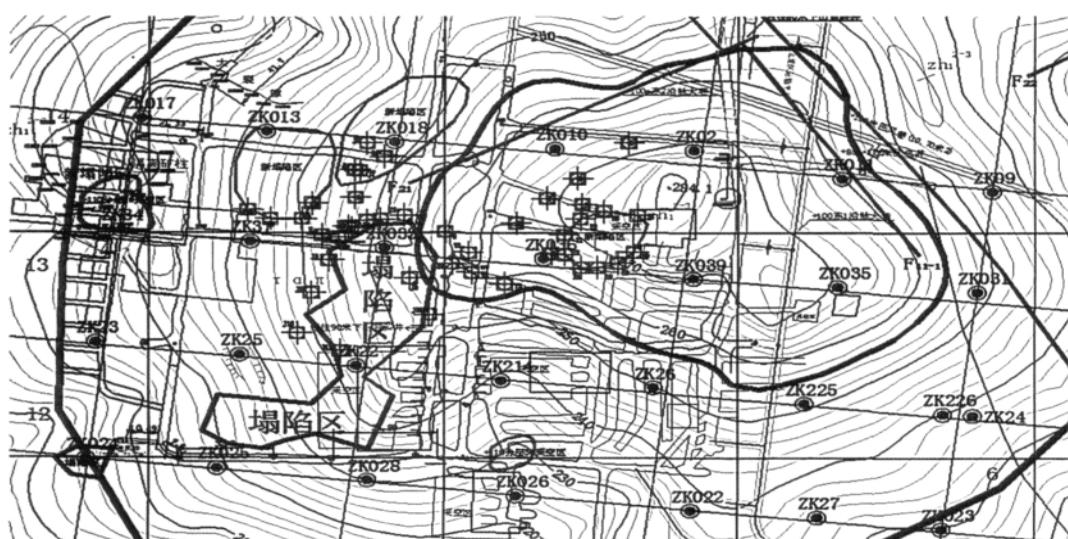


图 1 监测点布设示意图

基准点 G 作为基准站的设置点并在附近架设天线，基准站和流动站用蓝牙进行连接，基准点 F、J、K、E 作为流动站的校核点，在每个校核点上用三脚架固定流动站台进行 3 分钟测量校核。为了验证 RTK 技术的测量精度，选择变形监测点 A、C、D、H、I 分别采用 RTK 和全站仪进行观测，RTK 在每个变形监测点上用三脚架固定流动站并测量 5 秒钟，以获得较准确点位的三维坐标。全站仪采用盘左盘右和三角高程对向观测取平均值获得点位三维坐标。两者平面位置和高程的测量结

果比较见图 2、3。

采用 GPS-RTK 方法和全站仪对矿区 5 个具有代表性的控制点进行了周期监测，并与静态机 GPS 测量结果相比较，它们的垂直沉降量和水平偏移量见表 1、2。从图 2、3 中可以看出，这两种方法所测的数据和静态 GPS 所测的数据相比，水平位移 RTK 所测精度高于三角高程，在高程方面全站仪的三角高程高于 GPS-RTK。但是，GPS-RTK 所测的精度也达到矿山地表变形监测的精度要求，一般矿山的水平位移偏移精度为 15 mm，

垂直位移沉降精度为25 mm。

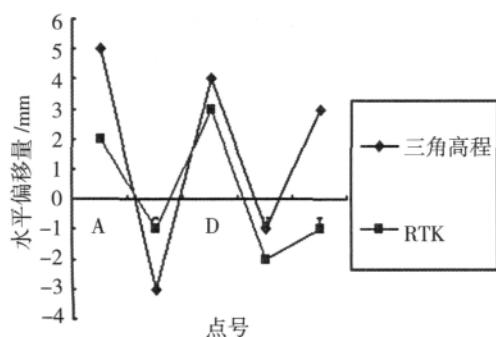


图2 水平偏移分析

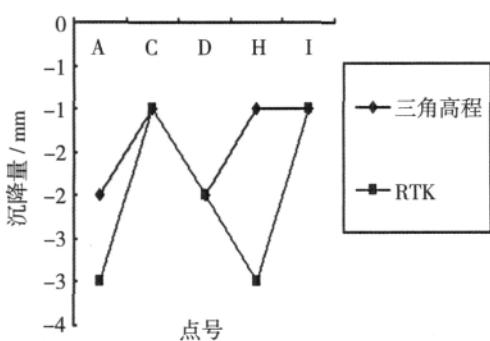


图3 垂直沉降分析

表1 垂直监测数据/mm

点号	三角高程 垂直偏移	RTK 垂直偏移
A	-2	-3
C	-1	-1
D	-2	-2
H	-1	-3
I	-1	-1

表2 水平监测数据/mm

点号	三角高程 水平偏移	RTK 水平偏移
A	5	2
C	-3	-1
D	4	3
H	-1	-2
I	3	-1

虽然GPS-RTK所测垂直偏移精度稍低于三角高程的精度，但是，GPS-RTK水平位移精度比较高、操作简单、工作效率高、累积误差少。因此，在矿山的地表变形监测中，使用GPS-RTK进行监测完全满足监测的精度要求。

3 结语

实践表明，GPS-RTK作为一种测量新技术给矿山的测量工作特别是矿山地表移动与变形监测带来了较大的方便，该技术不受通视条件、地形变化、季节等因素的影响，节省了外业的费用，提高了工作效率，随着测量技术的进一步提高，在矿山的应用范围会更加的广泛。

参考文献：

- [1] 买买提江·阿布力米提. RTK技术在现代矿山测量中的应用 [M]. 新疆有色金属出版社, 2011: 19~20.
- [2] 罗兴. GPS-RTK测量技术在水文测站的应用探讨 [J]. 《长江工程职业技术学院学报》, 2012: 21~22.
- [3] 延陆军. GPS-RTK技术在矿山测绘中的应用 [J]. 《山西科技》, 2012: 33~34.
- [4] 王刚, 郭广礼. GPS-RTK技术在矿山测量中的应用研究 [J]. 《煤矿现代化》, 2011: 89~92.
- [5] 左朝. GPS-RTK技术原理及应用 [J]. 《科技信息》, 2012: 155.
- [6] 李东红. RTK(GPS)定位技术在矿山测量中的应用 [J]. 《矿业论坛》, 2011: 750.

GPS-RTK technology applied in monitoring of ground surface deformation caused by mining activities

WANG Rui, LU Zhigang, DENG Huamei

(Jiangxi University of Technology, Ganzhou 341000, China)

Abstract: The working principle, influencing factors, advantages & disadvantages of GPS-RTK technology and its application in monitoring of ground surface deformation are explained. The measuring accuracy of GPS-RTK technology is compared with that of total station instrument.

Key words: GPS-RTK technology; monitoring of deformation; accuracy; scattered survey point; datum point