

基于 HNCORS 的地质灾害监测预警系统集成应用

刘紫平, 吴凌辉, 陈春花, 敖敏思

(湖南省测绘科技研究所, 湖南 长沙 410007)

摘 要: 本文主要阐述综合运用 GNSS 空间定位、计算机网络通讯、3G 网络等技术, 对监测点的地表位移进行实时监测、分析和预警, 并介绍以 HNCORS 系统为基础的地质灾害监测预警系统主要功能及实现过程, 为地质灾害监测预警工作提供可行的技术支持。

关键词: 地质灾害; HNCORS; 位移监测; 误差模型; 预警

中图分类号: P228.4

文献标志码: A

文章编号: 1008-9268(2017)01-0114-04

0 引 言

湖南省是全国地质灾害最严重的省份之一, 截至 2013 年底, 全省共查明滑坡、崩塌、泥石流等各类地质灾害隐患点 18 494 处, 威胁 153.7 万人, 威胁财产 244.7 亿元。2014 年, 受多轮强降雨的影响, 全省共突发各类地质灾害 4 740 起, 造成 38 人死亡失踪、经济财产损失 7.2 亿元。根据 2015 年汛前排查结果, 需重点防范的 245 处重要地质灾害隐患点分布在全省 91 个县市区, 其中险情特大型 18 处, 大型 27 处, 共威胁 12.5 万余人, 直接威胁财产约 44.5 亿元。

2014 年, 我省入围全国地质灾害综合防治体系建设重点省。为全面建成地质灾害综合防治体系, 全省下一步将开展调查评价、监测预警、搬迁避让、灾害治理、能力建设五大工程项目实施。“预防为主, 专群结合”是我省地质灾害监测预警的重要措施。现有专业监测手段主要为分阶段人工测试、记录及资料处理, 技术人员需巡回值守, 造成大量的人力资源及资金的浪费, 监测技术人员缺乏人身安全保障, 监测预警效率低, 不能实现实时自动监控、数据传输与及时预报(特别是夜晚或连续大雨的监测、临灾前的及时报警), 更不便决策部门与专家及时了解地质灾害现场的监测结果, 不能快速制订临灾状况的处理方案。如何实现对重大地质灾害隐患点开展专业监测, 及时掌握灾害体的发展变

化情况, 提高我省地质灾害专业监测科技水平和监测预警能力是亟需解决的关键问题。

连续运行参考站系统(CORS)可以定义为一个或若干个固定、连续运行的 GNSS 参考站, 利用现代计算机、数据通信和互联网(LAN/WAN)技术组成的网络, 实时地向不同类型、不同需求、不同层次的用户自动提供经过检验的不同类型的 GPS 观测值(载波相位、伪距)、各种改正数、状态信息以及其他有关 GPS 服务的系统^[1-2]。CORS 系统最大的优势在于具有高质量的连续观测数据、较为严密的完备性检验功能, 保证了监测基准的可靠性。相关资料表明, 利用 CORS 技术建设和维护区域动态形变监测基准点年变化速度精度可达 2~5 mm^[3-4]。目前, 国内外已有很多基于 GPS 静态控制测量技术应用于大型地质灾害监测的案例^[5]。如陈永立等实现了基于 CORS 系统的地质灾害监测预警系统^[6], 张国合建设了基于 CORS 的浙江省地质灾害监测预警系统^[7], 刘小丁等实现了基于 GDCORS 的广东省滑坡灾害动态监测系统^[8]。

本文结合湖南省国土资源厅“应急测绘平台与地质灾害监测决策系统研究”项目实际需求开发了基于 HNCORS 的地质灾害监测系统, 实现了将 CORS 基准站观测数据、监测点观测数据无缝集成到该系统中, 进行数据处理。并实现对监测点地表位移的实时监测, 为后续地质灾害监测预警工作提供了可靠保障。

1 HNCORS 简介

湖南省卫星导航定位公共服务平台 (HNCORS),是覆盖全省的连续运行卫星导航定位综合服务系统,在全省共布设 122 个基准站,其中 85 个站兼容北斗系统。2015 年 1 月,完成北斗信号加载调试工作,使得 HNCORS 成为全国首家能提供北斗信号的省级卫星定位连续运行基准站服务综合系统。截至目前,用户涵盖国土测绘、气象预报、高等教育、城市规划、勘察、交通、水利、电力等行业。在地质灾害监测和防控领域,HNCORS 已经开始作为全省地质灾害监测的统一基准,对灾害隐患点的位移进行监测,逐步取代原有分散的局部基准站,在提升可靠性的同时,节约资源。

2 系统简介

地质灾害实时监测 (RTM) 通过各种数据监测、采集、传输、发布技术,是让目标层人员在第一时间内了解、掌握有关灾害体的变形动态和发展趋势,进而做出决策的多种技术的集合^[9]。基于 HNCORS 的地质灾害监测预警系统,是以 HNCORS 系统为基础,综合运用 GNSS 空间定位、计算机网络通讯、3G 网络通讯等技术,对监测点的地表位移进行实时监测和分析。系统功能主要包括 CORS 基准站数据采集、监测点坐标数据采集、数据传输、数据处理、统计分析、监测预警等,如图 1 所示。该系统依托 HNCORS 连续、高质量的基准站观测数据,无需单独建设 GNSS 监测网,且 CORS 基准站坐标精度高于单独建设 GNSS 监测网基准站坐标精度,这就能最大限度利用 HNCORS 系统的优势,提高工作效率的同时,降低建设成本。

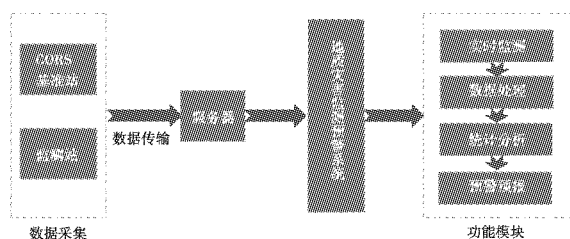


图 1 系统示意图

3 系统设计与实现

3.1 数据采集

数据采集分为 CORS 基准站和监测站数据采集,CORS 基准站观测数据通过有线网络传输到指定服务器,监测点观测数据通过 3G 通讯网络回传到服务器中,再由服务器推送到地质灾害监测预警软件进行数据处理。

本文中的地质灾害监测系统加载了 4 个监测点及 2 个 CORS 基准站,监测点与相应 CORS 基准站之间的距离在 30 km 以内,监测点分布图如图 2 所示。



图 2 监测点分布图

3.2 动态数据解算模型及处理

本系统可提供实时厘米级和准实时毫米级两种精度结果。通过网络 RTK 算法,联合相应 CORS 基准站数据可以获取监测点实时厘米级的精度结果,而准实时毫米级可以实现平面精度在 ± 5 mm,高程精度在 ± 1 cm 以内。

动态数据解算模型由 CORS 误差模型与双频模糊度实时解算模型构成,其定位参数估计的最终观测方程为^[10]

$$\lambda \Delta^2 \varphi_{V_u}^{i,j} + \lambda \Delta^2 N_{V_u}^{i,j} - \Delta^2 \rho_{V_u}^{i,j} = f_{\varphi,V_u}^{i,j}(S_{\varphi}) + \Delta^2 M_{V_u}^{i,j} + \epsilon_{\Delta\varphi}, \quad (1)$$

$$S_{\varphi} = -I + T + O, \quad (2)$$

其中; λ 为载波相位波长; f 为载波频率; φ 为载波相位观测值; N 为整周模糊度; ρ 为站星间几何距离; M 为多路径效应误差; ϵ 为接收机噪声; i,j 为卫星标号; V,u 分别为虚拟参考站所对应的主参考站以及移动站标号; $f_{\varphi,V_u}^{i,j}(S_{\varphi})$ 为 CORS 网络误差模型纠正值; S_{φ} 为载波相位观测值所对应的综合距离相关误差; I 为电离层延迟; T 为对流层偏差; O 为卫星轨道偏差。

通过卡尔曼滤波方法进行除噪、自动阈值分类

和假设检验的形迹位移参数自动探测,对已有位移监测数据提取特征点信息,并分解为与灾害监测目标显著性形变相关的不同时间尺度的相对位移、速度及加速度等运动状态参数信息,并作为监测点实时位移监测、预警的关键数据。

动态解算模型方法及流程,可分为模糊度固定(包括双频模糊度估计、搜索、检核)以及定位参数求解两个过程。监测系统接收到 CORS 基准站和监测点观测数据后,根据动态模型进行处理。

3.3 监测点处理结果

本文以监测点 south02 为例,设置历元间隔为 1 s 采集 2 h 观测数据,并每 30 min 输出一次监测结果。该监测点的实时监测处理结果如图 3 所示。

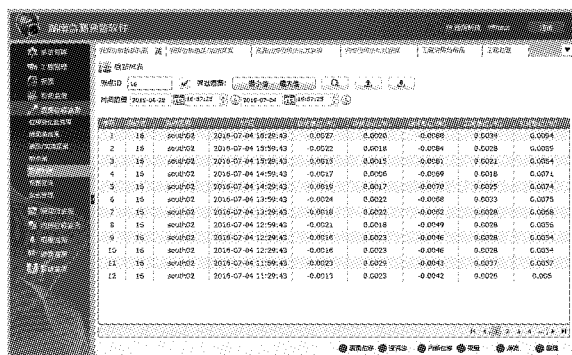


图3 south02 实时监测结果

由图 3 可以看到该系统的准实时动态监测结果,平面精度保持在 ± 5 mm,高程精度在 ± 1 cm 以内。

3.4 监测点位移变化

该监测系统记录了监测点 south02 从 2016 年 6 月 28 日下午 4 点 57 分到 2016 年 7 月 4 日下午 4 点 57 分期间平面和高程的位移情况,如图 4 所示。该功能可以反映监测点在一定监测周期内的位移变化情况,其中浅色线 and 黑色线分别为平面和高程精度变化情况。

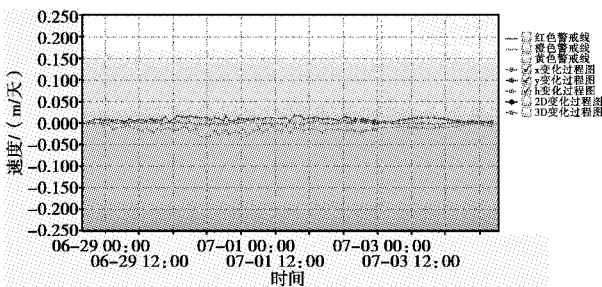


图4 监测点表面位移变化趋势图

3.5 速度/加速度变化

该功能主要反映监测点在一定时期内位移速度及加速度的变化情况,用来评估位移变化的趋势,图 5 示出了监测点 south02 从 6 月 28 日到 7 月 4 日位移速度/加速度变化情况。

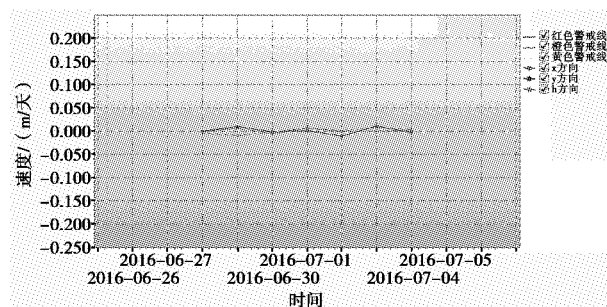


图5 速度/加速度变化趋势图

3.6 预警

依据已有的监测点位移数据做预警,主要采用多项式拟合位移预测模型、指数回归预测模型、生物生长位移预测模型及以上三种模型的加权组合预测模型等^[10]。该系统的预警功能主要通过实时监测相关监测点表面位移变化及位移的速度/加速度变化趋势,监控是否超过设定的阈值,一旦超过即触发预警功能。

4 结束语

本文基于 HNCORS 系统,综合运用 GNSS 空间定位技术,计算机网络、3G 网络等技术开发了地质灾害监测预警应用系统,该系统实现了监测点信息采集、传输、处理、分析和预警等功能,避免了单独建设 GNSS 监测网,降低了建设成本。从试验结果来看,基于 HNCORS 系统建立的地质灾害监测预警系统可实现对监测点地表位移动态监测,采用的算法可保证监测点平面精度保持在 ± 5 mm,高程精度在 ± 1 cm 以内。表明基于 HNCORS 系统的地质灾害实时监测预警系统应用于地灾监测中是完全可行的。

参考文献

- [1] 茅克勤,车助镁,于森. CORS 测量技术在浙江省沿海重点区域海洋灾害风险评估中的应用[J]. 海洋开发与管理,2011(1): 23-25.
- [2] 任小冲,周天知. 连续运行卫星定位服务系统(CORS)初探[J]. 全球定位系统,2009,34(6): 69-72.
- [3] TEUNISSEN P J G. Some aspects of real-time vali-

- dation techniques for use in integrated systems[C]// Kinematic Systems in Geodesy, Surveying and Remote Sensing Symposium, Banff, Alberta, Canada, September, 1990(107): 191-200.
- [4] SALZMANN M, MDB. A design tool for integrated navigation systems[C]// Kinematic Systems in Geodesy, Surveying and Remote Sensing Symposium, Banff, Alberta, Canada, September, 1990(107): 218-227.
- [5] 李成钢,唐力明,石晓春,等. GPS/CORS 地质灾害动态监测技术及其误差分析[J]. 测绘通报, 2009(9): 7-10.
- [6] 陈永立,陈群国,张亚峰. 基于 CORS 系统的地质灾害监测预警系统的设计与实现[J]. 测绘与空间地理信息, 2012, 35(1): 79-81.
- [7] 张国合. 基于 CORS 的浙江省地质灾害监测预警系统建设[J]. 测绘与空间地理信息, 2014, 37(2): 119-120.
- [8] 刘小丁,李成钢,魏平新. 基于 GDCORS 的广东省滑坡灾害动态监测系统[J]. 测绘通报, 2012(2): 5-8.
- [9] 谭明,丁华祥,李成钢. 地质灾害 GPS 实时监测预警系统关键技术探讨[J]. 地理信息世界, 2014, 21(2): 103-107.
- [10] 魏平新,李成钢,徐峰,等. 广东省滑坡灾害监测中 CORS 系统的应用分析[J]. 地球信息科学学报, 2011, 13(4): 562-569.

作者简介

刘紫平 (1984—),男,湖南株洲人,硕士,工程师,主要从事大地测量及工程测量应用研究工作。

吴凌辉 (1968—),男,湖南岳阳人,本科,高级工程师,主要从事测绘发展研究及国土规划应用研究工作。

陈春花 (1983—),女,湖南湘乡人,硕士,工程师,主要从事空间测量定位技术研究。

Integrated Application of Geological Disaster Monitoring and Forewarning System Based on HNCORS

LIU Ziping, WU Linghui, CHEN Chunhua, AO Minsi

(The Surveying and Mapping Science and Technology Institute of Hunan Province, Changsha 410007, China)

Abstract: This paper discusses mainly the comprehensive use of GNSS space positioning, computer network communication, 3G network and other technologies, and real-time monitoring, analysis and Forewarning of surface displacement for the monitoring points. Introduce the main function and Implementation process of the geological disaster monitoring and forewarning system based and HNCORS, to provide feasible technical support for the geological disaster harm monitoring and forewarning work.

Keywords: Geological disaster; HNCORS; displacement monitoring; error model; forewarning