

引用格式: 吕凌燕, 李璐嘉, 陈丽霞. 地质灾害全链条风险防控体系的规范化构建[J]. 安全与环境工程, 2025, 32(6): 214-224.

LYU Lingyan, LI Lujia, CHEN Lixia. Standardized construction of full-chain risk control and management system for geological hazards [J]. *Safety and Environmental Engineering*, 2025, 32(6): 214-224.

地质灾害全链条风险防控体系的规范化构建

吕凌燕^{1,2*}, 李璐嘉^{1,2}, 陈丽霞³

(1. 中国地质大学(武汉)公共管理学院, 湖北 武汉 430074; 2. 中国地质大学(武汉)自然资源部法治研究重点实验室, 湖北 武汉 430074; 3. 中国地质大学(武汉)地球物理与空间信息学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 在我国滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害频发的背景下, 地质灾害风险的防控对守护民众生命和财产安全、维护社会稳定具有重要意义。当前, 我国地质灾害风险防控技术、管理规范和操作指南还在不断地探索完善过程中。地质灾害全链条风险防控体系的规范化建设是提升地质灾害预测准确性、及时性以及推进地质灾害风险防控动态响应的核心。研究系统整合“点面双控”“分层级管控”“动态响应”等现有地质灾害风险管理准则, 并融入地质灾害“识别调查-评价-监测-预警-应急”体系流程, 尝试构建地质灾害全链条风险防控规范指引, 以期为实现地质灾害风险防控从被动应对向主动防御转变提供支撑。

关键词: 地质灾害; 全链条风险防控体系; 规范化; 流程优化

中图分类号: P694

文章编号: 1671-1556(2025)06-0214-11

收稿日期: 2025-06-28

DOI: 10.13578/j.cnki.issn.1671-1556.20250565

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Standardized construction of full-chain risk control and management system for geological hazards

LYU Lingyan^{1,2*}, LI Lujia^{1,2}, CHEN Lixia³

(1. *School of Public Administration, China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan 430074, China*; 2. *Key Laboratory for Rule of Legal Research, Ministry of Natural Resources, China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan 430074, China*; 3. *School of Geophysics and Geomatics, China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan 430074, China*)

Abstract: Against the backdrop of frequent occurrences of geological hazards such as landslides, collapses, and debris flows in China, the control of geological hazard risks is of great significance for safeguarding people's property and maintaining social stability. Currently, China's technologies for preventing and controlling geological hazard risk, management specifications, and operational guidelines are still in the process of continuous exploration and improvement. Standardized construction of full-chain risk control and management system for geological hazards is the core to improve the accuracy and timeliness of prevention and promote dynamic response to geological hazard risk prevention and control. Based on the system process of "identification, investigation, evaluation, monitoring, early warning, and management" for geological hazards, this study systematically integrates existing geological hazard prevention and control principles such as "point-plane dual control", "hierarchical management and control", and "dynamic response" into the system, and attempts to construct standardized guidelines for full-chain risk prevention and control, so as to provide support for the transformation of geological hazard risk prevention and control from passive response to active

基金项目: 国家社会科学基金重点项目(23AZD072); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(2025XLB80)

*通信作者: 吕凌燕(1979—), 女, 博士, 副教授, 主要从事环境资源法、公共政策等方面的研究。E-mail: Lvlingyan@cug.edu.cn

prevention.

Keywords: geological hazard; full-chain risk control and management system; standardization; process optimization

中国地理环境分异明显,山地丘陵地貌占国土总面积的三分之二以上,且新构造运动活动强烈,地质环境脆弱,是世界上危岩崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害的高发区和重灾区^[1]。“十三五”期间,全国共发生崩塌、滑坡、泥石流等各类地质灾害34 218起,造成1 234人死亡或失踪,直接经济损失160亿元^[2]。因此,地质灾害风险防控一直是我国灾害防控和管理工作的重中之重。地质灾害包括自然因素或者人为活动引发的危害人民生命和财产安全的山体崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等与地质作用有关的灾害。地质灾害风险防控是指通过科学方法和技术手段,对可能发生的地质灾害进行风险识别、评估、预警、防治和管理,以降低灾害发生概率及其对生命、财产和生态环境造成损失的综合性措施体系。地质灾害风险防控工作应当坚持预防为主、避让与治理相结合和全面规划、突出重点的原则^[3],其核心目标是实现地质灾害的可防、可控、可管理,保障人类社会与自然环境的协调发展。我国地质灾害风险防控工作已经积累了丰富的经验,但实践中尚未形成规范化的全链条风险防控体系。

本研究通过对地质灾害风险防控各环节的规范化检视,围绕地质灾害风险防控中的突出问题,提出在“点面双控”“分层级管控”“动态响应”等先进地质灾害管理准则指引下,系统整合我国现行规范及其实践操作模式,并应用于地质灾害“识别调查-评价-监测-预警-应急”环节,建立标准化的操作流程、制度或管理范式,以探索构建规范化的地质灾害全链条风险防控体系,积极推动地质灾害风险防控由被动应对向主动防控转变,助力科学高效地实施地质灾害风险防控。

1 我国地质灾害风险防控尚未形成有机整体

为规范指引地质灾害风险防控工作的有效开展,我国颁布并实施了一系列法规,如《地质灾害防治条例》^[3]《国务院关于加强地质灾害防治工作的决定》^[4]《全国地质灾害防治“十四五”规划》^[5]《关于加强城市地质安全风险防控的通知》^[6]等。全国各地通过长期的地质灾害风险防控实践,在地质灾害

识别调查、评价、监测、预警和应急等方面积累了丰富的经验,并围绕地方地质灾害风险防控需求发布了一系列地方性规范。但当前我国各地防控地质灾害的规范指引多以单点式为主,呈现碎片化、零散化的特征。部分地方虽针对地质灾害风险防控中问题突出的环节进行了标准建构,但并未从整体上进行全环节和全流程的规范指引,导致地质灾害风险防控各环节实施效果差异较大。实践中出现地质灾害风险防控各环节衔接不足、缺乏整体性和连贯性的问题,大大影响了地质灾害风险防控的响应速度与效果,从而使整体风险防控成效大打折扣。

1.1 地质灾害风险防控各环节衔接程度不足

实践中,我国大多地方在地质灾害风险防控过程中存在防控各环节衔接不畅的问题,突出表现在以下几个方面:一是在地质灾害风险识别与调查环节,通常存在基础数据的时效与调查精度不足的问题,这就导致其与风险评价环节的需求脱节,无法满足地质灾害风险评价对数据精细度的要求^[7]。风险识别与调查环节作为地质灾害风险防控的第一阶段,若未与后续环节紧密衔接,则会导致后续资料缺失,再重复调查更会降低地质灾害风险防控的整体效率。二是在地质灾害风险评价环节,未严格按照地质灾害风险识别与调查的结果制定全方位的风险评价标准。地质灾害风险评价对于监测点的布局具有重要的指导作用,但地质灾害风险静态评价与动态监测的需求常常脱节,实践中通常存在未能充分考虑地质灾害动态演变的情况,致使风险监测指标未能覆盖地质灾害关键节点。三是在地质灾害风险监测环节,地质灾害风险监测指标与地质灾害风险评价重点不一致,没有按照风险评价所得的不同等级制定地质灾害风险监测级别划分的标准,致使无法合理安排地质灾害风险监测举措。实践中我国大多数地方未能积极推动地质灾害风险先进监测方式的开展,传统的监测方式易受地形、设备故障影响,会出现数据传输延迟甚至中断等问题,导致地质灾害风险预警信息滞后。四是在地质灾害气象风险预警环节,未及时有效地制定地质灾害风险监测数据处理工作方案,影响监测数据传输的实时性,致使其不能及时转化为地质灾害风险预警信息,延误地质灾害风险预警发布。实践中地质灾害气象风险预警环节时常出现风险监测阈

值与预警标准不统一的情况,我国不同地区、不同类型地质灾害风险监测阈值的设定若缺乏统一标准,将会提高沟通成本且极易导致风险预警启动混乱。五是在地质灾害应急环节,地质灾害应急与风险预警等级的动态调整联动性较弱,应急预案多为静态模板,难以根据实时风险预警信息的变化进行动态调整。我国多数地方地质灾害应急的跨部门协同机制存在滞后性问题,存在地质灾害风险预警信息的传递效率不高、协同不畅等问题。而地质灾害风险防控各环节衔接程度不高的问题将会直接影响风险防控的整体效率和结果。

1.2 地质灾害风险防控准则融合失衡

地质灾害风险防控准则是以保障人民生命和财产安全为核心建立的系统性准则,强调预防为主的基本导向。在国家对地质灾害风险防控不断重视的背景下,理论和实践中均提出了不同的地质灾害风险防控的适用准则,这些准则的提出应来源于实践并高于实践,能够在实践中遵循体系化融合的要求,即在地质灾害风险“识别调查-评价-监测-预警-应急”全流程均具有基础性指导意义。我国地方实践中,大多仅针对个别关键环节进行了地质灾害风险防控准则的更新,甚至在地质灾害风险防控的相关规范中仍沿用传统模式,此种情形会导致地质灾害风险防控各环节实施差异大,风险防控体系缺乏整体性,进而影响地质灾害风险防控的整体效能。

当前,我国地质灾害风险理论和部分规范中广泛提及的“隐患点+风险区”双控的准则,在指导地质灾害风险防控由“隐患点”逐步引导向“隐患点+风险区”的转变方面具有较强的指导意义,但许多地区的指引规范更新滞后,并未将该点面双控的准则纳入地质灾害风险防控的全流程,导致许多风险防控环节使用的还是多年前的传统模式,在操作层面缺乏相应指导,仍以“看住隐患点”为地质灾害风险防控的主要指导方针,对于地质灾害风险区的防控存在重视不足等问题。地质灾害风险分层级管控也是现阶段风险防控适用性较强的指导准则,其将分层级管控融入进地质灾害风险防控各环节的防控举措中,推动地质灾害风险防控更具规范性与整体性,让地质灾害风险防控流程的衔接更加高效。在我国地质灾害风险分层级管控实践中,不同部门、不同级别的风险防控措施具有针对性、标准化的对应指导,但整体风险管控机制并未有效建立。受地质多期构造运动、地层岩性差异及外动力地质作用的综合影响,地质灾害发生概率与成灾模

式的预测难度较大,动态响应准则也是应对地质灾害风险动态演化的基础性准则。实践中,我国许多地方仍缺乏规范化的动态响应机制,并未在地质灾害风险防控环节配备相应的动态响应操作指引,也未能制定体系化动态响应流程,因而不能灵活地应对地质灾害风险防控过程中出现的新问题^[8]。

点面双控、分层级治理和动态响应的准则,作为我国现阶段地质灾害风险防控的主流举措,在实践中风险防控各环节并未得到充分重视与体现。因此,地质灾害风险防控在融合适用新准则方面尚存在整体性的优化空间。

2 地质灾害全链条风险防控体系的建构准则

2.1 点面双控准则

“点面双控”,即继承群测群防和网格化管理体系经验,将地质灾害风险防控重点由“隐患点”向“隐患点+风险区”双控转变。近年来,随着极端降雨的频现和日趋强烈的人类工程扰动,我国地质灾害风险防控“两个80%”问题仍然突出,即发生灾险情的80%不属于在册隐患点,80%的在册隐患点风险较低或从未发生灾险情。由此可知,我国许多地质灾害并未发生在隐患点范围内,这导致对许多地质灾害的风险预防和干预不及时,从而出现不可挽回的后果。因此,立足地质灾害风险防控实践探索出“隐患点+风险区”双控准则以解决此类问题。2020年以来,浙江省、云南省开始进行“隐患点+风险区”双控试点,2022年12月在自然资源部印发的《全国地质灾害防治“十四五”规划》中强调持续提升地质灾害风险管控能力,明确提出点面双控准则^[5]。自2023年起,陕西、湖北、福建、广西等省(区)也相继出台了具体实施方案以推动“点面双控”准则实施。

实践中,我国部分地方对隐患点的地质灾害应对有较为完善的风险防控机制,积累了一定的风险防控经验,但地方指引规范并未及时更新为“隐患点+风险区”双控模式,仍沿用传统的点式防控模式,以“看住”已知隐患点为主,而在地质灾害风险区的识别方式、防控措施及其与隐患点的相互关系等内容上仍然缺少相应的规范支撑^[9]。因此,我国各地方在规范化构建地质灾害全链条风险防控体系过程中,应在充分汲取总结各地丰富的点式防控经验的基础上,将点面双控准则融入地质灾害风险防控“识别调查-评价-监测-预警-应急”的整个流

程,不仅要 对隐患点进行常规防控,还应对风险区防控进行全流程的指导,使点面双控准则在规范化的体系中更加“具象化”,从而更好地指导地质灾害全链条风险防控的实践操作。

2.2 分层级治理准则

分层级治理包括分层治理和分级治理 2 个方面:分层治理是按照县(市)行政区、乡镇、重点区域 3 个层次开展地质灾害风险防控,其中重点区域包括地质灾害高易发区或高风险区、人口密集区、重要工程建设区等;分级治理是对上述区域进行风险识别、调查、评价等举措,最终根据地质灾害风险区的级别和影响人数,将地质灾害风险防范等级分为重点防范区、次重点防范区和一般防范区。将分层级治理准则融入地质灾害全链条风险防控中,即在地质灾害风险防控过程中针对不同层次的区域、不同等级的防范区,根据其具体范围及特点予以有针对性地管控,并且明确不同的责任主体,分级落实防灾责任,此举有利于助力地质灾害风险防控工作的开展以及防控管理的优化,提升地质灾害风险防控的全面化程度与精细化程度,使风险防控举措得以更及时、更完备地实施。将分层级治理准则融入地质灾害风险防控规范,能够使地质灾害全链条风险防控的指引逻辑更加清晰,各层级在风险治理上的分工更加明晰,在实践中只需按照规范内的要求分步骤实施即可达到有效协同治理的效果。因此,在地质灾害全链条风险防控体系规范化构建中,采用分层级治理准则不仅能够因地制宜,也可使地质灾害风险防控工作更加简明。

在地质灾害全链条风险防控体系的规范化构建中,整个地质灾害风险“识别调查-评价-监测-预警-应急”各环节均应体现分层级治理的要求。其中:在地质灾害风险调查环节中,地质灾害风险调查单元和评价单元、调查方法应当按照县(市)行政区、乡镇、重点区域 3 个层次进行划分;在地质灾害风险评价环节中,地质灾害风险评价结果应分为极高、高、中、低 4 个等级,且根据县(市、区)、乡镇(街道)、重点区域的不同情况构建不同的地质灾害风险评价体系,地质灾害风险评价单元、危险性评价和易损性评价工作均应按照不同层次予以展开;在地质灾害风险监测环节中,应对地质灾害风险防范区进行严格分级,以便根据不同等级的地质灾害风险区划分不同的监测级别,进而根据不同监测级别的区域给予不同程度的监测手段;在地质灾害气象风险预警环节中,地质灾害气象风险预警等级应由高到低分为 4 个等级,分别为一级(红色预警)、二级

(橙色预警)、三级(黄色预警)和四级(蓝色预警),分别表示因气象因素导致地质灾害发生的风险很高、高、较高和有一定风险,且每一级别应配有具体对应的风险预警响应方案表;在地质灾害应急环节中,应以县(市、区)、乡(镇、街道)、行政村(社区)、自然村(村小组)为单元,自上而下构建网格单元,实行网格化分级管理,将每个单元均纳入地质灾害应急的对象范围内,最终达到全面化的应急管理效果。

2.3 动态响应准则

地质灾害风险防控的动态响应机制,内涵为在地质灾害的孕育、发生、发展及其演化过程中,通过及时调查、风险评估、实时监测、预警发布、应急管理等环节的动态联动,形成具有时效性和适应性的风险防控机制,实现最大程度地降低地质灾害风险和人员、经济类损失。在地质灾害全链条风险防控过程中的动态响应,主要体现在对地质体的非常规形变、诱发因素的极端变化、承灾体的改变等情况予以及时响应,对地质灾害“识别调查-评价-监测-预警-应急”的每个环节进行及时的调整,以应对地质灾害风险的突变。

由于地质灾害的突发性,动态响应是地质灾害风险防控的重要内容。若没有将动态响应纳入规范化环节,在应对地质灾害相关数据的突发变化时,则很难做到有条不紊地开展地质灾害风险防控的调整工作。因此,在地质灾害全链条风险防控体系规范化构建中,应当融入动态响应的相关要求。在地质灾害风险调查环节中,应指明在调查区内的地质环境条件和承灾体发生重大变化时,需要重新进行地质灾害风险区调查工作;在地质灾害风险评价环节中,应对风险评价结果进行动态更新,并提供动态调整的相关技术流程;在地质灾害气象风险预警环节中,应要求定期对预警模型进行效果分析、修正(主要方式是对降雨阈值进行动态更新)与完善。此外,对于地质灾害风险各级别预警信息的动态响应也应当有针对性地提出相关要求。可见,只有将动态响应融入地质灾害全链条风险防控体系的规范化构建中,才能使突发地质灾害的应对措施程序化,从而保证地质灾害风险防控的及时性。

3 地质灾害全链条风险防控体系的内容构造

立足于地质灾害风险“识别调查-评价-监测-预警-应急”的全链条环节建构地质灾害风险防控体

系,是在对地质灾害风险防控环节优化的基础上融入“点面双控”“分层级管控”“动态响应”准则,从而使地质灾害风险防控体系更加精细、全面、适用,为地质灾害全链条风险防控的规范化构建提供支撑。

3.1 地质灾害风险识别与调查的工作内容和流程

地质灾害风险防控的前提是发现隐患,隐患的识别是地质灾害风险防控的首要环节,其通过天、空、地等各种手段,对已经发生变形或者可能发生变形的地质体进行判识,识别可能发生地质灾害的位置和范围,从而分析地质灾害发生的可能性。作为地质灾害风险防控体系全链条程序的第一个关卡环节,确保地质灾害风险识别与调查的精准性和全面性,是保证全链条程序顺利开展的基础。地质灾害隐患的调查,是指运用多种技术方法对地质灾害类型、孕灾环境和承灾体进行勘察、测试和核查,为地质灾害风险防控提供科学依据。现有的地质灾害风险识别与调查存在“三查”体系,即“普查、详查、核查”,也有从光学遥感、干涉合成孔径雷达(interferometric synthetic aperture radar, InSAR)、激光雷达等综合遥感测量的角度提出的“三形”思路,即“形态、形变、形势”。规范化利用这些技术与方法开展地质灾害风险识别与调查,是地质灾害风险防控的关键^[10]。通过此种方式,能极大地提高地质灾害风险识别与调查的时效性和精度,满足后续的风险评价环节对于数据精细度的要求。地质灾害风险识别与调查的对象应顺应最新规范要求和发展趋势,从“隐患点”向“隐患点+风险区”转变,在实践中我国部分地方已围绕点面双控准则建立相关标准与规范指引,针对地质灾害隐患点的识别与调查大多可适用现有经验,而针对地质灾害风险区的识别与调查,还需进一步通过规范明确主要内容和具体流程。

3.1.1 地质灾害风险识别的工作内容和流程

地质灾害隐患点的识别,主要工作内容包含资料收集、数据处理、隐患识别、野外核查和成果编制等。这些工作流程中的许多内容均需要借助遥感技术。由陕西省 2025 年 1 月实施的地方标准《地质灾害隐患综合遥感识别技术规程》^[11]中将地质灾害隐患点识别的主要流程与遥感技术的结合进行了较为规范和清晰的介绍,具有较高的参考价值。

地质灾害隐患点识别的主要对象,即判别是否存在新的变形迹象和特征。在识别地质灾害隐患点的过程中,需要针对不同的隐患进行不同特征的判断。在 2020 年浙江省^[12]、2021 年陕西省^[13]、2022 年广东省^[14]发布的《乡镇(街道)地质灾害风险调查

评价技术要求》,以及在 2014 年原国土资源部发布的《滑坡崩塌泥石流灾害调查规范(1:50 000)》(DZ/T 0261—2014)^[15]的基础上,明确了滑坡、崩塌等不同隐患的识别标志,这些规范能够较好地指导地质灾害隐患点的识别工作。

地质灾害风险区的识别的主要技术流程不同于隐患点识别的程序,在识别过程中加入了分区划定的相关内容。浙江省杭州市临安区作为全国地质灾害隐患风险点面双控的理论和实践发源地,在地质灾害风险区识别方面探索出了一套行之有效的模式^[16]。湖北省宜昌市秭归县作为湖北省第一批开展地质灾害“隐患点+风险区”点面双控体系建设的试点地区,在实践操作中对地质灾害风险区的识别流程做了进一步的完善。结合两地关于地质灾害风险区的识别模式可知,在进行资料收集、初步分区划定后,根据初步分区的结果通过遥感技术进行风险斜坡的识别与划定,再对风险斜坡可能影响的区域进行野外核查,最终对所得资料与数据进行综合判识,识别出地质灾害风险区的类型及其风险大小。

3.1.2 地质灾害风险调查的工作内容和流程

地质灾害隐患点调查工作依据 2014 年原国土资源部发布的《滑坡崩塌泥石流灾害调查规范(1:50 000)》(DZ/T 0261—2014)^[15]的具体规定,地质灾害风险区调查的主要工作内容包含孕灾地质环境条件调查、地质灾害风险斜坡特征调查、现有地质灾害风险防控措施等。具体而言,地质灾害风险区的调查应在充分收集分析区域已有地质灾害、工程地质、环境地质、地质灾害风险防控和社会经济等资料的基础上开展。基于湖北省的地质灾害风险防控实践可知,该区域的调查单元依据调查比例尺划分:县(市)级调查以斜坡为调查单元、以行政村(社区)为统计单元,乡镇级和重点区域级的崩塌和滑坡灾害风险区以斜坡为调查和统计单元、泥石流灾害风险区以沟谷流域为调查和统计单元。在调查方法方面,县(市)级风险区调查方法应以遥感调查、地面抽样核查为主,对无法达到评价要求的区域补充地面调查;乡镇级风险区调查应以遥感调查结合地面调查为主;重点区域风险区调查应结合遥感调查,按斜坡单元逐坡开展地面调查,并对地质环境条件复杂区域酌情开展物探、钻探、山地工程和测试与试验。这也充分体现了湖北省区域点面双控和分层治理的特殊准则。通过该种方式,能够在区域与技术层面均有效提升调查精细度,为后续的风险评价环节提供坚实的数据基础^[17]。

通过地质灾害风险区调查,可初步判断地质灾害风险区可能发育的地质灾害类型、发育规模、发生的可能性和影响范围,并进一步判定风险区地质灾害的风险特征和等级。通过以上程序分析,能够预先对后续地质灾害风险评价环节需要的资料和数据进行调查,提升与后续环节的衔接度。前者可通过调查风险区风险斜坡或沟谷流域地质环境条件、孕灾类型与特征、变形与稳定性状态、现有地质灾害风险防控措施等来实现;后者则可通过调查地质灾害风险区及可能影响范围内的所有人员和经济类承灾体的类型、分布、基本特征和设防措施等来实现。为了确保调查的准确性,还应当满足动态调查、补充调查和验证调查的要求。地质灾害风险区的具体调查流程如图1所示。

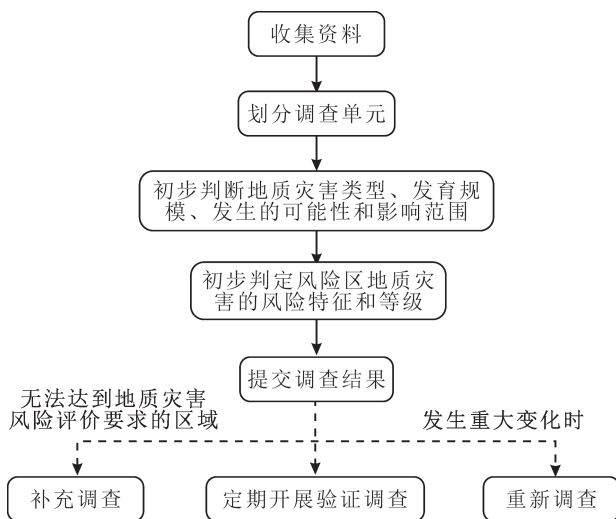


图1 地质灾害风险区调查流程

Fig. 1 Investigation process for geological disaster risk zones

3.2 地质灾害风险评价的工作内容和流程

识别易受地质灾害风险威胁的区域并进行评价,能够对地质灾害的发生予以提前干预,减少地质灾害造成的人员与经济损失。地质灾害风险评价的工作内容主要有地质灾害的易发性评价、危险性评价和易损性评价。其中,地质灾害易发性评价对象为一定区域内孕灾地质条件所控制的地质灾害发生的可能性,侧重于地质灾害发生的空间概率预测,其具体工作内容主要包括地质环境条件分析、地质灾害成因规律分析、评价体系建立与指标选取、评价模型选取与计算、评价精度分析和易发性制图等;地质灾害危险性评价对象为在某种诱发因素作用下,在一定地区某一时间段发生特定规模和类型地质灾害的可能性,侧重于地质灾害发生的时间概率和影响范围^[12];地质灾害易损性评价主要是评估承灾体对灾害的抵抗能力^[18],应当按照承灾

体类型区分为人员易损性和经济类易损性,必要时对专门类别承灾体予以易损性评价,评价结果包括承灾体的类型与数量、时空概率、易损程度、经济价值等^[19]。最终综合上述地质灾害的易发性、危险性、易损性等评价,将评价结果分为极高、高、中、低4个等级。在地质灾害风险评价过程中,需基于前端环节地质灾害风险识别与调查的结果,并针对县(市、区)、乡镇(街道)、重点区域的不同情况构建不同的评价体系,此种分层管理的准则能够有效地提升地质灾害风险评价的准确性和全面性。

根据上述各地质灾害风险区的不同情况进行极高、高、中、低4个等级的地质灾害风险评价后,评价结果需要随着现实情况的变化及时进行动态更新,以满足后续地质灾害风险监测环节的动态监测需求。更新依据有时间周期性触发和事件驱动触发,其中事件驱动触发包括新增加灾险情或隐患、治理工程实施、承灾体变化、诱发因素及其强度变化等。经过更新的地质灾害风险区应进行新增、核销或等级调整处理。本研究参照云南、陕西、四川、湖北等地地质灾害风险区评价结果动态更新的举措,归纳出地质灾害风险区动态调整流程:首先在进行充分且具有针对性的数据收集后,进行初步调整,结合灾害治理、变形现状、承灾体类型、人员搬迁等指标,对地质灾害风险区等级调整趋势进行初步判识;再基于其原属等级与具体指标进行精确调整,根据具体情况新增、核销风险区,或确定地质灾害风险区等级调整的幅度。通过该地质灾害风险区动态调整的技术流程以指导地质灾害风险动态评价环节的规范构建。

3.3 地质灾害风险监测的工作内容和流程

地质灾害风险监测是指通过运用多种技术手段和方法,对可能引发地质灾害的自然环境要素、地质灾害体活动特征以及受威胁区域承灾体动态变化进行持续、系统地观测与数据采集,并实时分析地质灾害发生的可能性及危害程度的过程。通过对地质灾害风险的早期感知与实时分析,能够为后续的地质灾害预警环节提供切实可靠的及时信息,最终为地质灾害的预防、应急处置和风险管理提供科学依据,达到预防地质灾害的目的。作为地质灾害风险防控全链条的关键环节之一,地质灾害风险监测的等级、内容、方式等具体操作流程需要进一步规范化,以保证地质灾害风险监测的及时性和精准性。

依据地质灾害风险评价环节的级别分布可知,地质灾害风险区的评价结果将分为极高、高、中、低

4个等级。依据前端环节的风险评价等级,并根据地质灾害风险区级别及影响人数的综合考量,对地质灾害风险防范区进行严格分级,以便根据不同等级的地质灾害风险区划分不同的风险监测级别,进而根据不同风险监测级别的区域给予不同程度的监测手段,如对地质灾害重点防范区进行二级监测、对地质灾害次重点防范区进行三级监测。地质灾害风险防范区的规范化分级方式如表1所示。

表1 地质灾害风险防范区分级表^[20]

Table 1 Classification table for risk prevention zones of geological hazards

影响人数/人	风险区级别	防范区分级结果
>100	极高	重点
>100	高	重点
>100	中	次重点
30~100	极高	重点
30~100	高	次重点
30~100	中	一般
<30	极高	次重点
<30	高	一般
<30	中	一般

此外还需明晰,地质灾害风险区的监测方式可以采用专业监测、普适性监测以及群测群防等创新性手段,以增加监测的覆盖面与稳定性,为后续地质灾害气象风险的及时预警提供技术保障。地质灾害风险区监测剖面 and 监测点的布设需要参照2024年1月自然资源部发布实施的技术方法标准《地质灾害自动化仪器监测预警规范》(DZ/T 0460—2023)的相关要求。裂缝计、全球导航卫星系统(global navigation satellite system, GNSS)、倾角加速度仪、泥位计、雨量计、孔隙水压力计等地质灾害风险监测设备安装应参照地质灾害上述规范中普适型仪器监测预警的相关要求^[21]。对于地质灾害风险重点防范区,宜增设InSAR技术对风险斜坡区开展变形监测。唯有在技术方面减少差错,才能提升地质灾害风险监控的精准率。

地质灾害风险监测的过程结束后,则应当对监测结果予以处理,满足预警条件时及时进行地质灾害风险预警。

3.4 地质灾害风险气象预警的工作内容和流程

地质灾害风险气象预警的任务是根据地质灾害孕灾环境,结合降水等引发因素的实况和预报情况,预测可能引发地质灾害的时间区间、空间范围和预警等级等。这一环节为地质灾害风险防控全链条体系中,降低人员损失与经济损失的关键环节。如何规范化地质灾害风险气象预警工作流程、

预警模型建立和预警等级划分,是构建地质灾害风险防控体系的核心问题之一。

地质灾害风险气象预警工作内容应当分为3个部分:预警工作方案制定、日常预警工作流程和各级部门的预警响应。预警工作方案的制定方面,自然资源部会在年初组织相关部门进行全年地质灾害风险趋势预测,并印发《全国地质灾害防治工作要点》,对全年重点工作作出安排,地方应在此基础上编制全省地质灾害风险年度趋势预测分析报告,研判全年特别是汛期地质灾害的发生、发展趋势,确定重点防范地区。地质灾害风险年度趋势预测分析报告,能够对全年地质灾害风险预警进行初步规划,达到及时预防、及时响应的效果。该地质灾害风险年度趋势预测分析报告经专家会商后报主管部门审定,作为汛期预警的基础及政府部门部署防灾减灾措施的参考依据。年度预警工作结束后,应对全年地质灾害风险预警工作进行总结,包括预警服务情况、预警效果分析模型修正与完善、存在问题与下一步工作等,并编制地质灾害风险年度预警总结报告。日常预警工作的流程包括数据传输、模型计算、会商研判、产品制作、预警发布、数据备份等环节,各环节在实践中的操作流程可以参照浙江省自然资源厅、气象局于2020年发布的《关于进一步加强汛期地质灾害气象风险预报预警工作的通知》中的做法,详见图2。

在地质灾害风险气象预警工作的整个流程中,预警模型的建立与实操是保证预警正确性的关键。地质灾害风险气象预警模型的建立包括地质灾害易发性分区、降雨阈值统计和预警判据矩阵构建3个环节。其中,地质灾害易发性分区可以采用前文地质灾害风险评价工作的相关成果;降雨阈值统计和预警判据矩阵构建可以参照湖北省的相关做法。地质灾害降雨阈值是指引发地质灾害的过程中降水量、降水强度或有效降水量等指标的临界值。基于统计分析的降雨阈值模型中的降水参数隐含了地质环境条件的作用,因此降雨阈值模型适用于地质环境模式比较单一的较小区域,当预警区域较大时,应首先对预警区进行孕灾地质环境区划,针对各分区建立基于统计分析的降雨阈值模型。该降雨阈值模型考虑的降水参数通常包括总降水量、平均降水强度、最大降水强度、降水持续时间、前期降水量和激发降水量(灾害发生前24、12 h等)等。各地方可根据不同情况,选用其中1~2个降水参数,建立基于统计分析的降雨阈值模型,可以获得不同的地质灾害发生概率对应的降雨阈值方程。

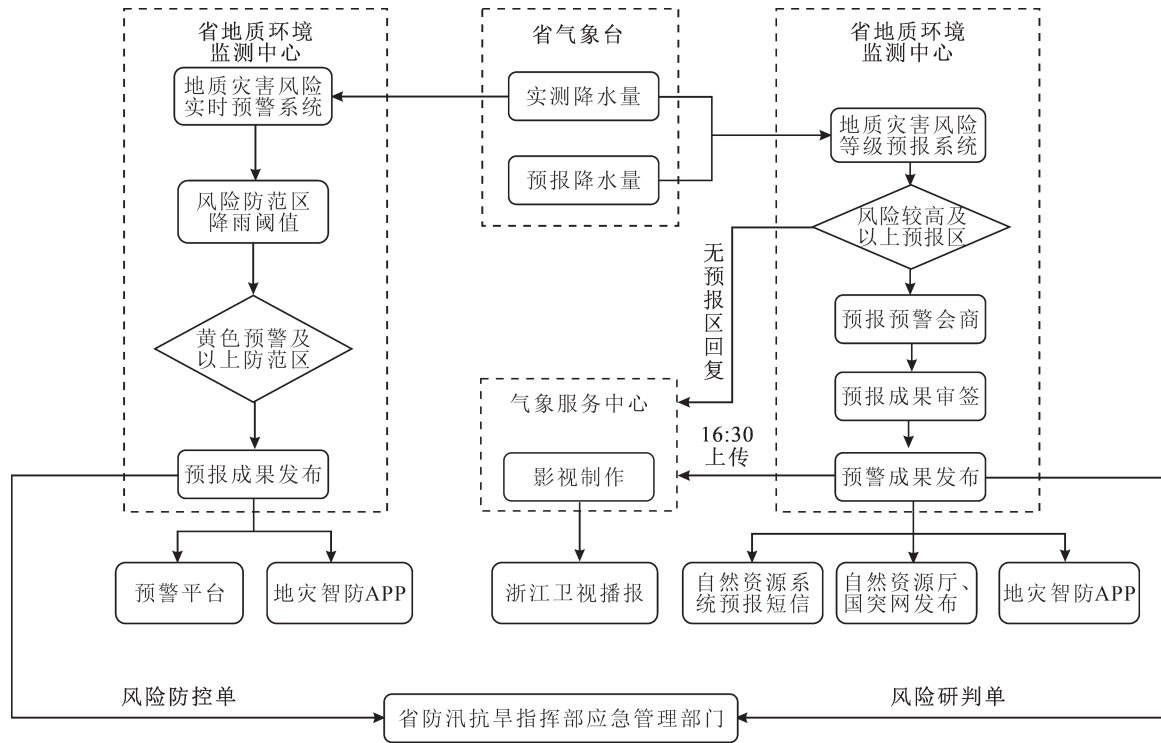


图 2 日常预警工作流程^[22]

Fig. 2 Routine early warning workflow

结合地质灾害发育情况和管理部门防灾减灾需求,确定4个等级的地质灾害发生概率值作为降雨极高危险(红色)、高危险(橙色)、中危险(黄色)、低危险(蓝色)和无危险等级的分级界限。但需要注意的是,应定期对地质灾害风险气象预警模型开展效果分析、修正与完善。其预警模型的修正主要为降雨阈值的动态更新,降雨阈值更新调整流程也应当予以规范化。

地质灾害气象风险预警判据矩阵是在综合考虑区域地质灾害易发性、前期有效降水量和激发降水量对地质灾害影响的基础上建立的,能够为地质灾害气象风险预警等级的确定提供依据。降雨等级通过各预警分区的降雨阈值确定,将降雨等级与地质灾害易发性分级结果相结合,进行预警单元的预警等级判定。所依据的地质灾害气象风险预警等级判据矩阵如表 2 所示。

表 2 地质灾害气象风险预警等级判据矩阵

Table 2 Criterion matrix for meteorological risk early warning levels of geological disasters

易发性	降雨等级				
	无危险	低危险	中危险	高危险	极高危险
低易发	无	无	无	无	无
中易发	无	低	低	中	中
高易发	无	低	中	高	高
极高易发	无	低	中	高	极高

通过上述模型最终确定地质灾害气象风险预警等级。地质灾害气象风险预警等级由高到低分为4个等级,分别为一级(红色预警)、二级(橙色预警)、三级(黄色预警)和四级(蓝色预警),分别表示气象因素导致地质灾害发生的风险很高、高、较高和有一定风险。每一级别对应的地质灾害气象风险预警响应方案如表 3 所示。

表 3 地质灾害气象风险预警响应方案表^[22]

Table 3 Meteorological risk early warning response scheme table of geological disasters

预警等级	含义	防御措施
红色预警	风险防范区发生灾害的可能性很大	立即撤离风险防范区受威胁群众,红色预警解除 12 h 后,经专业人员确认安全才能返回
橙色预警	风险防范区发生灾害的可能性大	提醒风险防范区群众做好撤离转移准备,加密巡查监测,密切关注降雨变化和致灾体变形迹象
黄色预警	风险防范区发生灾害的可能性较大	提醒风险防范区内人员关注降雨变化和实时预警信号,开展巡查监测

3.5 地质灾害应急的工作内容和流程

地质灾害应急工作的流程包括信息报送、先期

处置、确定应急响应等级、应急处置4个步骤,每个步骤环环相扣,内容各有侧重。湖北省、四川省、云

南省、山东省、江苏省等地,就地质灾害应急工作问题制定了专门的《突发地质灾害应急预案》。其中湖北省地质灾害应急工作的步骤明确、职责清晰、响应及时,对于地质灾害全链条风险防控的规范化构建具有较高的参考价值^[23]。

由于地质灾害灾情、险情发展迅速,地质灾害信息报送环节各步骤需满足严苛的时间要求,例如发生大型以上地质灾害险情或小型以上地质灾害灾情时,事发地的县(市、区)党委、政府和相关职能部门在接到地质灾害灾情报告或险情预警后,应当在 30 分钟内口头或者书面向上级地方党委、政府、省应急管理厅、省自然资源厅速报紧急信息,且上报到省委、省政府的时间距地质灾害发生不得超过 1 小时。

在接到地质灾害灾(险)情信息报送后,为防止地质灾害灾(险)情进一步扩大,应对其进行及时的先期处置。各部门和组织应当按照属地原则进行明确的职能分工,其中县级以上自然资源部门应立即派出专业技术队伍前往现场开展调查,研判发展趋势;应急管理部门应视情组织应急救援队伍前置备勤,做好预案、物资等应急救援准备。地方各级人民政府应组织受威胁人员转移避险,实施危险区管控,并采取排危除险等措施遏制险情进一步发展。

地质灾害应急响应等级的确定,是后续选择合理的应急处置方案的前提,由高到低分为 4 个等级。一级响应于发生特大型灾情时启动,即当地地质灾害造成 30 人以上死亡,或直接经济损失 1 000 万元以上时,应当启动一级响应;二级响应于发生大型灾情时启动,即当地地质灾害造成 10 人以上、30 人以下死亡,或直接经济损失 500 万元以上、1 000 万元以下时,应当启动二级响应;三级响应于发生特中型灾情时启动,即当地地质灾害造成 3 人以上、10 人以下死亡,或直接经济损失 100 万元以上、500 万元以下时,应当启动三级响应;四级响应于发生小型灾情或大型以上险情时启动,即当地地质灾害造成 3 人以下死亡,或直接经济损失 100 万元以下时应当启动四级响应,在受地质灾害威胁,需转移人数在 500 人以上或可能造成经济损失 5 000 万元以上时也应启动四级响应。需要注意的是,应急响应启动后,可视险情和灾情发展情况对响应级别及时进行相应调整,实现地质灾害应急工作的动态响应。

地质灾害应急处置环节,需要囊括尽可能全面的地质灾害应急处置措施,并根据不同的应急响应等级实施不同程度的应急处置措施。采用的地质

灾害应急处置措施应包括但不限于:组织避险转移、搜救遇险被困人员、抢修基础设施、开展医疗救治和卫生防疫、安置受灾群众、实施交通管制、加强气象风险预警预报、开展应急监测与研判、采取排危除险措施、防护重点目标、维护社会治安、做好权威信息发布与舆情应对处置、视情与相关省(市)开展协调联动等。具体的地质灾害应急处置管理流程及其重点内容如图 3 所示。

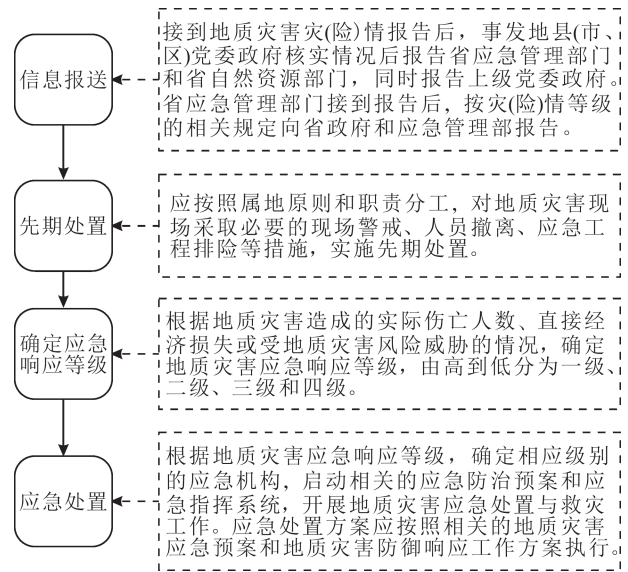


图 3 地质灾害应急处置管理流程

Fig. 3 Management process for emergency response to geological hazards

4 结 语

在我国地质灾害频发背景下,地质灾害风险防控一直是保障人民生命和财产安全、维护社会稳定、促进经济可持续发展的重中之重。明确并优化地质灾害风险防控的步骤、权责与标准等内容,能够规范地质灾害风险防控各环节的行为,为实践操作提供具有示范意义的指导。根据本文提出的地质灾害全链条风险防控体系的规范化构建方案,能够将地质灾害风险“识别调查-评价-监测-预警-应急”全流程与“点面双控”“分层级管控”“动态响应”等管理准则的优点融合,不仅能实现有序管理,使上下级衔接明确、避免重复工作,也能对地质灾害隐患进行全方位的监测和预防,并及时响应地质体的动态变化,这些都对地质灾害风险防控的规范化转变具有重要的意义。

参考文献:

[1] 陈洪凯. 生态文明视角下地质灾害防治新常态[J]. 重庆师范

- 大学学报(自然科学版), 2020, 37(4): 51-56, 2.
- CHEN H K. The new normalcy of geological disasters control under the vision of ecological civilization [J]. *Journal of Chongqing Normal University (Natural Science)*, 2020, 37(4): 51-56, 2.
- [2] 程刚, 吴亚熹, 王晔, 等. 面向地质灾害数据的检索技术研究[J/OL]. 高校地质学报, 2025: 1-12. (2025-03-06)[2025-06-28]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1440.P.20250304.1740.002.html>.
- CHENG G, WU Y X, WANG Y, et al. Research on retrieval technology for geological hazard data [J/OL]. *Geological Journal of China Universities*, 2025: 1-12. (2025-03-06)[2025-06-28]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1440.P.20250304.1740.002.html>.
- [3] 中华人民共和国国务院. 地质灾害防治条例[EB/OL]. (2008-03-28)[2025-06-28]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2008-03/28/content_5096.htm.
- The State Council of the People's Republic of China. *Regulations on the Prevention and Control of Geological Disasters* [EB/OL]. (2008-03-28) [2025-06-28]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2008-03/28/content_5096.htm.
- [4] 中华人民共和国国务院. 国务院关于加强地质灾害防治工作的决定[EB/OL]. (2011-06-13)[2025-06-28]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2011/content_1893965.htm.
- The State Council of the People's Republic of China. *Decision of the State Council on Strengthening the Prevention and Control of Geological Disasters*[EB/OL]. (2011-06-13)[2025-06-28]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2011/content_1893965.htm.
- [5] 中华人民共和国自然资源部. 全国地质灾害防治“十四五”规划[EB/OL]. (2022-12-07)[2025-06-28]. https://gi.mnr.gov.cn/202301/t20230103_2772003.html.
- Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. *14th Five-Year Plan for National Geological Disaster Prevention and Control* [EB/OL]. (2022-12-07) [2025-06-28]. https://gi.mnr.gov.cn/202301/t20230103_2772003.html.
- [6] 中华人民共和国自然资源部, 住房城乡建设部, 水利部, 应急管理部. 关于加强城市地质安全风险防控的通知[EB/OL]. (2024-01-23)[2025-06-28]. https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/zc/wgk/art/2024/art_18364_779671.html.
- Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China, Ministry of Housing and Urban-Rural Development, Ministry of Water Resources, Ministry of Emergency Management. *Notice on Strengthening Urban Geological Safety Risk Prevention and Control*[EB/OL]. (2024-01-23) [2025-06-28]. https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/zc/wgk/art/2024/art_18364_779671.html.
- [7] 魏国灵, 金云龙, 邱锦安, 等. 粤东陆河县地质灾害易发性评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2020, 31(1): 51-56.
- WEI G L, JIN Y L, QIU J A, et al. Susceptibility assessment of geological hazard in Luhe County of eastern Guangdong[J]. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 2020, 31(1): 51-56.
- [8] 刘传正, 陈春利. 中国地质灾害防治成效与问题对策[J]. 工程地质学报, 2020, 28(2): 375-383.
- LIU C Z, CHEN C L. Achievements and countermeasures in risk reduction of geological disasters in China [J]. *Journal of Engineering Geology*, 2020, 28(2): 375-383.
- [9] 高俊华, 欧婷, 郭兆成, 等. 地质灾害“隐患点+风险区”双控体系建设探索与实践[J]. 华北自然资源, 2025(2): 122-127.
- GAO J H, OU T, GUO Z C, et al. Exploration and practice on the construction of “hidden danger point+risk area” dual control system for geological disasters [J]. *Huabei Natural Resources*, 2025(2): 122-127.
- [10] 薛强, 董英, 张茂省, 等. 地质灾害风险精细化识别、核查及防控模式探讨[J]. 西北地质, 2025, 58(2): 66-79.
- XUE Q, DONG Y, ZHANG M S, et al. Discussion on refined identification, verification, prevention and control models for geo-hazards risk [J]. *Northwestern Geology*, 2025, 58(2): 66-79.
- [11] 陕西省市场监督管理局. 地质灾害隐患综合遥感识别技术规范: DB 61/T 1920—2024[S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.
- Shaanxi Provincial Market Supervision Administration. *Technical Specification for Comprehensive Remote Sensing Identification of Geological Disaster Hidden Dangers*: DB 61/T 1920—2024[S]. Beijing: China Standards Press, 2024.
- [12] 浙江省自然资源厅. 浙江省乡镇(街道)地质灾害风险调查评价技术要求[EB/OL]. [2025-06-28]. <https://www.zj.gov.cn/>.
- Zhejiang Provincial Department of Natural Resources. *Technical Requirements for Geological Disaster Risk Investigation and Evaluation in Towns (Subdistricts) of Zhejiang Province*[EB/OL]. [2025-06-28]. <https://www.zj.gov.cn/>.
- [13] 陕西省自然资源厅. 陕西省乡镇(街道)地质灾害风险调查评价技术要求[EB/OL]. [2025-06-28]. https://zrzyt.shaanxi.gov.cn/news/tzgg/202507/t20250731_3549736.html.
- Shaanxi Provincial Department of Natural Resources. *Technical Requirements for Geological Disaster Risk Investigation and Evaluation in Towns (Subdistricts) of Shaanxi Province*[EB/OL]. [2025-06-28]. https://zrzyt.shaanxi.gov.cn/news/tzgg/202507/t20250731_3549736.html.
- [14] 广东省自然资源厅. 广东省乡镇(街道)地质灾害风险调查评价技术要求(1:10 000)(试行)[EB/OL]. (2023-07-10)[2025-06-28]. <https://nr.gd.gov.cn/>.
- Guangdong Provincial Department of Natural Resources. *Technical Requirements for Geological Disaster Risk Investigation and Evaluation in Towns (Subdistricts) of Guangdong Province (1:10 000) (Trial)*[EB/OL]. (2023-07-10)[2025-06-28]. <https://nr.gd.gov.cn/>.
- [15] 中华人民共和国国土资源部. 滑坡崩塌泥石流灾害调查规范(1:50 000):DZ/T 0261—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- Ministry of Land and Resources of the People's Republic of

- China. *Specification for Investigation of Landslide, Collapse and Debris Flow Disasters (1:50 000)*: DZ/T 0261—2014[S]. Beijing: China Standards Press, 2014.
- [16] 浙江省自然资源厅. 县域地质灾害风险隐患双控管理工作手册(临安版)[EB/OL]. (2021-4-28)[2025-06-28]. https://k.sina.com.cn/article_7505202169_1bf584bf902000ut7r.html. Zhejiang Provincial Department of Natural Resources. *Work Manual for Dual-Control Management of County-Level Geological Disaster Risks and Hidden Dangers (Lin'an Version)* [EB/OL]. (2021-4-28) [2025-06-28]. https://k.sina.com.cn/article_7505202169_1bf584bf902000ut7r.html.
- [17] 湖北省自然资源厅. 湖北省地质灾害防治“十四五”规划[EB/OL]. (2021-11-09) [2025-06-28]. https://zrzyt.hubei.gov.cn/fbjd/zhengce/qtzdgkwj/202111/t20211112_3859632.shtml. Hubei Provincial Department of Natural Resources. *14th Five-Year Plan for Geological Disaster Prevention and Control in Hubei Province* [EB/OL]. (2021-11-09) [2025-06-28]. https://zrzyt.hubei.gov.cn/fbjd/zhengce/qtzdgkwj/202111/t20211112_3859632.shtml.
- [18] 徐庆方, 何开寿, 胡励耘, 等. 基于危险源识别的山区地质灾害风险定量评价——以贵州省茅台镇为例[J]. *安全与环境工程*, 2023, 30(5): 152-165.
XU Q F, HE K S, HU L Y, et al. Quantitative risk assessment of geological hazards based on hazard source identification—A case study of Maotai Town, Guizhou Province [J]. *Safety and Environmental Engineering*, 2023, 30(5): 152-165.
- [19] 杨淞月, 翁茂芝, 田华, 等. 湖北省鹤峰县城区滑坡地质灾害风险评价[J]. *安全与环境工程*, 2021, 28(1): 144-155.
YANG S Y, WENG M Z, TIAN H, et al. Landslide risk evaluation in the urban area in Hefeng County, Hubei Province [J]. *Safety and Environmental Engineering*, 2021, 28(1): 144-155.
- [20] 浙江省自然资源厅. 关于进一步规范全省地质灾害风险防范区管理的通知[EB/OL]. (2021-6-18)[2025-06-28]. https://www.zj.gov.cn/art/2021/6/18/art_1229620645_2402275.html. Zhejiang Provincial Department of Natural Resources. *Notice on Further Standardizing the Management of Geological Disaster Risk Prevention Zones in the Province* [EB/OL]. (2021-6-18) [2025-06-28]. https://www.zj.gov.cn/art/2021/6/18/art_1229620645_2402275.html.
- [21] 中华人民共和国自然资源部. 地质灾害自动化仪器监测预警规范: DZ/T 0460—2023[S]. 北京: 地质出版社, 2024.
Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. *Specification for Geological Hazard Monitoring and Early Warning by Automation Equipment: DZ/T 0460—2023* [S]. Beijing: Geological Publishing House, 2024.
- [22] 浙江省自然资源厅. 关于进一步加强汛期地质灾害气象风险预报预警工作的通知[EB/OL]. (2020-05-20)[2025-06-28]. https://zrzyt.zj.gov.cn/art/2020/5/20/art_1289955_43243637.html. Zhejiang Provincial Department of Natural Resources. *Notice on Further Strengthening the Work of Meteorological Risk Forecasting and Early Warning of Geological Disasters in Flood Season* [EB/OL]. (2020-05-20) [2025-06-28]. https://zrzyt.zj.gov.cn/art/2020/5/20/art_1289955_43243637.html.
- [23] 湖北省防灾减灾救灾委员会. 湖北省突发地质灾害应急预案[EB/OL]. (2024-12-11) [2025-06-28]. https://yjt.hubei.gov.cn/fbjd/xxgkml/gsysjs/tfggsj/yjya/202412/t20241211_5459985.shtml. Hubei Provincial Committee for Disaster Prevention, Mitigation and Relief. *Emergency Plan for Sudden Geological Disasters in Hubei Province* [EB/OL]. (2024-12-11) [2025-06-28]. https://yjt.hubei.gov.cn/fbjd/xxgkml/gsysjs/tfggsj/yjya/202412/t20241211_5459985.shtml.

责编:朱康钰