

基于量化评分法的高寒山区泥石流易发程度与发展趋势分析

欧阳辉

新疆维吾尔自治区地质环境监测研究院, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]运用量化的手段来研究高寒山区泥石流易发程度及时空分布的规律。根据系统的、科学的指标体系,将地形地质、气候条件以及生态保护等各方面数据进行综合,使用分层评分法评定区域泥石流灾害风险等级。利用历史监测数据和生态变化趋势,对泥石流事件未来的发展趋向做预测分析。研究成果给该地区灾害防控给予精确的数据支撑与理论根据。

[关键词]量化评分法;高寒山区;泥石流;易发程度;发展趋势

DOI: 10.64635/ja.2026.1265

中图分类号: P694

文献标识码: A

Analysis of Debris Flow Susceptibility and Development Trends in High-Altitude Cold Mountainous Areas Based on the Quantitative Scoring Method

Ouyang Hui

Xinjiang Uygur Autonomous Region Geological Environment Monitoring Institute, Urumqi, Xinjiang 830000, China

Abstract: This paper uses quantitative methods to study debris flow susceptibility and the spatial-temporal distribution patterns of debris flow disasters in high-altitude cold mountainous areas. Based on a systematic and scientific indicator system, data on topography and geology, climatic conditions, ecological protection, and other factors are comprehensively integrated, and the hierarchical scoring method is used to evaluate regional debris flow disaster risk levels. By using historical monitoring data and ecological change trends, the future development trends of debris flow events are predicted and analyzed. The research findings provide accurate data support and theoretical basis for disaster prevention and control in the region.

Keywords: quantitative scoring method; high-altitude cold mountainous area; debris flow; susceptibility; development trend

引言

本文以高寒山区频繁发生的泥石流为研究对象,研究了它对区域居民生命财产安全和生态系统稳定造成的影响。传统的研究方法由于具有明显的不足之处,不能对这种自然灾害的发生频率和趋向做出准确的预测。它是一种将跨学科理论融合并用量化分析加以细致考察的、集科学之大成的技术手段,用以综合解析影响因素。本文以该方法为切入点,对高寒山区泥石流的特征进行了详细的分析,对完善高寒山区灾害监测预警系统构建、提高防灾减灾决策的科学性有重大的现实和战略意义。

1 量化评分法原理

1.1 评分指标选取

以高寒山区泥石流形成机理的关键科学原理为基础,从物源供给、水源补给、地形搬运这三个主要因素出发,建立物源供给、水源补给、地形搬运三个方面的指标筛选

体系,系统综合考虑冻融作用、冰川退缩等区域性地质因素。剔除和当地灾害特征关系不大、无关的因素,使指标的选择更加符合实际的需要。研究以实地考察的数据为基础,参照我国高寒地区防灾减灾的技术规范,从地貌特征、气候条件、地层结构这三个宏观方面对评价准则进行分解细化,通过对各个指标在泥石流形成过程中起到的作用进行量化分析,进而选出可以通过现场调查或者遥感影像解析得到准确数值的变量。所设计的指标体系很好地体现了在高寒环境下,双水源驱动以及冻融作用对于泥石流发生演变所具有的独特规律,给后续的定量研究奠定了良好的实践基础和技术保障^[1]。

1.2 指标权重确定

本文采用的是行业实践知识和区域灾害实例相结合的方法,创建出一个多维综合权重评价体系。该体系冲破了传统主观赋权法或者仅仅依靠数学模型计算的传统限

制,把研究区域内的多年泥石流灾害数据融合起来,并且对诸多激发因素的作用机理做了细致剖析。高寒地区冰川融水与短时强降雨共同造成的泥石流现象下,把冻土解冻效应、降水量变量的权重进行了加强。同时借鉴同一高原生态系统中已经开展过的类似灾害风险评价案例,用跨案例对比校正的方式逐步改进次要影响因子的权重分配,保证次要影响因子科学准确地反映出区域内各个要素对于泥石流发生的真确贡献程度,进而给后面复杂的系统耦合评分给予可靠的资料支撑和技术支持。

1.3 评分模型构建

本文使用单因子分级赋分理论,创建出主要以指标等级划分和基础分数分配为主要内容的技术架构。通过对评价对象表现特征做层次分类以及给每个层次赋予具体的数值,再用权重系数将多维数据融合起来,得到综合得分。选择高寒山区沟谷流域为单独的样本单元,对它的地理空间分布以及计算规则做了规范化统一的设计。鉴于该区域受融雪径流和降水交互影响频发自然灾害的实际状况,在传统评分模型的基础上添加了复合工况调整模块,对双源驱动情景数据进行改进,提高了模型的应用精度和科学性,从原来的单变量分析发展为现在的整体风险预测。

2 高寒山区泥石流影响因素分析

2.1 地形地貌因素

高寒山区的地貌特征是由板块构造运动造成垂直隆升和冰川侵蚀机制两方面共同形成起来的。该区域山地地形存在明显的垂直分异特点,高海拔地方由于岩层倾角大、深切峡谷分布广泛,给径流汇集创造优越环境。特定气候背景下的季节性融雪、降雨促使地表径流快速聚集到低洼处,然后通过深深的河谷集中汇流,动力能量也越来越大。局部冰川侵蚀形成的凹陷盆地长期积存融水,雨季或者融雪期溢出之后再补充流域地下水补给。从总体上看,沟谷下游段坡降较缓,缺少开阔平坦的冲积扇沉积区,使悬浮物质不能有效地沉淀;靠近麓部的宽阔平坦区域逐渐成了泥石流沉积的主要场所^[2]。这种自源地到出口的空间分布,就构成了一个完整的泥石流系统,并且给它的发生发展赋予了必需的空间条件。

2.2 气象条件因素

本研究区位于典型的高寒气候带,地下水资源的补给主要依靠季节性冰雪融化和夏季突发性暴雨这两种动力来完成。由于昼夜温差较大,岩石、土壤具有周期性冻融

交替、不断破碎的过程。春季气温回升的时候,山区积雪慢慢消融,产生地表径流经过稳定渗入的方式进入岩土层内部,减弱了颗粒间的粘着力,夏季强降雨增大了地表水流汇集的速度,加大了局部地区的汇流作用。洪涝期间这两种水源输入方式往往同时出现、互相影响,明显改变地质介质的力学性质,是造成高寒山区泥石流灾害的一个重要的外在的引发因素。

2.3 地质构造因素

新生代构造运动造成区域地层有复杂的断裂系统。伴随着应力场的变化,周边岩体中裂隙网络也变得越来越大,从而使局部地质结构的稳定受到极大的破坏。高寒环境下频繁发生的冻融循环又加快了岩石的物理风化,使残坡积松散堆积层广泛发育,给泥石流的发生提供了一个良好的物质基础。大部分断裂带的空间走向和山间主沟的走向比较接近,使破碎岩土沿谷地呈片状分布,缺少黏性矿物胶结,因此具有易分散的特点。一旦水分进入,这些松散的颗粒就会受到流动水的动力激发而开始搬运。长期的构造运动、周期性的冻融作用一起保证了山坡表面碎屑供给系统的不断更新,从而给寒冷流域泥石流活动提供稳定物质来源。

3 泥石流易发程度量化评估

3.1 数据收集与处理

数据采集系统把多源异质的数据融合起来,利用实地考察和遥感技术等各种手段得到坡面岩土性质,沟谷形态等地质现场信息,再用影像解译方式提取出该地区地形,水系分布和植被情况,接着结合以前的历史气象观测记载以及地质探测结果创建出包含地形,气候以及地质这三类内容的初步数据库。以统一的空间坐标系为基础,对原始数据进行几何校正、格式转换,在去除非必要或者错误的信息之后,根据评价分区的边界来获取具体的指标数据,并将其导入到标准的地理信息系统(GIS)中,最终完成从非结构化原始数据到规范化的空间数据库的转变,有效地解决了由于格式不同、属性不一致所造成的兼容性问题,给后面的定量分析工作打下了坚实的保障基础^[3]。

3.2 评分计算与分级

本研究以独立流域单元为基本的空间单位,对预处理过的分项指标数据按照分级标准进行单因子的基础赋值,用科学设置的权重系数体系做多维度逐层叠加运算,得出各个单元格的综合量化评分结果。在研究区域历史上发生过的泥石流灾害点空间分布的基础上,对评分系统与潜在

的受灾点坐标的匹配关系进行分析,得到三种不同的危险等级(极高、中等和低)的阈值范围,进而得出风险区划的具体边界。根据初步分类时出现的部分不符合实际情况的节点,用修正来微调优化最初的临界点,使最初的临界点更贴近高寒山区复杂地质条件下的泥石流发生机理实际,从而提高分类结论的空间精度以及合理性。

3.3 易发程度空间分布

运用空间分析法把分级评分的结果转化为可视化的地图,结果显示高易发区主要分布在断裂带交汇处、深切河谷、受强烈冻融作用的高山峡谷地带。该区域地下水补给充足,松散沉积物储存丰富,同时又存在很多致灾因子高度重叠的现象。中易发区为环状分布于高易发区周边,主要分布在次级河流及其下游坡段附近,虽然包含着一些潜在的致灾因子,但是并没有产生明显的空间累积效应。低易发区分布在基岩裸露、地形平坦的山间台地,由于径流汇集能力差,发生大规模泥石流事件的可能性比较小。从整体上看,这些空间分布的规律同区域内地形地貌和地质气候条件有很高的相关性。

4 泥石流发展趋势预测

4.1 历史数据统计分析

依靠某个地区长时间收集的泥石流灾害历史资料进行系统的整理,对它加以综合并且深入地分析。主要研究历次灾害在空间上、时间上、规模上、成因上各方面的特点,并结合季节性和年际性波动来分析它的变化趋势。通过分析冰雪消融期、暴雨频发期内灾害事件发生次数及空间分布特征,探究气候变化因素(冻融作用强弱,降水异常变异性等)对于灾害强度的驱动规律,创建有关的函数模型。依靠长时间序列数据分析,确定基准条件下泥石流灾害历史平均值,评价不同气候情景下年均灾害发生率,给环境变化背景下趋势预测赋予科学依据,避免单一时段导致的偏差风险^[4]。利用数字化技术创建标准化的历史灾害数据集,确定统一的分级办法,指定主要的触发因素的界限范围,形成完备的指标体系。将统计结果同实地考察得到的地貌、源区特性相融合,对传统的记录中可能存在的错误加以修正,从而加强数据质量控制的有效性。研究成果加深了对区域内泥石流流动力学机制的认识,也给流域尺度的泥石流风险防控、预警体系的创建和综合防灾减灾决策给予了十分重要的理论支撑和技术支撑。

4.2 环境变化影响评估

在全球气候变暖的大背景下,本文从系统的角度出发,

对区域自然环境的变化给灾害风险带来的影响机理进行研究。研究表明气温上升会加快高山冰川的融化速度,也会使浅层冻土迅速退化,冻融作用范围由原来的低海拔地区向外扩张,加大了对岩石的风化速度,堆积了更多的坡面松散物质。由于极端天气事件频次变高,高强度降水的出现几率增大,尽管它的直接改变地貌形态的能力不大,但是明显提高了地表径流的汇集能力。从整体上看,这些环境因素都会对物源的供给以及水动力状况造成影响,进而一起影响到灾害发生的主要要素,也就是引起灾害的源地以及触发机制。对相关因子增减效应做量化评估,可以准确地预测出气候变化造成的影响程度,从而给创建基于动态调整机制的灾害预警体系赋予了理论支持和实践支撑。

4.3 趋势预测模型建立

传统的量化评分体系之上再加上环境演化修正因子,再联系历史灾害数据和生态系统改变的评价成果来创建出一种动态趋势预估架构。依靠逐年改变的气象观测数据以及冰川冻土观测信息,对模型里的校正参数做出及时的更新,从而符合由于气候变化所导致的空间结构变化。模拟出不同气候情景下未来时段内各个评估单元风险等级的变化轨迹,更新潜在灾害分布区及分级标准,全方位展现区域内地表塌陷灾害总体格局的历史变化和未来走向。研究成果给中长期防灾决策赋予了理论支撑,给出了有关关键防护区域精确定位以及相关政策措施制订方面的支持性证据,达成从静态风险剖析到动态演化趋向预估的研究突破。针对典型的沟谷做实地试验,将模型预测值同实际观测值加以比较,从而改良算法权重调配方案,改进预测的精确度^[5]。根据多场景模拟的结果来划分近中期的风险区段,确定出优先治理的重点区域以及优先顺序。随着连续几年新数据的积累融合,所研发的技术平台可以适应生态环境的变化要求,给校园及周边地区搭建起科学高效的长效防灾体系给予技术支持。

5 结语

运用量化评分法对高寒山区泥石流易发性和演化情况进行评价,对各个影响因素起作用的机理做深入分析,从而达到精确地量化灾害风险、准确地预报灾害未来动态变化的目的。研究成果给该区域泥石流防治政策的制定提供坚实的理论基础,有利于建立科学高效的防灾减灾体系,大大降低灾害所造成的潜在威胁,进而促进区域经济社会的可持续发展。

[参考文献]

- [1]葛超.错玖沟泥石流运动特征研究及危害评价[J].铁道工程学报,2023,40(12):30-35+54.
- [2]顾珍逵,姚鑫,李凌婧,等.河流功率梯度在泥石流空间易发程度调查中的应用:以金沙江流域为例[J].地质力学学报,2023,29(1):87-98.
- [3]张鑫.XX 沟谷流域泥石流易发程度分析[J].西部探矿工程,2021,33(12):11-13.
- [4]付锦涛.基于神经网络模型的都(江堰)四(姑娘山)线泥石流易发性评价研究[D].西南交通大学,2020.
- [5]严松.尼洋河中下游高寒山区泥石流发育规律和危险性评价研究[D].成都理工大学,2018.

作者简介:欧阳辉(1994.06—),男,汉族,湖南道县人,本科学历,工程师,研究方向为工程与环境地质。