

特点,每期数据叠加形成历史位移记录。该技术要求专业软件支持,操作员需掌握干涉图解译技能。

3.4 分布式光纤传感技术

分布式光纤传感技术利用光缆作为传感单元,感知地基应变分布和沉降异常。原理基于光脉冲在光纤内传输,后向散射信号分析变形位置与幅度。传感器布设于土层或结构中,监测点密度提升至每米级别。测量输出应变映射曲线,直观显示沉降梯度变化。土木工程实践常将此技术嵌入大型建筑基础或地下管道,实现隐蔽区域连续监控。高灵敏性捕捉微秒级响应,预警突发载荷引发的沉降事件。光纤网络安装灵活性强,适应隧道或滑坡区复杂布置需求。数据采集借助解调设备,工程师解析频移或强度变化,推导沉降模式。长期应用证实了该系统在耐久性和可靠性方面的优势。

3.5 三维激光扫描技术

三维激光扫描技术发射高速激光束扫描地表,构建高分辨率点云模型。测量中,扫描仪从多个角度捕获表面坐标,计算三维位移场。该技术在地基沉降检测提供亚毫米精度,适合复杂地貌如边坡或填埋场评估。现场操作设置扫描站点,数据拼接生成整体变形图。土木应用聚焦非侵入式优势,减少对结构干扰,同时覆盖大范围目标。点云处理借助软件算法,工程师提取沉降高程差异,识别不均匀区域。工程实例中,三维激光扫描常见于历史建筑修复或新建基础设施验收。时间序列扫描对比历史数据,可视化沉降演变进程。技术迭代整合人工智能辅助滤波,提升数据处理效率。

3.6 多传感器融合技术

多传感器融合技术综合多种检测设备数据,提升沉降分析的可靠性与完整性。方法集成源包括 GNSS、光纤和激

光扫描等,输出统一位移数据集。数据处理阶段应用加权平均或人工智能模型,削减单一技术误差累积。地基监测工程中,融合系统实现互补覆盖,如卫星数据的宏观视角与点传感器的微观细节结合。土木专业操作强调实时整合平台应用,工程师在监控终端查看多源沉降报告。实际案例涉及高铁轨道或大坝基础监测,融合结果支持风险评估决策。该框架要求标准数据接口协议,确保不同设备兼容性。连续验证周期完善结果置信度,适应动态工程环境需求。

4 结语

地基不均匀沉降检测技术的创新研究具有显著工程价值。本文论证的高精度水准测量、GNSS 实时监测与光纤传感等核心技术,可有效覆盖不同尺度的沉降监控需求。多传感器数据融合模型解决了传统方法的数据断层问题,显著提升沉降趋势预判能力。研究成果为施工期质量控制和服役期安全运维建立技术标准,推动沉降防控从经验判断转向量化决策。建议深化智能化算法在沉降预警中的应用,拓展特殊地质条件下的技术适应性研究,持续优化工程全生命周期的沉降风险管理体系。

参考文献

- [1] 唐茂林.考虑地基不均匀沉降的底部框架砌体混合结构加固参数优化研究[D].长沙理工大学,2022.
- [2] 薛善伦,赵庆生,刘清阳,等.地基不均匀沉降引起框架梁板裂缝的分析与处理[J].山西建筑,2023,49(01):61-65+70.
- [3] 汪过兵.湿陷性黄土地基不均匀沉降对砌体结构影响的研究[D].兰州交通大学,2020.
- [4] 程烟鹏.某工程地基不均匀沉降的原因分析[J].工程建设与设计,2019(05):57-59.

Research on rural earthquake rescue tactics based on secondary disaster chain prevention

Bingshan Xu

Gongliu Brigade, Ili Detachment, Xinjiang Forest Fire Brigade, Ili, Xinjiang, 830000, China

Abstract

As a sudden and highly destructive natural disaster, earthquakes can trigger a series of secondary disasters and form a chain of hazards. This is particularly evident in rural areas with underdeveloped infrastructure and fragile geographical conditions. Such chain-of-disaster transmission not only intensifies the severity of damage but also significantly increases rescue challenges in these regions. Addressing the current lack of experience in preventing and responding to secondary disaster chains within rural earthquake rescue systems, this paper analyzes earthquake-induced secondary disasters and examines corresponding rescue strategies for rural areas under different scenarios. The research aims to enhance emergency response capabilities during disasters and improve post-disaster safety management, ultimately establishing a systematic, targeted, and practical framework for rural earthquake rescue tactics.

Keywords

secondary disaster chain prevention; rural earthquake; rescue tactics; correlation; research

基于次生灾害链防范的乡村地震救援战法研究

徐兵山

新疆森林消防总队伊犁支队巩留大队, 中国·新疆 伊犁 830000

摘要

作为一种突发性强、破坏性大的自然灾害,地震还会引发一系列次生灾害并形成灾害链条,特别是基础设施薄弱与地理环境脆弱性的乡村地区,这种灾害链式传导不仅具有更重的危害性,同时也加大了对此类地区地震救援难度。针对现阶段乡村地区地震救援体系中缺乏对次生灾害链安全防范和应对经验的现状,本文在分析地震次生灾害链的基础上,分别剖析地震诱发的不同类型的次生灾害下乡村地区相应的救援战法,以期提高灾中的应急响应能力和灾后的安全处置能力,并形成具有较强系统性、针对性及实用性的乡村地震救援战法体系。

关键词

次生灾害链防范; 乡村地震; 救援战法; 关联性; 研究

1 引言

地震只是灾害链的起点,通常地震过后往往会产生次生灾害,地震次生灾害造成的生命财产损失有时比直接灾害所造成的损失更大。历史上曾多次出现由于次生灾害造成小震大灾,如2013年4月20日四川省雅安市芦山县发生的7.0级强烈地震为例,对其次生灾害进行数据统计分析发现,震后发生的次生灾害较为严重,尤以崩塌和滑坡最为明显。相较于城市,乡村地区面临着地形复杂、交通闭塞以及救援能力匮乏等弊端,地震所带来的次生灾害相互叠加并最终形成链条式灾害事件,在这种情况下依靠传统地震救援模式很难达到理想的效果,所以亟需基于系统性思维来构建融合次生灾害链识别、风险屏障设置以及多线联动的乡村地区地

震救援战法体系^[1]。

2 次生灾害链概述

地震次生灾害链是指地震主灾害触发多种次级灾害,并在空间与时间上形成灾害联动与叠加效应的一种灾害系统演化过程。该过程通常具有多源启动、高度不确定性、非线性传播及影响扩展性等典型特征。例如,一次中强震可先引发山体滑坡,继而堵塞河道形成堰塞湖,湖体溃决后可能再度激发下游洪水及土壤污染事件,构成“滑坡—堰塞湖—洪水—环境危害”的复合型灾害链。为有效防治次生灾害链传播,要重点加强灾害联动关系识别、地质地貌动态评价、危化品源头管控、空间结构稳定性和次生灾害预警分级体系构建,具体涉及:一是开展震前区域多因子地质敏感性建模,明确次生灾害链可能的启动点;二是针对震中地区重点区域建立“三段式”的预警响应制度——震后快速判识、管控封锁和分区导流;三是对可能形成滑坡区以及地壳内部可能产

【作者简介】徐兵山(1989-),中国河南扶沟人,本科,初级专业技术,从事灭火、地震救援研究。

生的断裂面进行基于地形剖切的分区治理，避免灾害发生初期滑坡区或断层滑动带成为灾害链进一步发展的节点源；四是对灾害链的关键节点进行干预，并加强震后临震堰塞体、水库、化工品仓库、农区危旧房连片集聚区等区域震后巡查与动态监测，管控好灾害链演化的引线。另外还须从系统上全面防范地震次生灾害链，这可通过构建“多灾种耦合识别—动态响应干预—救援同步协调”一体化的工作机制来阻断灾害传播路径、压缩灾害链发生周期^[2]。

3 基于次生灾害链防范的乡村地震救援战法研究

3.1 滑坡诱发条件下的救援战法

在地震诱发滑坡的高敏感性乡村区域，针对次生灾害链防范要求，需构建以“震后快速边坡评估—稳定性预处置—路径迂避分布—风险区封控”为核心的系统化救援战法。首先，救援力量集结前应配置具备地质灾害识别与边坡动力响应判读能力的技术骨干，使用高分遥感影像、无人机激光雷达点云数据及现场测量手段，对疑似滑坡区进行快速三维建模分析，并依据震后断裂密度、坡体剪切变形轨迹及浅层水系扰动变化进行滑动可能性评估。其次，对识别出存在结构解体趋势或剪切滑动迹象的边坡，应实施应急稳固处置，包括钢筋锚杆锚固、可伸缩支护桁架安装及地表覆盖防冲布设，同时辅以坡面排水沟临时导排处理，以降低孔隙水压力积聚风险。第三，在道路交通受阻区域，依据地形坡向、坡度级差及稳定性等级评估结果，优先规划利用脊线区临时开辟绕行线路，并设置高可视性地面警示标志、双重物理隔离围栏与 GNSS 定位同步警戒系统，实施封控管理。最后，震区救援小组要分区、分片实施缓慢推进的方式展开，并且需要安装激光坡面投影拉线器，可穿戴边坡监测终端和多频段卫星通信设备等装置，在没有三要素稳定的情况下不准进入边坡红线范围内。尤其是夜间要严格管控并实行高陡不稳定区全封闭管理，防止出现因为视线不好以及紧急情况下处置不及时而引发次生滑移问题。

3.2 堰塞湖威胁下的救援战法

在震后山体垮塌诱发堰塞湖情形下，乡村地震救援需构建基于次生灾害链防控的战术模型，执行“快速识别—稳定性评估—路径防控—导排处置”联动体系。初期识别阶段，应联合水利、地质与测绘专业力量，基于遥感差分解译、倾斜摄影与无人机 LiDAR 点云构建三维地貌模型，结合高程栅格数据判定潜在堰塞体分布区，并利用 ADCP 测流设备与 RTK-GNSS 同步采集坝体上游水深与蓄水体积数据，采用崩滑体类型、水体负荷及结构完好度进行稳定性快速判级。评估完成后，通行路径规划应结合坝体破坏模式与下游冲击波动能评估成果，布设避开主冲击区的绕行线路；必要时，临时增设模块化钢构拦截坝与高程避难平台，并设置地震-水位联动声光报警装置及北斗短报文推送系统，实现分

钟级动态预警。若堰塞体稳定性等级为Ⅳ级及以下，优先部署人工削顶泄槽，按断面梯度与纵向坡度进行三维泄流槽建模，利用机械削坡同步调整泄量，必要时由爆破工程专业队实施微差起爆导流，控制引水方向并规避下游聚落区域^[3]。在需进入高风险下游作业时，作业人员必须携带超短波通信终端、佩戴液位触发报警装置并设立撤离引导员，预设橡皮艇转移方案，确保 30 秒内完成向安全高地转移；全过程依托 GNSS 位移监测与水位雷达实现对堰塞体动态监控，形成决堤响应冗余时间窗口保障机制。

3.3 地震诱发火灾条件下的救援战法

地震发生后，乡村地区火灾多因电线短路、液化气瓶破裂、木结构坍塌接触火源引起，特点是点状爆发、扩散迅速、扑灭难。对于震后火灾次生灾害而言，可采取“燃源隔断—微型扑灭—呼吸防护—火场分层通道”的做法作为乡村地区地震后的救援战法。具体为：进入震区后立即组织电力巡检组进行全面断电封控，随后重点检查并卸压液化气瓶、储气罐、燃料油储存点；对于着火区域，通过派出少量参战人员利用手提式干粉、二氧化碳灭火器等便携设备分组扑灭；全体参战人员必须全部着装高强度防火服、使用过滤式呼吸器和热成像仪，并在房屋密集区结合建筑材料耐火等级设置防火分层进出路线，优先以天然石材道路或水泥硬质道路并实施烟气走向判别技术，动态调整进入角度。另外，火场附近地区设立一个燃点预判哨所不间断巡逻研判可疑区域持续监控及时预警，以避免小火花引发复燃。

3.4 有毒气体泄漏条件下的救援战法

地震造成乡村地区企业储气罐、农药仓库、化工残留设施等破坏后，极易引发有毒气体泄漏次生灾害，尤其在通风条件差、温湿度高的季节，其毒害扩散速度与范围大幅增加。救援战法应构建“毒源快速识别—扩散路径阻断—风向控制疏散—密闭作业分级分组”四段流程体系。首先，在进入震区前应调配专业化学侦检组，携带便携式气体检测仪、毒性比对图谱及滤毒面具，对疑似泄漏源进行快速标定；对确认泄漏区域，通过沙土封堵、引流沟渠改向或布设密闭围挡等物理方式，阻断毒气扩散路径；根据现场风速与方向，结合地形流场模型进行扩散模拟，确定安全集结点与危险区边界线，并及时组织人员沿主导风向上风口方向疏散；所有进入毒源区域的救援人员必须分等级配置防护装备：一级区域佩戴正压式空气呼吸器与化学防护服，二级区域使用过滤式防毒面具及防渗服装，三级区域以普通医疗口罩与手套为主防御层；作业时间实行严格时限管理，每 15 分钟更换一班，确保个体不因长时间暴露而产生急性中毒反应，同时每班配备急救药品与解毒剂。全过程内的指挥调度采用一线喊话与二线图示同步方式，提升信息传递的时效性与准确性。

3.5 建筑结构二次垮塌条件下的救援战法

震后残余建筑物普遍存在承重系统削弱、节点连接失效与构件裂缝扩展等潜在风险，尤其乡村自建房以砖混结构