

# 湖北省地质灾害监测预警相关技术应用与成功案例

罗 鹏<sup>1</sup>, 邵安阳<sup>1</sup>, 黄俊峰<sup>2</sup>, 华 骐<sup>3</sup>, 潘 峰<sup>3</sup>

<sup>1</sup>湖北省自然资源厅地质灾害应急中心, 湖北 武汉

<sup>2</sup>湖北省自然资源厅测绘应急保障中心, 湖北 武汉

<sup>3</sup>湖北省地质环境总站, 湖北 武汉

收稿日期: 2022年7月26日; 录用日期: 2022年8月30日; 发布日期: 2022年9月9日

## 摘 要

湖北省具有“三江四屏千湖一平原”良好生态格局, 但地质条件复杂, 点多面广隐患多。以“四位一体”网格化管理为“人防”基础, 初步建立约5000余处监测点, 运行18,000多台套设备仪器, 逐步建立“广覆盖、强支撑、重预警”地质灾害监测预警机制, 通过应用和推广地质灾害监测预警相关技术, 形成“预防为主、专群结合、群防群控”地质灾害防治新格局。

## 关键词

地质灾害, 监测预警, 综合遥感, 无人机, 物联网, 大数据

# Application and Successful Cases of Relevant Technologies for Geological Disaster Monitoring and Early Warning in Hubei Province

Peng Luo<sup>1</sup>, Anyang Shao<sup>1</sup>, Junfeng Huang<sup>2</sup>, Qi Hua<sup>3</sup>, Feng Pan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Geological Disaster Emergency Center, Hubei Provincial Department of Natural Resources, Wuhan Hubei

<sup>2</sup>Mapping Emergency Support Center, Hubei Provincial Department of Natural Resources, Wuhan Hubei

<sup>3</sup>Hubei Geological Environment General Station, Wuhan Hubei

Received: Jul. 26<sup>th</sup>, 2022; accepted: Aug. 30<sup>th</sup>, 2022; published: Sep. 9<sup>th</sup>, 2022

文章引用: 罗鹏, 邵安阳, 黄俊峰, 华骐, 潘峰. 湖北省地质灾害监测预警相关技术应用与成功案例[J]. 自然科学, 2022, 10(5): 643-649. DOI: 10.12677/ojns.2022.105076

## Abstract

Hubei Province has a good ecological pattern of “three rivers, four screens, thousands of lakes and one plain”, but the geological conditions are complex, with many points and many hidden dangers. Taking the “four in one” grid management as the “civil air defense” foundation, we have preliminarily established more than 5000 monitoring points, operated more than 18,000 sets of equipment and instruments, and gradually established a “wide coverage, strong support, and heavy early warning” geological disaster monitoring and early warning mechanism. Through the application and promotion of geological disaster monitoring and early warning related technologies, a new pattern of “prevention first, combination of special groups, and group prevention and control” geological disaster prevention and control has been formed.

## Keywords

Geological Disasters, Monitoring and Early Warning, Integrated Remote Sensing, UAV, Internet of Things, Big Data

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

湖北省的地质条件复杂，强降雨等极端天气时空分布不均，山区丘陵地形起伏大，断裂构造发育，是全国受地质灾害威胁人口较多、经济损失较大的省份之一。据调查，地质灾害隐患点主要分布在鄂西北、鄂西南中、低山区和鄂东南部丘陵地带，面积约 7.56 万平方公里，占全省总面积的 41%。地质灾害呈现以小型滑坡为主，在时间和空间上以降雨引发为主，发生部位大多与人为切坡相关。利用地质灾害监测预警相关技术能够有效解决“隐患在哪里”、“什么时候发生”等防灾减灾难题。灾害面上应用综合遥感、气象风险等技术快速识别和大范围预警预报，突出“面”上监测速度和预警广度。隐患点上应用无人机、物联网、大数据、北斗、5G 等技术精准预警和精确计算，强化“点”上识别维度和预警精度。从而推进湖北省地质灾害防治工作由“人防”向“人防 + 技防”的转变和融合，逐步形成地质灾害空地一体化监测预警体系(图 1)。

## 2. 湖北省地质灾害防治情况

湖北省地质灾害防治工作以巡查排查、预警预报、会商研判、演练培训、避险撤离等日常防灾举措为重点，实施开展湖北省地质灾害综合防治体系中工程治理和搬迁避让、能力建设、监测预警、信息化建设、调查评价、三峡库区、丹江口库区等七大工程项目建设。以“四位一体”网格化管理为支撑，按“区定网、网定格、格定员、员定责”的工作要求，每一个网格明确政府、国土所、村、技术人员“四位”共 3 万余名网格员的责任，严格执行雨季、汛期“三查”制度。应用地质灾害监测预警新技术新方法，逐步打造“管理层级化、采集智能化、监测多样化、预警及时化、信息一体化”的地质灾害监测预警体系[1]，实现灾害现场、乡(镇)、县(区)、市(州)、省、部的“六级”互联互通，打通全省地质灾害防治的“最后一公里”。



Figure 1. Integrated monitoring and early warning system for geological disasters  
图 1. 地质灾害空地一体化监测预警体系

### 3. 地质灾害监测预警相关技术应用

#### 3.1. 综合遥感应用

随着卫星的遥感图像清晰度不断提升,遥感技术在地质灾害预警上进行研究和评价等方面的应用也越来越成熟,主要应用于地质灾害早期识别、隐患排查、监测预警等方面。目前已经形成了光学-微波-激光的全电磁波段,在获取地表三维和形变信息方面,INSAR、航空遥感监测、高精度地基雷达实时连续监测等多种不同时空尺度、不同观测平台的技术手段[2]。运用先进卫星遥感技术对地质灾害辨识与监测,技术支撑的高分辨率光学遥感技术卫星和雷达遥感卫星技术可以高效辨识较小范围的地质灾害隐患点和风险,该技术覆盖面广、准确度较高、生产成本也较低廉。利用雷达卫星数据和 InSAR 技术监测形变,结合光学遥感发现恩施、宜昌等地新增地质灾害隐患点,排查区内高位远程滑坡,全面推广湖北省空地一体化综合遥感监测工作。

#### 3.2. 无人机应用

无人机主要应用于地质灾害应急与监测点全景图、三维正射影像图制作。湖北省地质灾害监测点多分布在山区高陡边坡,植被较为密集,传统方式拍摄受视角、场地、遮挡物影响,难以全景拍摄灾害体整体范围和受威胁对象。利用无人机成本较低、高效灵活、操作简单、大范围取景的优势,可以较快地得到灾害现场信息,为地质灾害应急处置提供决策依据。随着无人机传感器小型化和智能化程度的提升,实时信息处理效能和准确度提高,无人机摄影测量技术将应用于地质灾害监测预警,利用三维激光扫描技术快速精确地获得自然灾害体三维位置和数字影像数据,并使用三维点云处理软件初步构建自然灾害体建模[3],对数据模型进行裁剪、去噪或平滑等数据处理,实现灾害体自动化分类、快速识别、精准预测,快速生成灾害体 DSM、DEM 和等高线等基础数据,最终形成陈列地理坐标地质灾害网格化单元,

从而便于开展地质灾害网格点的风险评价。

### 3.3. 物联网应用

物联网技术在地质灾害预警领域中主要运用为监测信息收集、远距离无线传输、数据集成、核心信息提取[4]。在灾害体上布设 GNSS 位移计、裂隙计、倾角加速度计、雨量计、含水率计等普适型监测仪器, 24 小时对灾害体开展实时监控, 并主动收集灾害体上位移、雨量、倾角、裂隙、含水量等信息, 设备传感器通过物联网技术接入监控报警数据平台, 将收集到的安全资料信息传输, 监控的实时信息与监测设备关联, 并通过预警模型和判据进行辨识与评估, 集信息的采集、传递、管理、报警功能于一体, 实现了对地质灾害自动监测和预警。

### 3.4. 大数据应用

利用大数据分析技术, 能够实现地质灾害科学收集、分类和分析处理, 进一步健全地质灾害监测预警机制, 推进专群结合、人技融合的地质灾害群测群防机制, 促进“点到线, 线到面”技术融合的专业监测预警系统建立, 推动国家地质灾害大数据中心建立。利用人工智能、遥感、地质、云计算、测绘技术等多领域的跨界联合研究, 多专业融合, 为地质灾害监测预警工作提供了先进分析技术手段, 通过构建灾害早期预警预报体系为自然灾害风险评价和灾后应对措施提供了指导。同时利用数据采集、数据储存、数据仓库、数据处理等方面的分析[5], 应用于对滑坡、泥石流、地面沉降、地面塌陷等地质灾害大数据分析技术上, 进行了总结和分析。

### 3.5. 北斗 + 5G 应用

随着 5G 时代到来, 5G 通信网络具备大宽带与北斗系统强定位融合, 共同促进地质灾害监测预警中高精度、高效率、高安全传输与监测。5G 和北斗的 GNSS 卫星技术将地质灾害形变的毫米量级变化信息输入到数据系统中, 通过高精确定位对监控点变化情况、影响范围、变化趋势进行预测[6]。对地质灾害信息平台中隐患点信息、监测预警、项目管理等数据实现集成和统一处理, 实现统一标准、统一服务, 为打造一体化、精准化、标准化地质灾害监测预警全流程服务提供强力支撑。

### 3.6. 气象风险预警应用

地质灾害气象风险预警是湖北省地质灾害综合防治体系建设的重要一环, 通过搜集湖北省地质灾害易发分区、降雨趋势和人类工程活动趋势分布等资料进行叠加分析[7], 应用地质灾害区域预警评价指标体系, 利用发育因子获得灾害发育度, 基础因子获得灾害潜势度, 引发因子获得灾害危险度, 易损因子获得灾害风险度。借助数据挖掘和 GIS 空间分析、地质灾害与降水耦合性潜势评价细化预警单元, 定性和定量相结合确定预警阈值和预警等级, 实现地质灾害隐患与水利、气象雨量信息数据实时共享、互连互通, 促进地质灾害风险预警预报精细化和精准化。建立完善湖北“长、中、短、临”精细化地质灾害气象风险预警体系, 形成基础扎实、预警及时、信息通达、措施得力、预防有效的高度信息化和预警一体化的地质灾害风险预警格局。

## 4. 地质灾害监测预警成功案例

### 4.1. 气象预警 + 专群结合 + 声光报警

恩施州宣恩县椒园镇三河沟村刘家坡滑坡建有监测设备 5 台套, 其中 GNSS 位移 3 套(含基准站 1 套), 声光报警器 1 套, 雨量计 1 套。2021 年 7 月 17 日上午, 省级发布 1 期地质灾害气象风险预警, 提醒宣

恩部分地区发生地质灾害风险较大(黄色预警)。7月17日23时07分,宣恩县椒园降水量达到53.9毫米,发布暴雨橙色预警(图2)。预警发布后,当地自然资源部门和村委会第一时间通知滑坡区域内居民提高警惕,遇突发情况按照地质灾害隐患预案表确定的指定路线及时撤离。7月17日23时27分,刘家坡滑坡布设的普适性专业监测设备3小时内三轴倾角变化最大值达到15.52度,触发红色预警,现场声光报警器发出报警声,2户9人听到报警声后立即按照预案进行撤离。7月17日23时36分,滑坡体发生变形,滑坡中部整体下座约50厘米,变形范围规模约1500立方米,并在暴雨作用下形成水石流,导致2户房屋受损(图3)。该成功预警案例得益于当地政府和自然资源部门实时跟踪雨情动态,及时发布精细化气象风险预警,体现了气象预警及时性、宣传演练有效性、部门配合协调性、监测预警准确性,为积极探索专群结合提供了推广借鉴经验。

#### 4.2. 设备预警 + 专群结合 + 避险撤离

浠水县三角山景区9号不稳定斜坡建有监测设备2台套,均为倾角加速度计。2021年7月1日上午,倾角计监测曲线出现异常,专业技术人员到达现场对沿线山体进行查看,发现监测点附近旅游公路沿线山体松动,不时小崩小塌现象。经研判山体出现局部下滑,发生地质灾害的可能性较大。立即通知景区管委会撤离公路旁居民6户16人,封锁旅游公路并劝离车辆86辆567人。2021年7月2日晚18时许,区域内封锁的路段的山体发生一处石方崩塌,崩塌堆积体方量约150立方米。因预警撤离及时,山体发生崩塌时未造成人员伤亡。该成功预警案例得益于贯彻落实自然资源部和省委省政府提出“以大概率思维应对小概率事件”“宁可十防九空,不可失防万一”指示精神,对突发地质灾害险情或排查发现可能成灾的风险点,按照“务必应转尽转”要求,全部撤离受威胁人员。

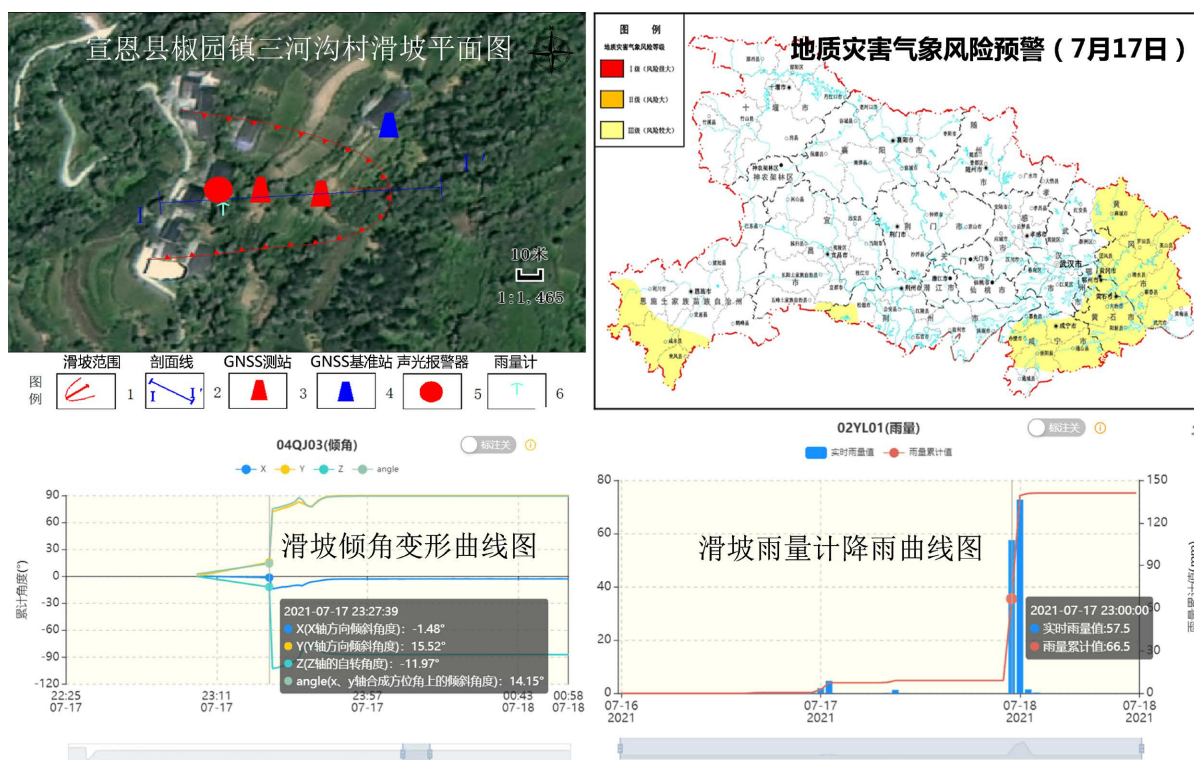


Figure 2. Monitoring and early warning information map of Liujiapo landslide in Sanhegou village, Jiaoyuan town, Xuanen county

图2. 宣恩县椒园镇三河沟村刘家坡滑坡监测预警信息图



Figure 3. Liujiapo landslide site and early warning SMS prompt in Sanhegou village, Jiaoyuan town, Xuanen county  
 图 3. 宣恩县椒园镇三河沟村刘家坡滑坡现场和预警短信提示

### 4.3. 设备预警 + 专群结合 + 防范管控

咸丰县活龙坪乡塘落坪土质滑坡建有监测设备 6 台套，其中 GNSS 位移 3 套(含基准站 1 套)，倾角加速度计 1 套，声光报警器 1 套，雨量计 1 套。2021 年 8 月 9 日至 10 日，咸丰县活龙坪乡塘落坪土质滑坡中部地表位移 GNSS 分别发出 3 次红色预警。当地自然资源部门组织“四位一体”专管员赴现场核实，落实群测群防措施，加大巡查频率，对滑坡下缘道路设置醒目警示标识，拉设警示线，管控过往行人和车辆通行。2021 年 8 月 13 日，该隐患点发生滑坡灾害，滑坡方量约 1200 平方米，造成道路中断。因预警响应管控措施得当，未造成人员伤亡。该成功预警案例充分发挥“人防 + 技防”联动配合优势，及时核查处置，实时掌握地质灾害点变形的时空动态，为应急处置决策和最大限度地保护群众生命财产安全提供技术支撑。

## 5. 结束语

### 5.1. 监测预警技术作用

地质灾害监测预警相关技术为地质灾害防范中事前、事中和事后控制发挥积极作用，为技术部门提供灾害信息，为管理部门提供决策依据，推动地质灾害防灾理念多元化、风险管控多样化、预警预报多维度，使基层防灾技术人员和当地群众识灾、防灾、避灾的响应时效性和预警精准度进一步提升。将地质灾害“物防、技防、人防”有机融合，常态化防灾减灾和非常态化应急救援相互统一，实现对地质灾害的有效预防[8]。

## 5.2. 监测预警技术短板

近年来, 监测预警成功预报案例逐年增加, 但群测群防仍是最有效的防灾手段之一, 湖北省大部分的成功预警案例得益于“四位一体”网格化管理。现有研发的监测设备适用范围主要针对缓变型地质灾害, 对突变型地质灾害预警时效性和准确性不足。监测预警技术应用在融入地质灾害综合防治体系时, 还存在资金投入大、应用范围窄、精准度不足、设备故障率高、虚警率较高、预警模型单一等不利因素[9]。

## 5.3. 监测预警技术展望

未来地质灾害防治工作将从传统的群测群防、群专结合向专群结合转变。以星载平台、航空平台、地面平台的空天地一体化的自动化监测预警体系为依托[10], 结合高精度遥感、5G、云计算、物联网等先进科技, 运用全天候、全方位、全自动先进仪器设备, 达到地质灾害监测预警智能化、模型化、网络化功能。通过实时掌握多参量大信息、实时快速关联融合处理多源异构信息、全自动识别和高效精确自动预警信息, 进一步提升湖北省的地质灾害防灾减灾救灾综合能力。

## 参考文献

- [1] 魏嘉, 张晔, 魏园, 沙令宝, 高超. 地质灾害监测预警技术创新及应用[J]. 地矿测绘, 2018, 34(4): 32-33.
- [2] 葛大庆, 戴可人, 郭兆成, 李振洪. 重大地质灾害隐患早期识别中综合遥感应用的思考与建议[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2019(7): 4-11.
- [3] 詹美斌. 低空无人机倾斜摄影三维模型在地质灾害监测中的应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2022(3): 229-232.
- [4] 李鹏. 基于物联网的信息技术在地质灾害监测预警中的应用研究[J]. 价值工程, 2022(16): 159-162.
- [5] 刘汉龙, 马彦彬, 仇文岗. 大数据技术在地质灾害防治中的应用综述[J]. 防灾减灾工程学报, 2021(4): 62-74.
- [6] 肖夏敏. 基于 5G+北斗的应用场景与解决方案探索[J]. 长江信息通信, 2021(4): 197-199.
- [7] 朱文慧. 地质灾害精细化气象风险预警模型研究——以黄冈市为例[J]. 安全与环境工程, 2022(3): 123-130.
- [8] 邱建新. 地质灾害监测预警技术创新及应用研究[J]. 智能城市, 2020(17): 43-44.
- [9] 赵安文, 刘奕含. 地质灾害监测预警设备现状及未来技术发展方向[J]. 山西科技, 2020(2): 97-99.
- [10] 周建伟. 空天地一体化地质灾害监测体系建设及应用研究[J]. 建筑技术开发, 2022(11): 142-145.