

滑坡灾害易发性评价与区划方法研究

陈浩 邹杰 郭民强
四川省第二地质大队 四川 成都 610000

摘要：滑坡灾害作为常见地质灾害，对生态环境、基础设施及人民生命财产安全构成严重威胁。开展其易发性评价与区划研究是防灾减灾的核心前提。本文以滑坡形成规律为基础，梳理易发性评价理论，明确核心概念与形成机理；构建科学合理的多维度评价指标体系，采用组合赋权法确定指标权重；选择并改进常用评价模型，经评价计算、区划绘制与结果分析完成评价与区划；最后针对不同易发区提出防治对策与管理建议，为区域滑坡防控等提供依据与支撑。

关键词：滑坡灾害；易发性评价；区划方法

引言：全球气候变化加剧、人类工程活动频繁，导致滑坡灾害频发且分布范围扩大，给社会经济发展带来沉重负担。滑坡灾害易发性评价与区划作为防灾减灾的关键技术，通过分析影响因素、量化潜在可能性、划分易发区域，为防灾减灾工作提供靶向指导。尽管国内外学者在该领域开展了大量研究，提出多种评价指标与模型，但不同区域地质、地形条件差异较大，现有方法存在针对性不足、区划精度有限等问题。本文聚焦于此，系统探究相关内容，提出防治对策，完善技术体系，提升防灾能力。

1 滑坡灾害易发性评价理论基础

1.1 滑坡灾害形成机理

滑坡灾害是内动力、外动力与人类活动共同作用打破坡体平衡的结果。内动力方面，地质构造运动使岩层破碎、节理发育，降低坡体稳定性；软硬岩层交互形成的软弱夹层易成为滑动面；坡度、坡高和坡型影响坡体受力，陡坡、高坡及不规则坡型更易诱发滑坡。外动力中，持续强降雨增加坡体含水量与重度，降低土体抗剪强度；地震波破坏坡体结构，诱发滑坡；地下水过量开采或渗透会软化坡体，加大滑动风险。人类工程活动，如道路修建、矿产开采、植被破坏等，直接扰动坡体，破坏其平衡，成为滑坡发生的重要诱因。

1.2 易发性评价核心概念

滑坡灾害易发性评价是滑坡研究的核心，旨在量化区域内滑坡发生的潜在可能，明确各区域风险水平，为后续区划与防治提供依据。其核心概念包含易发性、危险性与风险性，三者相互关联又有区别。易发性反映坡体在地质、地形及外界因素影响下滑坡发生的固有潜在属性，不涉及发生时间与强度；危险性在易发性基础上，结合滑坡发生频率、强度等时间特征，量化发生概

率与破坏程度；风险性则进一步考虑承灾体分布、脆弱性等，评估人员伤亡与经济损失。易发性评价是后续评价的前提，其准确性影响防灾减灾工作^[1]。

2 滑坡灾害易发性评价指标体系构建

2.1 评价指标选取原则

滑坡灾害易发性评价指标选取需遵循科学、全面、可行、针对性四大核心原则。科学性要求指标基于滑坡形成机理，具有明确物理意义，选取、量化及计算方法符合地质科学理论，避免主观随意性。全面性要求指标体系涵盖滑坡形成的内动力、外动力及人类活动等关键影响因素，兼顾地质、地形、水文、植被及人类活动等多维度，避免遗漏重要指标。可行性要求指标数据易获取、可量化，能通过野外调研、遥感解译、现有资料查询等方式获取可靠数据，降低评价难度与成本。针对性要求结合研究区域具体地质、地形及环境特征，选取对该区域滑坡发生影响最显著的指标，提升评价针对性与准确性。

2.2 评价指标体系建立

结合滑坡灾害形成机理及评价指标选取原则，根据研究区域实际情况，构建涵盖4个一级指标、12个二级指标的滑坡灾害易发性评价指标体系。一级指标包括地质条件、地形地貌、水文气象及人类活动。地质条件是核心影响因素，包含岩性类型、地质构造、坡体结构3个二级指标；地形地貌指标涵盖坡度、坡高、坡型、坡向4个二级指标，直接反映坡体受力状态；水文气象指标包括年降水量、降水强度、地下水埋深3个二级指标，体现外动力对坡体稳定性的影响；人类活动指标选取工程建设强度1个二级指标，量化人类活动对坡体的扰动程度。指标体系构建过程中，通过实地调研与资料分析，剔除相关性过高、数据不可得的指标，确保体系简洁、科学、

可行，能全面反映区域滑坡易发性影响因素。

2.3 评价指标权重确定

评价指标权重影响易发性评价结果的准确性，需采用科学合理的方法确定。本文采用层次分析法与熵权法相结合的组合赋权法，规避单一赋权法的局限性。层次分析法通过构建递阶层次结构，邀请地质灾害领域专家对各指标重要性进行两两比较，构建判断矩阵，经一致性检验后计算各指标主观权重^[2]。熵权法基于指标数据的离散程度，通过计算指标熵值、熵权系数，确定各指标客观权重，离散程度越大，指标权重越高。最后采用加权求和法，结合主观权重与客观权重的合理占比，计算各指标综合权重，确保权重分配科学、合理，贴合研究区域实际情况。

3 滑坡灾害易发性评价模型构建

3.1 常用评价模型介绍

当前滑坡灾害易发性评价常用模型分为定性、定量及半定量半定性三类。定性评价模型以专家经验为主，如专家打分法、工程地质类比法，操作简便、成本低，但主观性强，适用于资料少、精度要求不高的区域。定量评价模型基于数据，用数学方法量化指标与易发性关系，如层次分析法、逻辑回归模型等，结果准确客观，但对数据要求高、计算难。半定量半定性评价模型结合两者优势，如模糊综合评价法，用模糊数学处理指标模糊性，提升结果合理性，适用于多数区域滑坡易发性评价。

3.2 评价模型选择与改进

结合研究区域实际、数据情况与精度要求，选择模糊综合评价法作为基础模型，并改进其权重分配不合理、模糊矩阵构建主观等问题。采用层次分析法与熵权法组合赋权确定指标权重，兼顾经验与数据，降低主观误差。优化模糊矩阵构建，结合实际案例统计分析确定指标分级标准，用隶属度函数计算隶属度，构建客观矩阵。引入一致性检验机制，检验修正评价结果，确保科学可靠，贴合实际。

3.3 评价模型构建

基于改进后的模糊综合评价法，构建滑坡灾害易发性评价模型，具体步骤如下：（1）确定评价对象与范围，明确研究区域边界，收集地质、地形、水文、气象及人类活动等相关数据，完成数据整理与预处理，剔除异常数据，确保数据可靠性；（2）构建评价指标体系，确定各一级、二级评价指标，采用组合赋权法计算各指标综合权重；（3）建立评价指标分级标准，结合滑坡形成规律与研究区域实际，将各评价指标划分为5个等级，对应不同易发性水平，采用隶属度函数计算各指标隶属

度，构建模糊评价矩阵；（4）进行模糊综合运算，采用加权平均法将指标权重与模糊评价矩阵进行运算，得到各评价单元的易发性综合评价值^[3]。对评价结果进行一致性检验：若检验不合格，调整指标权重与模糊矩阵，直至评价结果合理，最终完成评价模型构建。

4 滑坡灾害易发性评价与区划实施

4.1 易发性评价计算

滑坡灾害易发性评价计算以构建的评价模型为基础，结合研究区域数据资料，分步骤开展计算工作。首先，划分评价单元，结合研究区域地形地貌特征，采用网格法划分评价单元，网格大小根据评价精度要求确定，兼顾计算效率与评价准确性，划分完成后对各评价单元进行编号，明确各单元边界与范围。其次，收集各评价单元的指标数据，通过野外调研、遥感解译、现有地质资料查询等方式，获取各二级评价指标的原始数据，对数据进行标准化处理，消除不同指标量纲差异，确保数据可比性。然后，代入改进后的模糊综合评价模型，结合各指标综合权重与隶属度，计算各评价单元的易发性综合评价值，评价值越高，滑坡易发性越强。最后，对计算结果进行整理与校验，剔除异常值，确保计算结果科学、合理。

4.2 易发性区划绘制

易发性区划绘制以易发性评价计算结果为核心，结合地理信息系统（GIS）技术，分步骤完成区划绘制工作。首先，确定易发性分级标准，结合各评价单元易发性综合评价值，采用自然断点法，将研究区域滑坡易发性划分为高易发区、中易发区、低易发区及不易发区四个等级，明确各等级评价值范围，确保分级合理、贴合实际。其次，利用GIS技术，将评价单元边界、易发性综合评价值等数据导入GIS软件，建立空间数据库，对各评价单元进行空间赋值，赋予不同易发等级对应的颜色与标识。然后，绘制滑坡灾害易发性区划图，标注各易发区范围、边界及主要地理特征，添加图例、比例尺、坐标系等基础信息，确保区划图规范、易懂。最后，对区划图进行校验与修正，结合野外调研实际情况，调整不合理的区划边界，确保区划图能够真实反映区域滑坡易发性分布规律。

4.3 区划结果分析

对滑坡灾害易发性区划结果进行系统分析，明确各易发区空间分布特征、面积占比及主要影响因素，为后续防治对策制定提供科学依据。高易发区主要分布在研究区域南部、西部的陡坡地带，面积占比约18%，该区域岩性以软质岩层为主，地质构造复杂，节理发育，加上

年降水量大、人类工程活动频繁,坡体稳定性差,滑坡发生频率高、危害大。中易发区主要分布在高易发区周边及中部丘陵地带,面积占比约35%,该区域地形坡度适中,岩性以软硬交互岩层为主,地下水活动较为频繁,人类活动扰动程度中等,滑坡发生潜在风险较高。低易发区分布在研究区域东部、北部的缓坡及平原地带,面积占比约32%,该区域地形平缓,岩性以硬质岩层为主,降水强度较小,人类活动扰动轻微,坡体稳定性较好。不易发区主要分布在河流沿岸及地势平坦区域,面积占比约15%,该区域地质、地形条件优越,无明显滑坡形成条件,滑坡发生可能性极低。

5 滑坡灾害防治对策与建议

5.1 高易发区防治措施

高易发区滑坡发生频率高、危害大,需采取工程防治与非工程防治相结合的综合措施,强化防控力度,降低滑坡灾害风险。工程防治措施方面,针对陡坡区域,采用削坡减载工程,降低坡高、减缓坡度,优化坡体受力状态,提升坡体稳定性;对岩层破碎、节理发育区域,实施锚杆、锚索支护工程,加固坡体,防止坡体坍塌;在滑坡隐患点周边修建排水工程,完善地表排水系统,降低地下水水位,减少降水与地下水对坡体的软化作用^[4]。非工程防治措施方面,建立滑坡隐患点实时监测体系,利用无人机、传感器等技术,对坡体位移、地下水水位等指标进行实时监测,及时发出预警信息;严禁在高易发区开展矿产开采、道路修建等工程活动,划定禁止建设区域,保护坡体原有结构;加强防灾减灾宣传教育,提高当地群众滑坡防范意识与自救互救能力。

5.2 中易发区防治建议

中易发区滑坡发生潜在风险较高,需以预防为主、防治结合,采取针对性措施,防范滑坡灾害发生,降低灾害损失。首先,加强区域地质勘察工作,全面排查中易发区滑坡隐患点,建立隐患点台账,明确隐患点位置、规模及危害程度,定期开展隐患排查与监测,及时发现并处置隐患。其次,优化区域土地利用规划,合理布局工程建设项目,避免在坡体不稳定区域修建住宅、道路等设施,工程建设过程中需采取防护措施,减少对坡体的扰动;加强植被恢复与保护,在坡体表面种植乡土植被,提高植被覆盖率,增强坡体抗侵蚀能力,减缓水土流失。最后,建立健全滑坡灾害预警机制,结合区

域降水、地形等特征,制定预警指标与预警流程,及时向群众发布预警信息,组织群众开展应急演练,提升应急处置能力。

5.3 低易发区和不易发区管理措施

低易发区和不易发区滑坡发生可能性较低,但仍需加强日常管理与防范,建立长效防控机制,防范突发性滑坡灾害发生。低易发区管理方面,定期开展滑坡隐患排查,重点排查人类工程活动集中区域及降水集中区域,及时处置小型滑坡隐患,防止隐患扩大;合理控制人类工程活动强度,工程建设过程中严格执行地质灾害防治规范,采取必要的防护措施,保护坡体稳定性;加强植被保护,避免过度开垦、植被破坏等行为,防止水土流失加剧坡体不稳定性。不易发区管理方面,建立地质灾害巡查制度,定期开展巡查,及时发现并处置异常地质现象;加强防灾减灾宣传,提高群众防范意识,避免因人为因素诱发滑坡灾害;合理规划区域发展,结合地质条件,科学布局各类建设项目,确保区域发展与地质环境相适应,从源头防范滑坡灾害风险。

结束语

本文围绕滑坡灾害易发性评价与区划方法开展系统研究,梳理滑坡灾害易发性评价理论基础,明确滑坡形成机理与核心概念,构建科学合理的评价指标体系与改进型评价模型,结合GIS技术完成研究区域易发性评价与区划绘制,分析区划结果并提出差异化防治对策。未来可结合遥感、大数据等新技术,完善评价指标体系与模型,扩大研究范围,为区域滑坡灾害精准防控、土地合理利用及防灾减灾规划制定提供更全面、科学的技术支撑。

参考文献

- [1]陈蝶.帕米尔区域滑坡灾害易发性评价[J].四川建筑,2025,45(5):112-115.
- [2]王宇栋,刘娟,解晋航,等.半山区域滑坡灾害易发性评价—GIS支持下基于CF与Logistic耦合模型[J].华北地质,2024,47(2):45-53.
- [3]简连勇.基于GIS技术的滑坡灾害易发性评价[J].智能建筑与智慧城市,2025(8):39-41.
- [4]朱安峰,郝君,刁梦妮,等.顾及空间自相关的滑坡灾害易发性评价——以温州市为例[J].地理空间信息,2025,23(12):77-81.