

北斗系统在输电线路防灾监测中的应用探索

李 喆, 刘浩宇, 佘佐超

(国网四川省电力公司成都供电公司, 四川 成都 610041)

摘要:输电线路覆盖范围广、输送距离长,沿途所经区域环境条件恶劣、地质地形复杂,存在巡检效率低、复巡周期长、监测数据不精确等问题。针对220 kV线路一基杆塔受地质扰动影响而出现塔基沉降杆塔发生主材形变、倾斜度增加,利用北斗系统及地基增强系统,采用综合分析法准确、可靠地获取毫米级监测数据,全面掌握各类风险的实时状态信息构建输电线路杆塔变形及塔基地质隐患防灾监测应用体系,为线路防灾应用提供技术参考。

关键词:输电线路;地质扰动;北斗卫星导航系统;铁塔沉降监测

中图分类号:P237 **文献标志码:**B **文章编号:**1003-6954(2020)06-0071-04

Exploration of Application of Beidou Navigation System to Disaster Prevention Monitoring for Transmission Line

Li Zhe, Liu Haoyu, She Zuochao

(State Grid Chengdu Electric Power Supply Company, Chengdu 610041, Sichuan, China)

Abstract: Transmission lines cover a wide range, and have long transmission distances, bad environmental conditions and complex geological terrain, so there are many problems such as low efficiency of inspection, long cycle of re-inspection, inaccurate monitoring data and so on. In view of a 220 kV transmission line, there are tower foundation settlement caused by geological disturbance, the deformation of main materials and the increase of inclination of the tower. The Beidou navigation system and the foundation reinforcement system are used to accurately and reliably obtain high-precision monitoring data of millimetre level and comprehensively grasp the real-time status information of various risks. Through constructing the disaster prevention monitoring system for tower deformation and geological hazards of tower foundation in transmission lines, the field application and data analysis provide a technical reference for the application of line disaster prevention.

Key words: transmission line; geological disturbance; Beidou navigation system; monitoring of tower settlement

0 引言

四川省的地势复杂,地形地貌类别多样,包括了盆地、平原以及山地特征。紧邻龙门山脉的输电线路较多,龙门山脉地质条件复杂、降雨丰沛、人类工程活动强烈,部分区域地质灾害发生类别多、程度重、辐射广、频度高,倒杆断线的风险较高。这对输电线路的破坏性最强,电网容灾的能力不容乐观,亟需通过有效的监测手段,设置地灾观测点,对电力设施地质环境位移、沉降等状态进行高精度监测并及时告警,提升电网地灾隐患应急处置能力。文献[1]利用电力北斗技术,通过其中三大功能之一的短报文通信,开展了北斗系统的地质环境监测信息采集,

实现地面以下的监测等典型应用。文献[2]通过完善形成建筑物坐标监测体系,对北斗系统在城市中建筑物防灾减灾应用提供了一种新思路,也启发了编写思路。文献[3]采取载波相位差分技术(real-time kinematic, RTK)论证关于杆塔变化中达到厘米程度变化的有关理论。文献[4]阐述了北斗系统在高纬度东北区域短基线的统计精度。文献[5]明确了北斗系统在短基线条件下的毫米级分析能力,能够达到目前市场中所有的精度监测的实际需求。

按照已有的论证成果,下面主要基于杆塔发生沉降的突出情况,通过RTK技术对地质扰动的杆塔沉降情况进行数据监控预警^[6],从而保障了杆塔设备安全稳定的运行。同时对相关数据也进行分析论证^[7],全方位描述北斗系统在实际使用中的应用情况^[8]及取得的成效。

1 案例基本情况

成都市 220 kV 桃圣线 M 号塔位于成都市主城区某乡的砂石厂内,杆塔型式为 SJ901 - 30.5(30),基础根开 12.550 m;基础形式为人工挖孔桩基础,A、B、C 腿桩基高度 9 m、D 腿桩基高度 7.5 m,直径 1.2 m。该基杆塔位于砂石厂内,其中 AD、BC、CD 面堆放大量砂石且存在塔脚保护帽被埋、小材轻微变形的缺陷。



图1 220 kV 桃圣线 M 号塔

铁塔周围有大量砂石堆积,导致铁塔基础附近地质受挤压后发生持续变化。220 kV 桃圣线某塔其中 A、B、C 腿第一层平台主材包钢处,以及第一层平台横材均出现不同程度的变形。在夏季连续暴雨天气中,将该处点位作为重点关注进行多次基础测量,结果如表 1 所示。

由于该塔出现不同程度的变形,对电网安全运行构成极大风险,采用北斗系统杆塔沉降监测装置对铁塔塔基位移进行远程实时监测,可对杆塔沉降情况及时预警。

2 塔基沉降精准定位原理

2.1 基于塔基沉降定位相关原理

北斗精准定位系统由基准站、北斗地面监测站

和数据解算中心 3 部分构成^[9]。其中基准站需要安装在地势平稳的位置,为运行中的监测站提供相对参考位置^[10],基准站与监测站之间的距离小于 20 km,原则上不超过 3 m 距离,且需要达到联动效果,才能够真实体现出监测对象的变化。上述两个设备的观测数据通过无线传输实时地传输至数据解算中心^[11]。工作人员可以远程对数据变化情况进行监控。北斗基准站和监测站需要由全球导航卫星系统天线、全球导航卫星系统接收机、供电系统和通信设备构成。全球导航卫星系统天线采用新型扼流圈型天线,对电磁干扰进行处理^[12-13]。基准站、监测站同时采用蓄电池和市电进行供电。

2.2 北斗载波相位定位技术

利用载波相位观测方法实现北斗高精度差分定位,需设立基准点和监测点。基准点通过当前自身位置信息和北斗卫星实时位置分析得到其真实间距,同时通过载波技术统计得到两者的实际距离,再以上述实际距离和测量距离的差值为修正数据,修正卫星到监测点的测量距离,以减少大气电离层、接收机钟差、卫星钟差和对流层折射误差的影响,得到准确的位置信息数据,原理详见图 2。

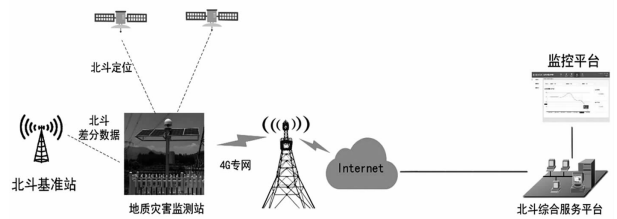


图2 地质灾害监测系统原理

3 输电线路防灾监测应用体系

3.1 应用体系框架

在国家电网公司卫星技术数据物联体系的统一架构上,细化公司的数据物联体系。构建多源卫星遥感数据接入架构;基于多源卫星遥感数据、时空序

表 1 塔腿根开测量数据

单位:m

测量部位	2019 年测量值	设计值	与设计差值	规范准许误差	是否满足规范	2020 年 3 月测量值	2020 年 8 月测量值	2020 年 9 月测量值
AB	11.809	12.55	-0.741	0.025 1	否	11.556 0	11.790	11.567
BC	12.234	12.55	-0.316	0.025 1	否	11.861 0	12.200	11.816
CD	12.303	12.55	-0.247	0.025 1	否	11.782 9	12.280	12.280
DA	12.421	12.55	-0.129	0.025 1	否	12.087 8	12.384	12.067

列数据、关系数据型数据,构建支撑时空服务总线运行的中间层数据库,支撑上层应用按照时间、空间、关系等维度开展各种图分析;构建精准位置数据、授时授频数据、短报文数据的存储处理新架构,对数据进行集中存储和管理,为时空数据服务总线提供时空数据挖掘分析工具。

电网输电设备防灾监测应用体系框架将北斗准确的坐标定位技术作为关键点。将基准点(新建设或者其他供应商提供)、杆塔(包括附近环境)以及北斗电力平台系统等组合为全方位的输电线路高精度变形监测体系,同时通过全面的比较能够得到平稳、精准的相关记录,给输电线路防灾减灾带来支撑。基于电力北斗高精度定位技术可实现杆塔位移、滑坡及偏移的分析,同时可以利用北斗双天线姿态技术实现杆塔塔形的精确测量^[14]。而在现实的场景中,可根据实际需要选择实时解算或后处理解算两种处理模式,实现杆塔与附近地质隐患点数据实时、全天候的自动化采集和监控,它能够对发生变化的杆塔和附近山体变化带进行全方位实时有效的毫米级统计。该体系能够适用于发电场与变电站地面沉降区以及跨越高速、高铁、江河等的危塔,对其进行载体变形位移、倾斜监测等。

3.2 输电线路地质灾害监测

为了对极端地区地质灾害杆塔进行实时监测,可以通过北斗地基增强网和地灾北斗监测点,对频繁发生山体变化的地质进行全方位实时监测,从而可以提升至毫米级的统计分析。设备安装在铁塔附近的危急处,可以按照无线公网、光伏发电的模式进行供电。通过使用北斗监测装置能够全方位监测隐患点地表变形情况,实时观测统计分析数据的变化情况,预先开展防灾预警,确保电网稳定有效地运行。

参考成都 220 kV 杆塔可能存在山体滑坡的风险,根据现场勘察,在杆塔附近地面稳定且地势较高处建立电力北斗地灾监测站。通过电力北斗基准站和后台解算系统,得到此处 30 天左右的实际变化情况;同时采用全面统计了解的方法对该监测点每天数据进行计算分析,形成毫米级监测变形量、变形累积量、变形速率数据。通过结合该区域地质情况分析,能够全面地了解到此处点位发生变化的具体情况。

4 塔基沉降位移监测装置的安装与运行

4.1 监测测试

1)对现场环境开展基础信号测试。采用目测方式检查周围环境是否存在遮挡,同时监控实地的传输网络的通信水平、整体冗余度等指标,指标率不能低于 99%。2)电磁环境测试。在完成通信环境测试之后,利用频谱仪测试现场的电磁环境。包括测试 1.575 GHz 和 1.25 GHz 频段是否存在周围环境的扰动^[15],如载波信号、高次谐波^[16]等,整个过程中应不大于 -40 dBm。

4.2 监测装置安装

经过现场勘察后,发现 D 号塔基位于泥土层内部,因此其产生变化的概率高,同时 D 号腿的方向对于信号接收较为顺畅,从而决定了沉降监测装置放置在 D 号腿相连的平台上,然后通过浇筑水泥、嵌入固定物体后将监测站点位装置牢固立在塔基旁,确保两者之间无任何运动发生的可能性。北斗观测天线对中固定在观测杆上,如图 3 所示。

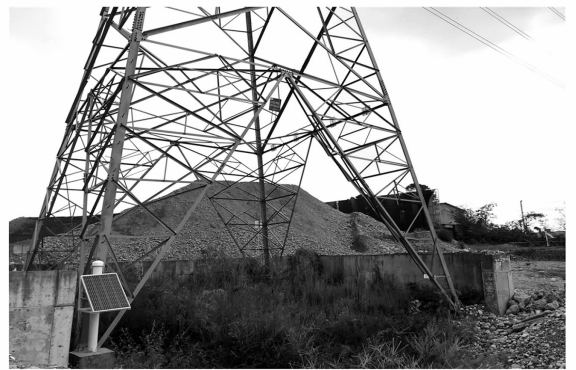


图3 基于塔基沉降的地质灾害监测装置

为了提高监测站的定位精度,基准站以就近原则安装在监测站附近的平地,远离地质扰动区域,且基础坚固、距离监测站约在 100 m 范围的附近。

4.3 监测数据分析

以 2020 年 9 月 7 日至 9 月 30 日共计 24 天为例,运行数据如图 4 所示。经过持续不间断监测 D 号腿在 9 月 14 日出现水平与垂直抖动,后又迅速修正,可判定为卫星抖动。而后水平 X、Y 方向呈往返波动,没有出现偏移;垂直方向在 9 月 24 日等多日出现正向位移,但不久后呈往返波动,确定不存在位移趋势。D 号腿位移量始终小于 10 mm,属于正常

的抖动偏差范围。按照上述判定原则,截至 10 月 1 日,塔基实际变化情况为:D 号腿垂直方向、水平方向累计无明显偏移,位移量位于误差范围内。

为了能够全方位地掌握塔基的变化情况,通过沉降装置与系统对该杆塔的塔基开展为期约 30 天的连续监测分析,保障了该铁塔在迁改前的安全稳定运行。

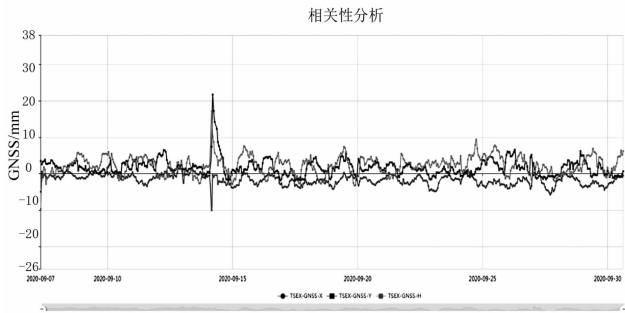


图 4 2020 年 9 月 7 日至 9 月 30 日运行数据

5 结 语

北斗系统的输电线路地质灾害监测预警系统拓展延伸了北斗系统的多项优点,能够全面匹配与融合输电杆塔所在位置的周边情况,达到对地质灾害隐患的输电线杆塔的不间断分析,为杆塔发生扰动、沉降的监测给予了全面详实的参考技术路线,因此可对输电设备企业未来的深化应用提供技术支撑。如今,通过电力北斗应用对输电线杆塔进行地质灾害监测预警还处于初级探索时期,可能会受到多个参考因素的影响,相关的实施应用范围和技术方案也有待于进一步优化与提升。随着基于杆塔沉降监测装置的深化应用,各类地灾监测场景会不断丰富。在未来研究中,增加电力北斗杆塔沉降监测预警系统的认知能力,从而提升优化后的预警成效,促进电力公司的数字化转型与运检智能化水平的提升。“北斗 + 电力”也为输电专业运维检修和防灾减灾提供了技术参考,为智能电网发展模式进行了积极的探索和应用。

参考文献

[1] 罗郎,殷秀兰,周毅,等. 基于北斗卫星的地质环境监测信息实时传输技术研究[J]. 水文地质工程地质, 2015, 42(5): 159 - 163.

[2] 张凌,李亦纲,聂高众,等. 北斗系统在地震灾情监测中的应用探讨[J]. 城市与减灾, 2014, 17(1): 25 - 28.

[3] 丛犁,杜秋实,窦增,等. 基于北斗 RTK 技术的电力铁塔变形监测技术研究[J]. 电力信息与通信技术, 2015, 13(12): 24 - 29.

[4] 丁盼,席瑞杰,肖玉钢. 北斗卫星导航系统用于东北地区高精度变形监测性能分析[J]. 测绘通报, 2016, 62(4): 33 - 37.

[5] Xi R, Xiao Y, Liu X, et al. Feasibility Analysis of High-precision Deformation Monitoring Using Beidou Navigation Satellitesystem [C]//China Satellite Navigation Conference (CSNC) 2015 Proceedings, 2015.

[6] 杨秋实,徐爱功,祝会忠,等. BDS 单参考站载波相位差分定位方法[J]. 导航定位学报, 2016, 4(4): 59 - 64.

[7] 刘伟平,郝金明,田英国. 北斗卫星导航系统双差动力法精密定轨及其精度分析[J]. 测绘学报, 2016, 45(2): 131 - 139.

[8] 张明,顾晓雪. 北斗接收机定位误差分析[J]. 电子与封装, 2015, 15(9): 40 - 43.

[9] 万军. GNSS 周跳探测与修复融合算法研究[D]. 北京: 中国测绘科学研究院, 2016.

[10] 雷波,陈华德,李青,等. 基于动态差分 GPS 的滑坡位移监测系统[J]. 中国计量学院学报, 2011, 22(3): 203 - 207.

[11] 王冰,隋立芬,王威,等. GPS/陀螺组合测姿中整周模糊度的快速解算[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2015, 40(1): 128 - 133.

[12] 冯晓超,金国平,范建军,等. GNSS 接收机伪距测量中的多径效应试验分析[J]. 现代电子技术, 2013(5): 77 - 81.

[13] 苏为华. 多指标综合评价理论与方法问题研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2000.

[14] 李天斌,孟陆波,朱劲,等. 隧道超前地质预报综合分析方法[J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 28(12): 2429 - 2436.

[15] 李勇. 北斗卫星导航定位接收机电磁兼容性设计研究[J]. 电子测试, 2017(11): 53 - 54.

[16] 杨满天,陶丁涛,李婷婷,等. 谐波分析在配电网规划设计中应用探讨[C]. 2018 智能电网信息化建设研讨会论文集, 2018: 323 - 325.

作者简介:

李 喆(1989),男,硕士研究生,工程师,从事 5G、电力北斗技术应用等工作;

刘浩宇(1991),男,硕士研究生,工程师,从事数据质量管理、电力大数据分析等工作;

余佐超(1990),男,助理工程师,从事信息系统安全防护工作。

(收稿日期:2020 - 09 - 29)