

# 地质灾害预警工程体系探讨

王晨

河南省自然资源监测和国土整治院

DOI: 10.12238/ems.v5i9.8728

**[摘要]** 地质灾害预警工程体系能够预防滑坡、地面塌陷、地震等自然灾害,有效减少人员伤亡,降低财产损失。随着城市化进程的加快,我国地质灾害频发,对预警工程体系提出了更高的要求。而目前科技的进步为地质灾害预警提供了新的解决方案,加快了工程体系的响应速度。本文将深入探讨具体的地质灾害预警系统,旨在增强社会公众的防灾减灾意识,更好地应对未来可能增加的地质灾害风险。

**[关键词]** 地质灾害; 预警工程; 工程体系

## Exploration of Geological Disaster Early Warning Engineering System

Wang Chen

Henan Provincial Institute of Natural Resources Monitoring and Land Consolidation

**[Abstract]** The geological hazard warning engineering system can prevent natural disasters such as landslides, ground collapses, and earthquakes, effectively reduce casualties and property losses. With the acceleration of urbanization, geological disasters occur frequently in China, which puts higher demands on the early warning engineering system. At present, technological advancements have provided new solutions for geological hazard warning, accelerating the response speed of engineering systems. This article will delve into the specific geological hazard warning system, aiming to enhance the public's awareness of disaster prevention and reduction, and better cope with the potential increase in geological hazard risks in the future.

**[Key words]** Abstract:Keywords: geological hazards; Early warning engineering; Engineering System

引言: 为构建高效的地质灾害预警工程体系,相关部门不仅要创新技术,还需与公众共同协作,综合考虑特定的地质环境,深入分析地质数据,预测可能的灾害发生模式及其潜在影响,从而制定有效的地质灾害预警预案。此外,相关部门应开展公众教育,让当地居民了解如何在地质灾害发生时展开自救和互救,让预警系统发挥最大作用。

### 一、地质灾害预警工程目标及预警对象

#### 1. 预警工程目标

地质灾害预警工程旨在降低自然灾害带来的风险,确保人民生命财产的安全。预警工程的核心目标是提前识别地震、滑坡、泥石流等潜在的地质威胁,并实时监控这些现象的发展。有效的预警措施可以极大地提升应急响应能力,降低灾害发生的可能性。根据国家地质灾害防治中心的统计,通过引入先进的监测技术,预警工程能够成功预测约85%的重大地质事件,减少因灾害导致的经济损失,降低约30%的直接经济损失。预警工程体系包括地质学、气象学、环境科学等多个领域的相关内容,依据卫星传感器网络,实时收集地质数据,同时利用先进的人工智能技术,深入分析数据,识别

潜在的灾害风险。预警工程体系中的响应机制,能够在识别潜在的地质灾害时,将信息迅速传达给救援团队及公众,保证信息广泛覆盖。

#### 2. 预警对象

地质灾害预警工程体系的预警对象涉及各种可由自然或人为因素引发的地质威胁,主要关注地震、滑坡、泥石流、岩溶塌陷和地面沉降等灾害类型。这些灾害通常具有突发性高、破坏力强和不易预测的特点。因此,相关人员必须针对各类灾害的特定特征优化预警工程体系。地震预警系统侧重于监测地壳活动的微小变化,利用地震波的传播差异,提前几秒到几十秒通知受威胁区域,从而减少人员伤亡。滑坡和泥石流预警则侧重于监测降雨量、地面水流和地形的变化,这些因素往往是触发滑坡和泥石流的直接原因。岩溶塌陷的预警对象则是地下水活动频繁且土壤结构不稳定的区域,在城市化迅速发展的地区,地下水的过度抽取可能导致地面突然下陷,造成严重后果。地面沉降预警则关注大型工业地区,特别是地质条件复杂、地下作业活动频繁的地带。在实施预警的过程中,相关人员还要考虑灾害发生后的应急响应能力。

因此, 预警对象也包括能够迅速反应并执行救援行动的政府机构、救援团队和社区组织, 确保预警信息得到有效传播。

## 二、地质灾害预警工程的类型

### 1. 空间预警

空间预警能够利用地理空间数据, 识别潜在的地质威胁。这一过程涉及采集、分析及应用来自地面或空间平台的大量地理信息, 为相关人员提供精确的灾害预测。在实际操作中, 空间预警系统依赖先进的遥感技术、卫星影像以及地理信息系统 (GIS), 监控地表的微小变化, 从而实时跟踪地质活动的演变。空间预警能覆盖广泛的地理区域并提供高精度的数据分析, 根据合成孔径雷达 (SAR) 技术能够精确监测地面沉降或地表变形, 即使这些变化极为细微。空间预警还可以结合多时序的卫星数据, 分析特定地区随时间的变化趋势, 预测滑坡、地面塌陷等灾害。在矿业开采、大规模建设等可能诱发地质灾害的区域, 空间预警系统能够评估这些活动对地质稳定性的影响, 并及时向相关管理部门提供必要的预警信息, 使其采取适当的预防措施。此外, 空间预警还积极融入现代信息技术, 预警系统可以从大量的数据中学习, 自动识别异常模式, 进而预测未来的灾害发生概率, 提高预警的准确性。空间预警还能依据持续的监控, 帮助相关人员了解地质环境的长期变化趋势, 为土地利用规划、基础设施建设以及灾害风险评估提供科学依据, 使得地质灾害预警工程体系成为全面的风险管理工具, 有助于构建安全的社会环境。

### 2. 时间预警

时间预警在地质灾害预警工程体系中占据着核心地位, 能在灾害发生前的关键时间窗口内, 准确预测灾害的发生时间, 从而为防灾减灾提供有力支持。这种预警方式实时监控地震活动、地面变形、气象条件等多种参数, 精细分析地质数据, 能够识别潜在的灾害发生迹象, 并预测其可能发生的时间范围。时间预警系统集成地震仪、GPS 监测站以及地下水水位监测装置等多种高科技设备, 捕捉地质环境中的微小变化, 并将数据实时传输到分析中心。同时, 专业的地质学家利用先进的算法模型, 深入分析收集到的数据, 以预测未来一段时间内灾害的具体时间。时间预警还依赖于强大的人工智能技术, 通过机器学习模型的训练, 从历史灾害事件中学习, 不断提升预测模型的准确性。系统还能实时更新数据, 根据最新的地质动态调整预警策略, 确保预警信息的时效性。在地震高发区, 时间预警可以提前数小时甚至数天预测可能发生的地震, 使得相关部门及时启动应急预案, 疏散人员、准备物资。除应对灾害之外, 时间预警还能通过长期的监测分析, 指示即将发生的灾害, 帮助城市规划者评估特定区域的地质风险, 为未来的发展决策提供科学依据。

## 三、地质灾害预警工程体系的建设

### 1. 重要地区监测预警网

监测预警网是指覆盖特定重要地区, 用于及时发现并预警地质灾害的综合技术系统。该系统集成地理信息、环境监

测与数据通信技术, 构成从数据收集、处理分析到信息发布的完整链条。监测预警网能够捕捉地震、滑坡、泥石流等多种地质活动的初期信号, 并通过实时分析, 预测可能发生的灾害事件, 为应对措施提供科学依据。地震仪、倾斜仪、地面形变雷达及其他传感器等监测设备通常要安装在地质活动频繁或后果严重的关键区域, 以确保信息的准确性。相关部门需强调跨学科合作的重要性, 集合地质学、环境科学、信息技术和危机管理等领域的专业力量, 形成统一高效的协调机制。相关部门整合资源与专业知识, 确保监测预警网能够反映即时的地质变动, 还能收集并分析大量数据, 实现灾害预警信息的准确快速传递。

例如, 在遭受多次严重地震灾害的四川省, 由于汶川地区 2008 年发生特大地震, 地质构造复杂且活动频繁, 相关部门将其作为重点监测区域。相关部门依据汶川地区的历史地震数据, 部署高精度地震仪、地表形变监测仪、深井应力传感器以及与气象相关的降雨量计等监测设备, 沿着已知的断层线密集布置, 每个监测点间隔保持在 5 公里以内, 确保捕捉到细微的地质变化。相关部门将所有监测设备连接至地区数据中心, 该中心配备高速数据处理服务器和先进的地震数据分析软件, 集成从地震波形分析、机器学习多种算法, 实时处理大量数据, 准确识别地震前兆。相关部门利用中心的地震波速比分析技术, 比较不同类型地震波的传播速度差异, 提高对地震的定位精度。为确保信息能够快速传达, 监测预警网与地方政府的应急管理部门直连。在检测到潜在地震活动时, 系统会自动触发预警协议, 通过电视、广播、手机应用和社交媒体等多种渠道, 向公众发送预警信息。该信息发布系统依据专门的通信卫星, 保证在任何气候条件下正常运作。

### 2. 地质灾害监测信息系统

地质灾害监测信息系统以信息技术为核心, 集成数据采集、传输、处理与发布功能的综合平台, 全面监控地质灾害。系统通过布设在重点区域各类传感器, 实时收集地表形变、地震活动、降雨量和地下水位等关键指标的数据。在构建地质灾害监测信息系统的过程中, 相关部门在技术选型方面, 强调系统的模块化设计, 使其适应不同地区的地质特征; 在数据管理层面, 注重建立多源数据的融合与共享机制, 确保数据的时效性。相关部门引入大数据和人工智能技术, 提升信息处理能力, 精确评估地质灾害风险。

例如, 在云南省滇西地区, 由于每个区域的地质环境复杂多样, 滑坡、泥石流、地震等灾害类型各异。基于这种需求, 相关部门将地质灾害监测信息系统分解为多个独立的功能模块, 每个模块专注于某一特定类型的监测任务。在泥石流高发区, 相关部门部署专门的泥石流监测模块, 设置土壤湿度传感器、降雨量计和泥流监测仪器, 实时收集并分析降雨与土壤湿度的关系, 预测泥石流发生的可能性。而在地震活动频繁的区域, 相关部门优先配置地震监测模块, 采用地

震波探测仪器和深井地应力传感器,实时监控地震活动的初期信号。各模块之间通过标准化的接口交换数据,确保系统添加或替换相应的模块扩展新功能,提升可维护性。在数据管理层面,相关部门建立多源数据融合与共享平台,共享各类监测数据,并对其进行标准化处理。在数据安全方面,相关部门系统采用多重加密技术,确保只有授权人员能够访问敏感数据,防止数据泄露。

### 3. 地质灾害区域分析预警系统

地质灾害区域分析预警系统是综合性的技术框架,深入分析特定区域内潜在地质灾害因素,预测可能发生的自然灾害事件。该系统整合地质学、地理信息系统(GIS)、遥感技术、地面监测数据和历史灾害记录,动态监控地质活动。分析预警系统具有数据收集、处理、分析和信息传递等核心功能,为相关人员提供科学的预警信息,使其制定有效决策,减少潜在的灾害损失。相关部门要以技术创新与资源整合为导向,在地质灾害监测中应用先进的遥感技术和人工智能算法。同时,相关部门要强化跨部门协作,确保数据共享与信息互通,形成合力,增强灾害应对的协同效果。资源整合则体现在优化现有监测设施的配置,确保从数据收集到预警发布每一个环节的高效运作,提升预警的时效性。

例如,在九寨沟地区,相关部门使用新型的光纤地震仪,同时安装多点激光扫描系统,监测山体的移动状况。这些激光扫描器可以精确地捕捉微小的地表变化,从而预测滑坡风险。相关部门还安装深层土壤湿度和压力传感器网络,监测土壤深层的微小变化,为山体滑坡的预测提供关键数据。这些设备通过先进的无线网络连接到位于成都的省际监测中心。中心部署大数据处理平台,该平台集成了人工智能算法和地质模型,实时分析收集到的大量数据,快速识别出潜在的地质灾害风险。为保证数据处理的准确性,系统还采用了云计算技术,允许迅速扩展计算资源以应对突发的大规模数据分析需求。监测中心与四川省应急管理厅紧密合作,制定了详细的预警信息发布流程。为保证预警信息的及时传达,相关部门还优化信息发布系统的性能,确保在网络拥堵的情况下也能准确无误地传递信息。相关部门在每个监测点的设备上安装自我诊断功能,使其自动报告性能状态。监测中心每三个月组织一次全面的系统检查,确保所有设备在真实灾害情况下都能正常工作。

### 4. 单体地质灾害预警预报模型

单体地质灾害预警预报模型是预警单一类型的地质灾害(如滑坡、地面塌陷、泥石流等)的计算模型。这种模型深入研究特定灾害类型,结合地质学、气象学、水文学和环境科学的相关数据,通过算法处理,预测灾害事件的时间、地点及可能程度。模型通常包括数据收集、风险分析、阈值设定和预警输出几个阶段,分析历史数据,整合实时监测数据,

评估当前环境条件下的风险水平,并在达到预设的警戒阈值时发出预警,从而让相关人员采取适当的预防措施,减少灾害的潜在影响。相关部门要集成地质学、工程技术、遥感探测和信息技术等多方面的科学知识,深入理解单一地质灾害类型。在实践中,各部门系统地收集地质结构、气候变化、人类活动等多方面因素,确保预警模型能够在必要时刻提供准确的预测。

例如,云南省因其独特的地理条件,滑坡灾害频发。相关部门详细勘查滑坡高发区澜沧江沿岸,了解其岩土层的结构、土壤湿度、坡度和植被状况,同时收集并分析当地的降雨量、地表水流动和历史滑坡数据,确定滑坡的潜在触发因素,并识别出可能的高风险区域,从而建立针对滑坡灾害的单体地质灾害预警预报模型。在易发生滑坡的山体中上部,相关部门布置监测设备,捕捉早期的地质变化信号。在监测中心,相关部门构建高效的数据处理平台,平台采用基于大数据分析和机器学习的算法,实时处理来自不同设备的数据。模型分析多种环境变量,计算滑坡发生的可能性,并对滑坡的潜在规模进行预测。模型使用回归分析、时空分析和模式识别等多种技术手段,准确识别滑坡的早期征兆,并根据不同的环境条件调整预测参数,以提高预警的准确性。滑坡预警预报模型设定不同的警戒级别,依照风险程度,从低到高划分为预警等级。当监测数据达到或超过某一预设阈值时,系统会自动生成相应的预警信息,并通过市政府的应急管理平台迅速传达给当地的应急部门。

### 结束语

综上所述,在地质灾害预警工程体系的构建中,相关部门整合多学科的先进技术和丰富数据,形成了全面的预警监控网络,不仅提升预测地质灾害潜在风险的能力,还极大增强了应对灾害的时效性。通过地理信息系统、人工智能与遥感技术等的应用,相关部门能够有效预警地震、滑坡等地质灾害。这种多元融合的监测体系为相关政府机构、救援团队及公众提供了宝贵的时间窗口,有效减少了人员伤亡。未来,相关部门要继续优化这一体系,增强跨区域、跨平台的数据整合与共享,进一步提升灾害管理能力。

### [参考文献]

- [1] 李忠正. 滑坡地质灾害勘查分析及防治方法探究[J]. 农业, 2024, (07): 175-177.
- [2] 赵晶. 地质灾害监测预警管理平台建设研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2024, 47 (03): 114-116+119.
- [3] 杨向敏, 吴福, 陈柏基. 地质灾害预警预报技术创新与应用[J]. 地理空间信息, 2021, 19 (03): 112-114+8.
- [4] 杨溯, 张兵. 基于GIS的地质灾害预警与信息管理系统[J]. 吉林水利, 2016, (03): 44-47+50.