



# 专栏评论：高新技术赋能地震与地质灾害防治研究进展

许冲<sup>1,2,3\*</sup>, 高明星<sup>1</sup>, 薛智文<sup>4a,4b,5</sup>, 黄雨<sup>6a,6b</sup>, 吴礼舟<sup>7</sup>, 郭忠虎<sup>8</sup>

1. 新疆大学地质与矿业工程学院, 乌鲁木齐 830047;
2. 应急管理部国家自然灾害防治研究院, 北京 100085;
3. 复合链生自然灾害动力学应急管理部重点实验室, 北京 100085;
4. 邢台学院 a. 资源与环境学院; b. 邢台市地信与遥感技术应用重点实验室, 河北 邢台 054001;
5. 中国科学院大学应急管理科学与工程, 北京 100049;
6. 同济大学 a. 土木工程学院地下建筑与工程系; b. 土木工程防灾减灾全国重点实验室, 上海 200092;
7. 重庆交通大学未来土木科技研究院, 重庆 400074;
8. 贵州大学土木工程学院, 贵阳 550025

\* 通信作者, E-mail: [xc1111111@126.com](mailto:xc1111111@126.com)

2025-06-26 收稿; 2025-07-01 修回; 2025-07-03 接受

基金项目: 国家重点研发计划项目“降雨型群发滑坡时空多尺度风险区划与韧性评价技术”(2024YFC3012604); 重庆市水利局项目“三峡库区消落区岩体劣化灾害监测预警技术方法研究”(CQS24C00836)

中图分类号: P315; P642.2; TP39 文章编号: 2096-8523(2025)04-0016-07 doi: [10.19509/j.cnki.dzkq.tb20250004](https://doi.org/10.19509/j.cnki.dzkq.tb20250004)

**摘要:** 随着遥感、物联网、人工智能、大数据、云计算以及近年来迅速发展的大语言模型 (large language models, 简称 LLMs) 等高新技术持续取得突破, 地震与地质灾害研究正加速从传统依赖单一数据源与经验规则的范式, 迈向多源信息融合与智能驱动的风险识别和决策支持体系。基于“高新技术在地震与地质灾害领域的应用研究”专栏, 系统梳理了当前在物理仿真模拟、深度学习识别、遥感集成分析、智能预警技术与知识图谱构建等关键方向的研究进展, 概括展示了高新技术在灾害风险监测、致灾机制解析与应急响应支撑中的典型应用与发展趋势。在此基础上, 进一步总结了多模态数据集成、灾害链建模、模型泛化能力与场景适应性等方面面临的技术瓶颈, 探讨了大语言模型在地震与地质灾害领域中的潜在价值, 包括知识抽取、因果推理与多场景风险研判等方面的前沿探索。

**关键词:** 地质灾害; 高新技术; 遥感与 InSAR; 深度学习与知识图谱; 灾害模拟与智能预警; 文献计量学

地震与地质灾害是影响我国乃至全球最为严重的自然灾害类型之一, 其具有分布范围广、发生频率高、突发性强、演化迅速、次生灾害复杂、致灾严重等特点, 对人民生命财产安全、重大工程设施运行及区域可持续发展构成重大威胁<sup>[1]</sup>。传统的地震与地质灾害防治体系长期依赖地面观测、野外调查和专家经验判断, 虽然在实践中积累了大量成果, 但也面临感知范围有限、信息处理效率低、灾害识别与预警滞后等挑战, 难以满足日益增长的高精度、高效率、智能化的防灾减灾需求<sup>[2]</sup>。近年来, 遥感技术、人工

智能、物联网、大数据、云计算等高新技术在自然灾害监测、识别与管理中的应用取得显著进展, 极大地拓展了地震与地质灾害研究的广度与深度<sup>[3-4]</sup>。以 InSAR 技术为代表的新型遥感手段已广泛应用于滑坡、地裂缝、地面沉降等地表形变的高精度监测<sup>[5]</sup>; 分布式声波传感 (DAS)<sup>[6-7]</sup>、无线传感网络<sup>[8-9]</sup> 等新兴感知技术使得灾害隐患区域的时空分布特征获取更加连续与高频; 人工智能与深度学习算法不断突破图像识别、目标检测、灾害提取等领域的瓶颈, 提升了大范围滑坡与震害建筑物识别的自动化水平<sup>[10]</sup>;

著录信息: 许冲, 高明星, 薛智文, 等. 专栏评论: 高新技术赋能地震与地质灾害防治研究进展[J]. 地质科技通报, 2025, 44(4): 16-22.

XU Chong, GAO Mingxing, XUE Zhiwen, et al. Column Review: Advancements in earthquake and geological disaster mitigation empowered by advanced technologies[J]. Bulletin of Geological Science and Technology, 2025, 44(4): 16-22.

同时,大语言模型等基础模型技术也开始被探索用于地震与地质灾害的跨模态信息抽取、应急知识图谱构建与复杂推理辅助决策等方面<sup>[11-12]</sup>。

尽管高新技术在地震与地质灾害领域的应用持续深入,但在实际防治过程中仍面临若干关键技术瓶颈亟待突破。例如:多源异构数据在表达结构与语义统一方面尚缺乏成熟机制;灾害链与多灾种之间的时空耦合关系缺少系统建模框架;深度学习模型在区域适应性与泛化能力方面存在不足;面向实战的智能预警系统和辅助决策平台亦难以形成稳定闭环等。为系统回应上述挑战,推动高新技术在灾害机理研究、危险源识别、预测预警、风险评估与应急响应等环节的集成应用与协同创新,本专栏以“高新技术在地震与地质灾害领域的应用研究”为主题,遴选了当前在物理仿真、智能识别、遥感集成、感知预警和知识建模等方面的代表性成果,旨在为该领域未来的科研攻关与工程实践提供理论支撑与技术借鉴。

## 1 专栏论文概览与分析

本专栏聚焦高新技术在地震与地质灾害领域的典型应用实践,遴选了5篇具有代表性的研究论文,覆盖物理仿真模拟、深度学习识别、遥感集成分析、智能预警技术与知识图谱构建等关键方向。相关研究从基础机理认知到工程实践验证,从数据感知到知识推理,系统展示了高新技术在灾害风险监测、致灾因子解析与应急响应支持中的集成应用能力与创新趋势。当前地震与地质灾害研究正呈现出跨学科融合、技术体系多元化与应用场景深化的发展格局。结合本专栏内容与国内外研究动态,相关工作可归纳为以下重点方向。

(1)物理仿真实验与灾害机理可视化重建。肖子亢等<sup>[13]</sup>系统综述了当前地质灾害物理仿真实验的主流技术路径,涵盖模型箱、水槽、底摩擦、振动台、离心机及原位实验6大类方法,深入分析了各自的技术原理、适用优势与局限性。在此基础上,指出当前实验研究正向多场耦合的复杂场景构建、实验规模的大型化、仿真材料与监测数据的精细化方向演进,并强调构建跨尺度、多手段融合的实验平台对于揭示灾害演化机制和支撑理论创新具有重要意义。随着高性能数据采集、可视化重建与仿真驱动AI算法的发展,物理实验正朝着智能化、自动化、系统化方向转型,逐步走向数字孪生灾害链实验系统的构建。

(2)深度学习驱动的滑坡智能识别。人工智能,特别是深度卷积神经网络(CNN)、递归神经网络(RNN)以及多尺度目标检测网络,正在成为滑坡识别、震害评估等任务的核心工具。饶炜博等<sup>[14]</sup>针对传统滑坡识别中样本稀缺、边界模糊等问题,提出了融合递归金字塔网络与 $DIoU$ 损失函数的改进型Mask R-CNN滑坡识别模型,并在样本增强阶段引入影响因子的信息量值指标以优化样本质量。该方法在四川省青川县历史滑坡识别实验中显著提升了识别精度与召回率,为滑坡目标精细提取与数据驱动建模提供了关键技术支撑。此外,VGG-16、ResNet、YOLO等经典模型也被不断改进以适应地质灾害复杂背景下的图像判识任务,当前研究正在向轻量化、多尺度兼容与因果解释能力方向演化。

(3)遥感监测与预警系统集成应用。地质灾害具有突发性强、演化过程快、空间分布广等特性,对监测技术的时空覆盖与动态响应能力提出了更高要求。近年来,InSAR、DAS、光学遥感、GNSS以及激光雷达等技术的广泛应用,显著提升了灾害隐患的广域识别与局地精细监测能力。韦春豪等<sup>[15]</sup>以白鹤滩水库为研究区域,融合应用Stacking-InSAR与SBAS-InSAR技术开展大范围滑坡识别,结合Sentinel-2影像与AWEI指数提取库区水位动态,进一步分析了滑坡变形与水位波动及降雨之间的关系。结果共识别出103处活动滑坡,明确指出水位下降对库岸滑坡变形具有显著影响。该研究展示了高分辨遥感数据在库区地质灾害监测与致灾因子耦合分析中的集成应用潜力,具有重要的工程实践价值。在沉陷监测与预警方面,曹凯等<sup>[16]</sup>提出了一种融合分布式声波传感系统与深度学习技术的采空区沉陷变形智能预警框架。该框架通过STA/LTA算法提取微震信号,结合自编码器与高斯混合模型构建深度聚类方法,实现微震事件的精细分类,进而基于VGG-16模型识别与沉陷诱发相关的微震事件。该研究有效整合微震感知与智能识别技术,实现了输电塔基础变形趋势的实时预警,为能源工程领域的地质灾害监测与预警提供了可复制的技术路径。

(4)知识图谱构建与灾害语义建模。地震与地质灾害相关数据存在强异构、弱结构等特征,如何实现多源数据的集成表达与知识推理,是灾害信息智能化管理的关键问题。吴麒瑞等<sup>[17]</sup>提出一种融合遥感图像、文本资料与深度学习模型的地震灾害知识图谱构建方法,通过自顶向下构建灾害本体层,自底向上集成高质量数据层,利用卷积神经网络识别震

前后遥感变化,引入UIE预训练模型进行命名实体识别与关系抽取,显著提升了语义融合准确性。以2023年积石山地震为例,该方法验证了图谱在灾损评估与次生灾害推理中的实用价值,展示了灾害信息组织与表达的重要发展潜力。未来,该方法有望与大语言模型结合,进一步拓展其在语言理解、逻辑推理与复杂问答等方面的能力,构建具备智能认知能力的灾害智能体。

总体来看,本专栏5篇论文不仅展示了高新技术在具体灾害问题中的创新应用,还揭示了方法集成、数据融合与智能建模的协同发展趋势,为今后构建更高效、更智能、更可推广的地震与地质灾害防控技术体系奠定了基础。

## 2 学科文献计量学分析

结合文献计量方法<sup>[18-19]</sup>,从宏观层面分析当前高新技术在地质灾害领域的研究热点和发展趋势。笔者以“地震地质灾害”为核心关键词,并结合“大模型”

“数字孪生”“知识图谱”“人工智能”等高新技术相关词汇作为约束条件,对Web of Science(WoS)数据库进行了全面检索,抽取了所有相关研究成果的摘要。随后,利用VOSviewer软件对这些摘要进行了关键词共现网络分析,并剔除了不相关的词汇。分析结果如图1所示,其中“地质灾害”作为高频词汇,揭示了该领域的研究热点和关联主题。与之紧密相关的词汇主要集中在以下几个方面。①监测预警技术:高频词汇包括InSAR、哨兵卫星(Sentinel)、激光雷达(LiDAR)等,这些技术在地质灾害的早期监测与预警中发挥着重要作用,能够实时获取灾害区域的地形变化和地质活动信息,为灾害的早期识别和风险评估提供关键数据支持。②地质灾害模拟:相关词汇包括“模拟实验”“云计算”“仿真”等。这些技术通过构建虚拟模型和模拟灾害发生过程,能够深入理解地质灾害的形成机制和发展规律,为灾害的预防和应对提供科学依据。③地质灾害评估:涉及的高频词汇包括“机器学习算法”、“大数据”、“大模型”等。这些技术利用海量数据和先进的算法模

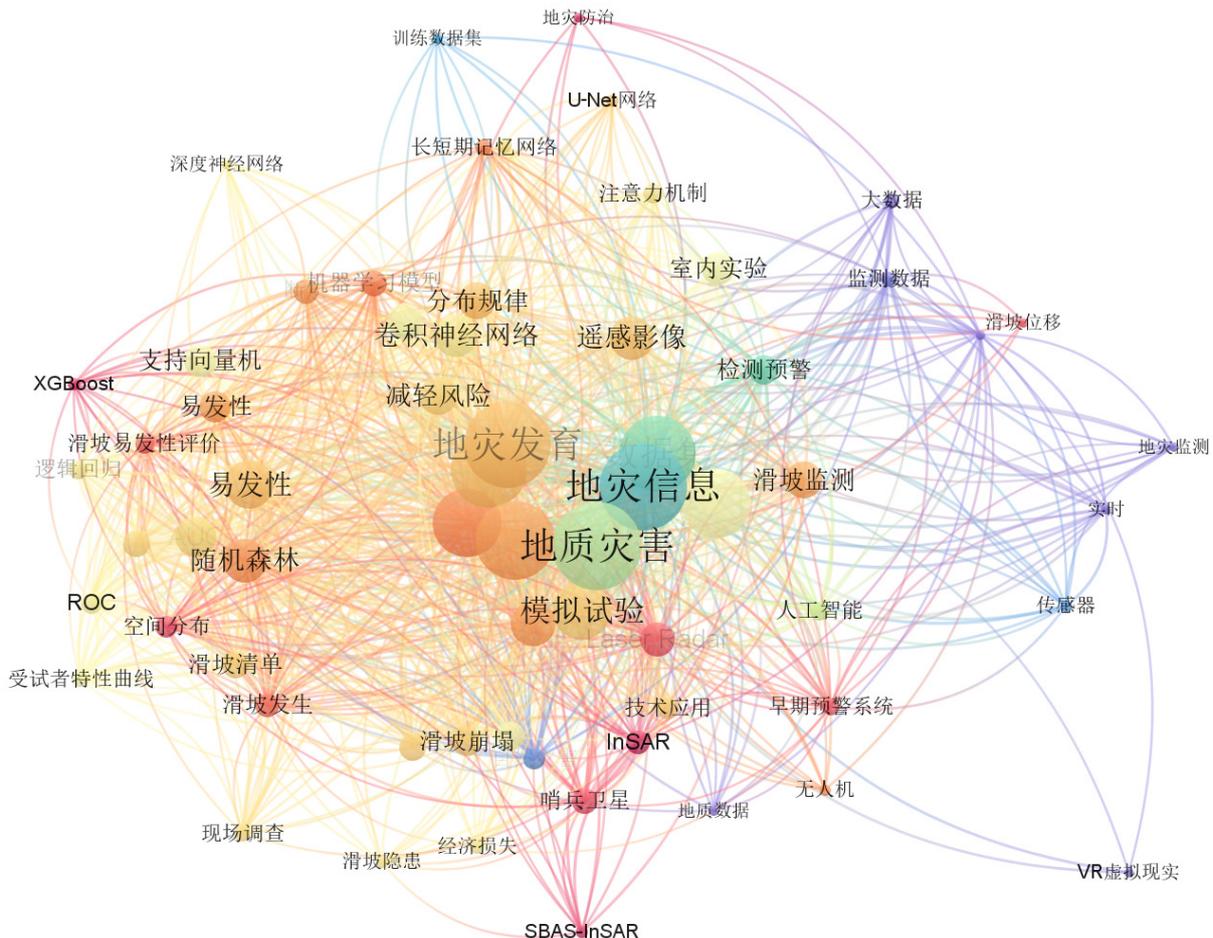


图1 学科关键词共现网络分析图

Fig. 1 Co-occurrence network analysis of subject keywords

型,能够对地质灾害的风险进行精准评估和预测,为灾害应急管理提供决策支持。此外,数字孪生技术相关关键词的频繁出现,表明该技术在地质灾害研究中的应用正逐渐受到重视。数字孪生技术通过构建虚拟的数字化模型,能够实现对地质灾害的实时监控、动态模拟和智能决策,为地质灾害的全生命周期管理提供了新的技术手段。

通过对不同高新技术类别的发文章量统计与趋势分析,进一步揭示了未来研究的潜力与重点方向。在对相关文献进行检索的过程中,笔者同时对2015—2024年这10年间高新技术在地质灾害领域应用的相关文献发表数量进行了统计,并对其未来发展趋势进行了深入分析。统计结果如图2所示。为了更清晰地呈现不同技术的发展态势,笔者将这些技术划分为3大类:监测预警类、数据算法模型类和数字化高仿真类。从统计结果来看,不同类别的技术发展趋势存在明显差异,具体如下。①监测预警类技术:发文章量居于首位,这主要归因于该类技术发展较早,经过多年的沉淀与创新,已形成了较为成熟的技术体系。此外,监测预警技术作为地质灾害防治的基础,为其他技术的应用提供了数据支持和应用场景。②数据算法模型类技术:发文章量相对较少,但呈现出快速上升的趋势。这类技术的发展得益于近年来计算机算力的显著提升,使得复杂的机器学习和深度学习算法得以高效运行,从而推动了地质灾害风险评估和预测技术的飞速发展。③数字化高仿真类技术:发文章量最少,反映出该类技术目前仍处于起步阶段。然而,其发展潜力巨大。随着技术的不断成熟和应用场景的拓展,数字化高仿真技术有望在未来成为地质灾害防治领域的重要发展方向。总体上而言,各类高新技术在地质灾害防治领域的发文章量

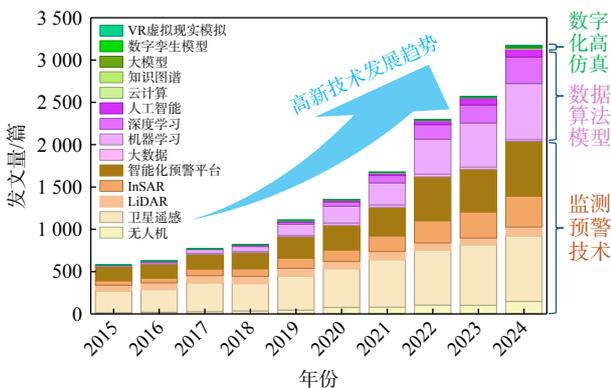


图2 地震与地质灾害防治高新技术发展趋势图

Fig. 2 Development trends of advanced technologies in earthquake and geological disaster prevention

量逐年上升,表明这些技术正在蓬勃发展,并且在该领域的应用正不断深化和拓展。这种增长趋势不仅反映了技术发展的动态性和多学科融合的加速,也揭示了研究热点的转移与拓展,为未来的研究方向提供了重要的启示。

### 3 科学问题与发展趋势分析

#### 3.1 科学问题分析

尽管高新技术在震害与地质灾害领域的应用不断拓展,在数据获取、信息处理和辅助决策等方面取得了积极成效,但在支撑深层次机理研究和实战化推广应用的过程中,仍面临一系列共性的技术瓶颈与科学难题(图3),主要集中在以下4个方面。

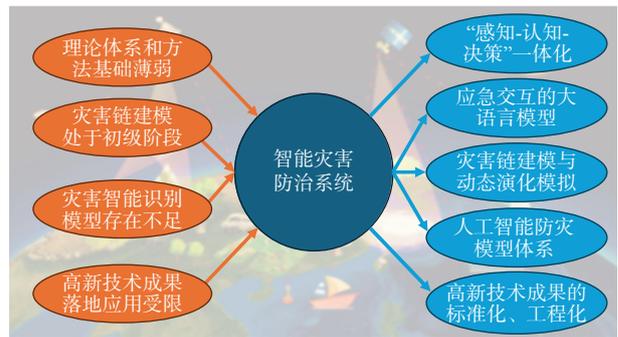


图3 地震与地质灾害防治技术瓶颈与解决方案

Fig. 3 Technological bottlenecks and solutions in earthquake and geological disaster prevention

(1)多源异构数据融合的理论体系和方法基础仍显薄弱。地震与地质灾害的监测与分析通常依赖多种类型的观测数据,包括地形地貌、地质构造、气象水文、震源机制、遥感影像以及物联网传感数据等。这些数据在空间分辨率、时间更新频率、结构形式及语义层级等方面差异显著,呈现出“多源异构、时空不同步、语义不一致”的典型特征。目前,多数研究仍以经验性、面向应用的因子叠加策略为主,缺乏统一的语义对齐方法和跨模态关联建模理论,难以实现数据的深度融合和高质量表达。特别是在面向实战的实时监测与预警任务中,不同数据源之间存在的延迟、配准误差及时序差异,容易削弱融合模型的稳定性与可靠性,在知识图谱构建、灾害链模拟与风险评估等方面尤为突出。

(2)灾害链建模与时空耦合机制研究仍处于初级阶段。地震与地质灾害的演化过程往往呈现出灾种复合、阶段连续、机制耦合的链式特征。例如:强震可诱发滑坡、崩塌、堰塞湖及泥石流等一系列次生灾害,这些过程之间既存在复杂的因果联系,又受

控于地形地貌、水文气象和震源特征等多因素的交互影响。目前,灾害链研究多集中于个别典型事件的分析,缺乏标准化、可复用的建模框架,也尚未形成统一的事件表达体系与时空建模范式。灾害之间的因果逻辑尚未被系统结构化,支撑链式传播分析的模型与数据库体系仍不健全,制约了从“并列灾种建模”向“链式灾害动态演化模拟”的关键转变。

(3)智能识别模型存在泛化能力不足与决策不可解释性问题。深度学习模型已广泛应用于滑坡识别、建筑震损评估、形变分析等领域,取得一定成效。然而,此类模型对数据集的依赖性较强,训练与测试往往基于相似场景,对地形条件、气候带、遥感数据类型乃至灾种差异的适应能力有限,难以满足跨区域、跨灾种的应用需求。同时,深度学习模型多采用“黑箱”式端到端训练,缺乏对其内部特征提取与决策机制的可解释性分析,工程用户与应急管理难以建立充分信任。此外,当前算法设计过于侧重精度提升,对因果结构建模与物理机制约束的融合考虑不足,限制了模型在复杂场景中的可靠性与科学性。

(4)高新技术成果工程转化路径尚不清晰,落地应用受限。多数高新技术成果仍处于算法验证或区域试点阶段,尚未形成稳定的系统集成平台与可推广的部署机制。在实际应用中,感知层、算法层与决策层之间缺乏统一的技术接口与数据反馈机制,导致“模型先进但不可部署”、“功能强大但服务能力弱”等问题较为普遍。此外,在重点区域与重大工程应用中,还面临软硬件环境适配不足、标准规范缺失、部门协同不畅等障碍,严重制约了技术的复制能力与推广效果。尤其在应对快速演化的灾害链事件时,现有体系尚难以实现从“实时感知”到“智能响应”的完整闭环作业流程,亟须构建覆盖“技术研发-平台构建-实战部署”的全流程转化路径。

### 3.2 未来发展趋势与建议

在地震与地质灾害表现出多灾种耦合、监测对象复杂多变、业务需求向智能化加速演进的背景下,高新技术的深入应用需从理论研究、技术集成到工程转化等多个层面协同推进。未来发展趋势可归纳为以下5个方向(图3),并提出若干建议:

(1)构建集“感知-认知-决策”于一体的智能灾害系统 随着遥感卫星、物联网传感、DAS与地基雷达等技术不断成熟,应加快构建多平台、多尺度、多时相融合的灾害信息采集与处理体系。在此基础上,结合人工智能与知识图谱方法,构建具备事件识

别、语义分析和场景理解能力的认知层,实现复杂数据自动聚合与风险快速研判。同时,应推动感知层与应急响应、指挥调度等业务系统深度对接,形成以“智能识别-协同响应”为核心的闭环链路,支撑灾前防范、灾中应对与灾后恢复的全流程一体化运行。建议依托相关国家级工程等重大项目,推动构建具备智能分析与自动调度能力的灾害监测决策支持系统。

(2)发展面向灾害推理与应急交互的大语言模型技术 在通用大模型(如DeepSeek、ChatGPT、GLM)基础上,结合地质灾害知识图谱与案例数据库,探索构建具备情境感知、逻辑推理与问答交互能力的行业大模型(Disaster LLM)。该模型有望提升多源信息理解整合能力,为滑坡趋势分析、震情播报、应急预案调取等任务提供语义支撑,推动地质灾害智能认知体系建设。建议围绕“数据驱动-知识表达-语言推理”路径,支持开展行业模型训练、接口标准制定与示范应用部署。

(3)加强灾害链建模与动态演化模拟能力 针对典型灾害链模式(如“震-滑-堵-涝”、“雨-崩-泥”等),需推进物理过程模拟、事件因果建模与时序演化分析的深度融合,构建面向灾害传播逻辑的综合建模框架,打通灾害触发、演进与扩展全过程。建议研发具备多灾种模拟能力的开放平台,建设标准化场景数据库与事件逻辑库,为灾害链风险评估与响应演练提供技术基础。

(4)构建可信、可解释、具迁移性的人工智能防灾模型体系 未来AI模型不仅要提升精度,更应增强可解释性与适应性,构建“可用、可信、可推广”的智能识别模型。可引入图神经网络、因果推理与注意力机制等方法,提升模型的透明度与迁移能力。建议推动“AI+物理模型”的融合方向,建立具备物理约束的深度学习模型体系。同时,应重视模型与用户之间的可沟通性与可操作性,加强模型可视化展示与用户接口设计,提升应用信任度与推广效果。

(5)加快高新技术成果的标准化、工程化与服务化转化 将研究成果嵌入灾害预警、智慧城市、应急指挥等实际系统中,构建“算法-平台-服务”一体化的应用体系。通过典型区域示范、试点工程应用,推动关键技术从实验室走向实战部署。建议建立跨部门、跨行业的协作机制,推动应急、自然资源、交通、水利、电力等领域在数据共享、技术对接与标准联动方面形成统一规范,加快科研成果向工程产品和产业体系的转化。

## 4 结 论

地震与地质灾害防治正处于由经验向科技主导、由单灾种向灾害链、由应急响应向系统韧性构建的关键转型期。本专栏聚焦高新技术在该领域的典型应用,反映出当前研究从数据感知向知识建模、从技术开发向系统集成的演进趋势。展望未来,应加快推动高新技术由“点上突破”向“系统集成”升级,深化灾害链建模、智能感知网络、可信 AI 模型与灾害大模型等方向研究,构建具备实时感知、智能判识与快速响应能力的闭环式技术体系。同时,强化基础研究与工程需求的双向对接,建立跨部门协同与成果转化机制,加快构建“技术-平台-制度”一体化的综合减灾能力体系。期待高新技术将在更广泛的灾害治理实践中深度融合、广泛应用,为风险管控和可持续发展提供坚实支撑。

### 参考文献:

- [1] XU C, XU X W, YAO X, et al. Three (nearly) complete inventories of landslides triggered by the May 12, 2008 Wenchuan  $M_w$  7.9 earthquake of China and their spatial distribution statistical analysis[J]. *Landslides*, 2014, 11(3): 441-461.
- [2] XU C. Preparation of earthquake-triggered landslide inventory maps using remote sensing and GIS technologies: Principles and case studies[J]. *Geoscience Frontiers*, 2015, 6(6): 825-836.
- [3] GIROTTO C D, PIADDEH F, BKHTIARI V, et al. A critical review of digital technology innovations for early warning of water-related disease outbreaks associated with climatic hazards[J]. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2024, 100: 104151.
- [4] KRICHEN M, ABDALZAHER M S, ELWEKEIL M, et al. Managing natural disasters: An analysis of technological advancements, opportunities, and challenges[J]. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, 2024, 4: 99-109.
- [5] LIU J L, XU C, ZHAO B B, et al. Deformation slope extraction and influencing factor analysis using LT-1 satellite data: A case study of Chongqing and surrounding areas, China[J]. *Remote Sensing*, 2025, 17(1): 156.
- [6] OUELLET S M, DETTMER J, LATO M J, et al. Previously hidden landslide processes revealed using distributed acoustic sensing with nanostrain-rate sensitivity[J]. *Nature Communications*, 2024, 15: 6239.
- [7] XIE T, ZHANG C C, SHI B, et al. Integrating distributed acoustic sensing and computer vision for real-time seismic location of landslides and rockfalls along linear infrastructure[J]. *Landslides*, 2024, 21(8): 1941-1959.
- [8] LV J C, ZHANG R, BAO X, et al. Time-series InSAR landslide three-dimensional deformation prediction method considering meteorological time-delay effects[J]. *Engineering Geology*, 2025, 350: 107986.
- [9] LINGARAJ K L, MALGHAN R L, RAO M C K, et al. Adaptive landslide monitoring in wireless sensor networks using FLPSO-based MIP systems[J]. *Results in Engineering*, 2025, 25: 104329.
- [10] QI W W, WEI M F, YANG W T, et al. Automatic mapping of landslides by the ResU-net[J]. *Remote Sensing*, 2020, 12(15): 2487.
- [11] XUE Z W, XU C, XU X W. Application of ChatGPT in natural disaster prevention and reduction[J]. *Natural Hazards Research*, 2023, 3(3): 556-562.
- [12] XIE C C, GAO H R, HUANG Y D, et al. Leveraging the DeepSeek large model: A framework for AI-assisted disaster prevention, mitigation, and emergency response systems[J]. *Earthquake Research Advances*, 2025: 100378.
- [13] 肖子亢, 许冲, 李宏, 等. 地质灾害物理仿真实验发展现状及趋势分析 [J]. *地质科技通报*, 2025, 44(4): 23-47.
- [13] XIAO Z K, XU C, LI H, et al. Development status and trend analysis of physical simulation experiments for geological hazards[J]. *Bulletin of Geological Science and Technology*, 2025, 44(4): 23-47. (in Chinese with English abstract)
- [14] 饶炜博, 陈刚, 邹崇尧, 等. 基于历史样本增强的滑坡智能识别改进算法 [J]. *地质科技通报*, 2025, 44(4): 48-61.
- [14] RAO W B, CHEN G, ZOU C Y, et al. An improved algorithm for intelligent landslide identification based on historical sample enhancement[J]. *Bulletin of Geological Science and Technology*, 2025, 44(4): 48-61. (in Chinese with English abstract)
- [15] 韦春豪, 李为乐, 吴章雷, 等. 白鹤滩库区活动滑坡识别及形变影响因素分析 [J]. *地质科技通报*, 2025, 44(4): 62-77.
- [15] WEI C H, LI W L, WU Z L, et al. Identification of Active Landslides and Analysis of Deformation Influencing Factors in the Baihetan Reservoir Area[J]. *Bulletin of Geological Science and Technology*, 2025, 44(4): 62-77. (in Chinese with English abstract)
- [16] 曹凯, 卢渊, 庞小龙, 等. 基于微震事件频次的采空区沉降变形智能预警方法 [J]. *地质科技通报*, 2025, 44(4): 78-89.
- [16] CAO K, LU Y, PANG X L, et al. Intelligent early warning method for subsidence and deformation in goaf based on the frequency of microseismic events[J]. *Bulletin of Geological Science and Technology*, 2025, 44(4): 78-89. (in Chinese with English abstract)
- [17] 吴麒瑞, 田苗, 谢忠, 等. 融合多模态数据的地震灾害知识图谱构建及应用 [J]. *地质科技通报*, 2025, 44(4): 90-106.
- [17] WU Q R, TIAN M, XIE Z, et al. Construction and Application of Earthquake Disaster Knowledge Graph Fusing and Multimodal Data[J]. *Bulletin of Geological Science and Technology*, 2025, 44(4): 90-106. (in Chinese with English abstract)
- [18] HUANG Y D, XU C, ZHANG X J, et al. Bibliometric analysis of landslide research based on the WOS database[J]. *Natural Hazards Research*, 2022, 2(2): 49-61.
- [19] HUANG Y D, XU C, ZHANG X J, et al. Research in the field of natural hazards based on bibliometric analysis[J]. *Natural Hazards Review*, 2023, 24(2): 04023012.

Summary for “专栏评论: 高新技术赋能地震与地质灾害防治研究进展”

## Column Review: Advancements in earthquake and geological disaster mitigation empowered by advanced technologies

XU Chong<sup>1,2,3\*</sup>, GAO Mingxing<sup>1</sup>, XUE Zhiwen<sup>4a,4b,5</sup>, HUANG Yu<sup>6a,6b</sup>,  
WU Lizhou<sup>7</sup>, WU Zhonghu<sup>8</sup>

1. School of Geology and Mining Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830047, China;
2. National Institute of Natural Hazards, Ministry of Emergency Management of China, Beijing 100085, China;
3. Key Laboratory of Compound and Chained Natural Hazards Dynamics, Ministry of Emergency Management of China, Beijing 100085, China;
- 4a. College of Resources and Environment; 4b. Xingtai Key Laboratory of Geo-Information and Remote Sensing Technology Application, Xingtai University, Xingtai Hebei 054001, China;
5. School of Emergency Management Science and Engineering, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;
- 6a. Department of Geotechnical Engineering, College of Civil Engineering; 6b. Key Laboratory of Geotechnical and Underground Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 200092, China;
7. Institute of Future Civil Technology, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China;
8. College of Civil Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China

\* Corresponding author, E-mail: [xc11111111@126.com](mailto:xc11111111@126.com)

**Abstract:** [Significance] With continuous advances in high technologies such as remote sensing, the Internet of Things, artificial intelligence, big data, cloud computing, and more recently, large language models (LLMs), the field of earthquake and geological disaster research is shifting from traditional paradigms relying on single data sources and empirical models toward integrated systems driven by multi-source data fusion and intelligent decision support. [Progress] This article, based on the themed column “Applications of Advanced Technologies in Earthquake and Geological Hazard Research,” reviews recent progress across five key directions: physical simulation modeling, deep learning-based recognition, remote sensing integration, intelligent early warning techniques, and knowledge graph construction. These studies collectively demonstrate how cutting-edge technologies are being applied to hazard monitoring, mechanism analysis, and emergency response. [Conclusions and Prospects] On this basis, the article further identifies current technical bottlenecks, including challenges in multimodal data integration, disaster chain modeling, model generalization, and scenario adaptability, and explores the potential role of LLMs in this field, particularly in knowledge extraction, causal inference, and multi-scenario risk assessment.

**Key words:** geological disaster; advanced technology; remote sensing and InSAR; deep learning and knowledge graph; disaster simulation and early warning; bibliometrics

Received: 2025-06-26; Revised: 2025-07-01; Accepted: 2025-07-03

doi: [10.19509/j.cnki.dzkq.tb20250004](https://doi.org/10.19509/j.cnki.dzkq.tb20250004)