

地质灾害“隐患点+风险区”双控模式下监测预警技术创新

宋俊磊

山西省地质勘查局二一四地质队有限公司 山西 运城 044000

摘要：本文聚焦地质灾害“隐患点+风险区”双控模式下监测预警技术创新。阐述了双控模式的内涵、目标、实施流程及对监测预警技术的要求。介绍了遥感、声波与振动、气体监测技术，以及多源数据融合处理技术在监测方面的创新，还探讨了基于机器学习的预警模型、实时监测与快速响应机制等预警技术创新。最后从资金投入、人才培养、公众参与三方面提出创新应用的保障措施，旨在提升地质灾害防治水平。

关键词：地质灾害；“隐患点+风险区”双控模式；监测预警技术；创新

1 地质灾害“隐患点+风险区”双控模式概述

1.1 双控模式的内涵与目标

地质灾害“隐患点+风险区”双控模式是创新的管理理念与方法。传统防治聚焦已知隐患点，但地质灾害复杂且具不确定性，仅关注隐患点有局限。如2017年四川茂县叠溪镇新磨村山体滑坡，该区域未被明确列为重点隐患点，却因地质环境复杂、持续降雨，发生特大型滑坡，造成重大损失。双控模式将防控范围拓展至风险区，综合考虑地质环境、人类活动等因素，统筹管理隐患点和风险区。其目标是构建科学、全面、高效的地质灾害防治体系，精准管理隐患点，降低发生概率与危害程度；动态评估和预警风险区，提前防范潜在风险，减少人员伤亡与财产损失，保障社会稳定，同时提升防治智能化、信息化水平，实现从被动应对到主动防控的转变。

1.2 双控模式实施流程

双控模式实施包含风险调查评价等五个环节。先收集地质、气象等资料，结合现场调查与遥感解译，评估灾害可能性和危害程度。如甘肃舟曲特大山洪泥石流灾害后，经勘查分析，该区域有10余条主要断层，松散堆积物占比超30%，年均暴雨日数超15天，致使灾害高发。依调查结果确定隐患点，按因素划定风险区，一般分高、中、低三级。如某山区城镇，将坡度大于45°、断层密度每平方千米超2条、人口居住密度超500人/平方千米的区域划为高风险区，加强监测管控。再针对隐患点和风险区，运用多种技术获取信息，利用模型算法分析并发布预警。接到预警或灾害发生时，启动应急预案抢险救援。最后根据灾害情况和预警效果，调整划定，优化措施，提升模式科学性^[1]。

1.3 双控模式对监测预警技术的要求

双控模式对监测预警技术要求严格。其一，监测技术要高精度、高灵敏且实时。精准捕捉灾害细微变化，实时传输数据至预警平台。如滑坡隐患点，需用高精度位移传感器，精度达毫米级。某大型滑坡监测项目采用高精度GPS位移传感器，可实时监测毫米级位移，为预警提供准确数据。其二，监测技术需多源、综合。地质灾害受多种因素影响，单一技术难全面反映情况，要综合运用遥感等多种技术，多角度获取信息，提升监测准确性与可靠性。其三，预警技术要智能、自动，能自动分析数据，快速判断灾害情况并发布预警，预警模型应具备自我学习与优化能力。其四，监测预警系统要有良好兼容性与扩展性，能与现有系统集成，实现数据共享与业务协同，方便功能扩展与升级。

2 地质灾害监测技术创新

2.1 遥感监测技术的应用

遥感监测技术凭借覆盖范围广、信息获取快、周期短等优势，在地质灾害监测中作用显著。借助卫星遥感、航空遥感等手段，能获取大范围地质环境信息，如地形地貌、地质构造、植被覆盖等。通过解译和分析遥感影像，可识别地质灾害隐患点与风险区，监测灾害发生发展过程。例如，利用高分辨率卫星影像，能清晰识别滑坡、泥石流等灾害的形态特征与分布范围。2010年青海玉树地震后，通过卫星遥感影像，快速找出多处地震引发的滑坡和泥石流隐患点，为救援和防治工作提供重要依据。对比不同时期遥感影像，可监测灾害变形与活动趋势。还能利用合成孔径雷达干涉测量（InSAR）技术获取地表微小形变信息，对滑坡、地面沉降等进行高精度监测。在某城市地面沉降监测中，InSAR技术可监测到毫米级的地表沉降变化，为城市规划和灾害防治提供

科学支撑。此外,遥感监测技术与其他技术结合,能提高监测效率和准确性,如与地面监测数据融合,可更全面了解灾害情况。

2.2 声波与振动监测技术

声波与振动监测技术通过监测地质灾害发生时的声波和振动信号,判断灾害的发生与发展情况。滑坡、崩塌等灾害发生前,岩土体会产生微小破裂和位移,伴随声波和振动。在隐患点附近安装声波和振动传感器,可实时监测信号变化。该技术灵敏度高、响应速度快,能及时发现灾害早期迹象。例如,在某矿山滑坡监测中,滑坡体微小位移时,声波传感器检测到岩土体破裂声波,振动传感器检测到滑坡体运动振动。分析处理这些信号,可判断滑坡发展趋势,及时发布预警。在该项目中,此技术提前数小时发现滑坡早期迹象,为人员疏散和设备转移赢得宝贵时间,避免重大人员伤亡和财产损失^[2]。同时,该技术还可监测地下工程施工对周边地质环境的影响,预防施工引发的地质灾害。

2.3 气体监测技术

气体监测技术通过监测地质灾害发生时释放气体的成分与浓度,判断灾害情况。在滑坡、泥石流等隐患点,岩土体可能含二氧化碳、甲烷、硫化氢等特殊气体。灾害发生时,这些气体释放量会改变。在隐患点附近安装气体传感器,可实时监测气体浓度变化,浓度超阈值或预示灾害将至。例如某滑坡监测,滑坡体破裂位移时会释放大量二氧化碳。设置二氧化碳浓度阈值为1000ppm,当监测值超该阈值,及时发布预警,后续证实该区域发生小规模滑坡。此技术还能与其他技术结合,提升监测准确性与可靠性。如将气体监测数据与位移、地下水位监测数据融合分析,能更全面了解地质灾害实际状况,为地质灾害防治提供更科学的依据。

2.4 多源数据融合与处理技术

地质灾害监测数据来源广泛,包括遥感、地面监测、气象等数据,各有特点优势,但存在格式不统一、质量不一的问题。多源数据融合与处理技术整合分析不同来源、类型的数据,提取有价值信息,提高监测准确性与可靠性。其融合方法有数据层、特征层和决策层融合。数据层融合直接处理原始数据,获取全面准确信息;特征层融合对不同数据源特征进行融合,增强特征有效性与区分度;决策层融合综合不同数据源决策结果,得出最终决策。在地质灾害监测中,该技术可用于隐患点识别和风险区划定。如融合遥感影像与地面监测数据,精准确定隐患点位置范围;融合气象与监测数据,分析气象对灾害的影响,提高预警准确性。某山区

项目融合多种数据,成功识别多个潜在隐患点,精确定风险区,为防治工作提供有力支持。

3 地质灾害预警技术创新

3.1 基于机器学习的预警模型构建

机器学习是一种人工智能技术,能够通过对大量数据的学习和分析,自动发现数据中的规律和模式,并用于预测和决策。在地质灾害预警中,基于机器学习的预警模型可以充分利用历史地质灾害数据和实时监测数据,提高预警的准确性和及时性。构建基于机器学习的预警模型,首先需要收集和整理大量的地质灾害数据,包括地质环境条件、气象条件、监测数据等^[3]。例如,在某地区的地质灾害预警模型构建中,收集了过去10年的地质灾害发生记录、地质构造数据、降雨量数据、地下水位数据等共数千组数据。然后,选择合适的机器学习算法,如决策树、支持向量机、神经网络等,对数据进行训练和优化。通过不断调整模型的参数和结构,提高模型的预测性能。在该项目中,经过多次试验和优化,最终选择了神经网络算法构建预警模型,经过训练后的模型对地质灾害发生的预测准确率达到了85%以上。基于机器学习的预警模型可以自动对实时监测数据进行分析处理,判断地质灾害的发生概率和危害程度。与传统的预警模型相比,基于机器学习的预警模型具有更强的适应性和学习能力,能够更好地应对地质灾害的复杂性和不确定性。

3.2 实时监测与快速响应机制

实时监测与快速响应机制是地质灾害预警的重要环节。通过建立实时监测系统,对地质灾害隐患点和风险区进行24小时不间断监测,及时获取地质灾害相关信息。建立快速响应机制,当监测数据出现异常或达到预警阈值时,能够迅速启动预警程序,发布预警信息,并采取相应的防范措施。实时监测系统应具备高可靠性、高稳定性和实时性。采用先进的传感器技术和通信技术,确保监测数据的准确传输和及时处理。例如,在某大型地质灾害监测项目中,使用了无线传感器网络技术,将多个传感器节点部署在隐患点和风险区,通过无线通信方式将监测数据实时传输至监控中心,传输延迟控制在秒级以内。快速响应机制应明确各部门和人员的职责和分工,建立高效的应急指挥体系。在接到预警信息后,能够迅速组织救援力量,开展抢险救援工作,确保受灾群众的生命安全。

3.3 综合预警信息发布平台

综合预警信息发布平台是将地质灾害预警信息及时、准确地传递给相关部门和公众的重要渠道。该平台

应整合多种信息发布手段，如短信、微信、广播、电视等，确保预警信息能够覆盖到所有可能受影响的区域和人群。综合预警信息发布平台应具备信息发布、查询、反馈等功能。用户可以通过平台查询地质灾害预警信息、了解地质灾害防范知识等。例如，某地区的综合预警信息发布平台，在发布预警信息时，会根据受影响区域的不同，选择合适的信息发布手段。对于城市区域，主要通过短信和微信向居民发送预警信息；对于农村地区，则通过广播和电视进行预警信息发布。同时平台还应建立反馈机制，及时收集用户对预警信息的反馈意见，不断改进预警信息发布工作。

3.4 预警效果评估与反馈机制

预警效果评估与反馈机制是对地质灾害预警工作进行总结和改进的重要手段。通过对预警信息的准确性、及时性、有效性等进行评估，了解预警工作的优点和不足，为进一步优化预警模型和预警机制提供依据。预警效果评估可以采用多种方法，如统计分析、实地调查、专家评估等。例如，在某次地质灾害预警后，通过统计分析发现预警信息的准确率达到了80%，但及时性有待提高，部分预警信息发布延迟了数小时。根据评估结果，及时调整预警阈值、优化预警模型、改进预警信息发布方式等。建立反馈机制，将评估结果反馈给相关部门和人员，促进地质灾害预警工作的不断改进和提高。

4 监测预警技术创新应用的保障措施

4.1 资金投入保障

地质灾害监测预警技术创新应用需要大量的资金投入，包括设备购置、技术研发、系统建设、人员培训等方面。政府应加大对地质灾害防治的资金投入，设立专项资金，支持地质灾害监测预警技术创新和应用。例如，某省政府每年安排数千万元专项资金用于地质灾害监测预警项目建设，购置了先进的监测设备，支持科研机构开展技术研发。鼓励社会资本参与地质灾害防治工作，通过政府与社会资本合作（PPP）等模式，吸引更多的资金投入到地质灾害监测预警领域。还可以通过建立地质灾害防治基金、发行债券等方式，拓宽资金筹集渠道。

4.2 人才培养保障

地质灾害监测预警技术创新应用需要高素质的专业人才。政府和相关部门应加强对地质灾害防治专业人才

的培养，建立完善的人才培养体系。一方面，加强高校和科研机构的地质灾害相关专业建设，培养一批具有扎实理论基础和创新能力的专业人才^[4]。例如，某高校开设了地质灾害监测预警专业，每年招收数百名学生，为行业输送了大量专业人才。另一方面，加强对在职人员的培训和继续教育，提高他们的业务水平和综合素质。同时，引进国内外优秀人才，充实地质灾害防治专业人才队伍。

4.3 公众参与保障

公众是地质灾害防治的重要力量。政府和相关部门应加强对地质灾害防治知识的宣传和普及，提高公众的地质灾害防范意识和自救互救能力。通过开展地质灾害防治宣传活动、举办培训班、发放宣传资料等方式，向公众传授地质灾害识别、监测、预警和应急处置等方面的知识。同时，建立公众参与机制，鼓励公众积极参与地质灾害监测预警工作，如报告地质灾害隐患、提供监测数据等。对在地质灾害防治工作中做出突出贡献的公众给予表彰和奖励，提高公众参与的积极性和主动性。

结束语

地质灾害“隐患点+风险区”双控模式下监测预警技术创新，为地质灾害防治带来了新的思路和方法。通过多种监测与预警技术的创新应用，能更精准、及时地发现地质灾害风险，降低灾害损失。未来，应持续推动技术创新，完善保障措施，构建更加科学、高效的地质灾害防治体系，切实保障人民生命财产安全。

参考文献

- [1] 魏建华.监测预警技术在矿山地质灾害治理中的应用研究[J].中国金属通报,2021(06):166-167.
- [2] 张凯翔.基于“3S”技术的地质灾害监测预警系统在我国应用现状[J].中国地质灾害与防治学报,2020,31(06):1-11.
- [3] 贾会会,杨瑞,张志辉,薛建志.矿山地质灾害防治预警及决策管理系统研究[J].内蒙古煤炭经济,2022(2):172-174.
- [4] 刘邢巍,蔡华,蒲德祥,王斌.基于CORS基准站的GNSS滑坡地质灾害监测数据处理策略分析[J].全球定位系统,2022,47(2):7-12.