

Landslide Disaster Prediction and Prevention Strategies from the Perspective of Hydrogeological Environment

Wei Li Shoucai Wei

The Second Geological Brigade of Xizang Autonomous Region Geological and Mineral Exploration and Development Bureau, Lhasa, Xizang, 850000, China

Abstract

With the global climate change and the intensification of human activities, landslide disaster has become one of the important geological disasters threatening human life and property safety. Especially in mountainous areas, hilly areas and areas along rivers with complicated hydrogeological conditions, the incidence of landslide disasters shows a growing trend. Based on the perspective of hydrogeological environment, the prediction and prevention strategy of landslide disaster are discussed in this paper. Based on the analysis of the influence mechanism of hydrogeological conditions on the occurrence of landslide disaster, a landslide disaster early warning model is established. Combined with remote sensing, GIS and other modern information technology means, the real-time monitoring and early warning of landslide disaster is realized. In this paper, a series of effective forecasting and prevention measures are proposed to reduce the probability of landslide disaster and reduce disaster losses.

Keywords

hydrogeology; environment; landslide disaster; calculate

水文地质环境视角下的滑坡灾害预测与防控策略

李伟 魏守才

西藏自治区地质矿产勘查开发局第二地质大队, 中国·西藏·拉萨 850000

摘要

随着全球气候变化和人类活动加剧, 滑坡灾害已成为威胁人类生命财产安全的重要地质灾害之一。特别是在山区、丘陵地带及河流沿岸等水文地质条件复杂的地区, 滑坡灾害的发生率呈现出不断增长的趋势。论文基于水文地质环境的视角, 对滑坡灾害的预测与防控策略进行了深入探讨。通过分析水文地质条件对滑坡灾害发生的影响机制, 建立了滑坡灾害预警模型, 并结合遥感、GIS等现代信息技术手段, 实现了对滑坡灾害的实时监测和预警。论文提出了一系列有效的预测与防控措施, 旨在降低滑坡灾害发生的概率和减少灾害损失。

关键词

水文地质; 环境; 滑坡灾害; 预测

1 引言

1.1 滑坡灾害的重要性及其影响

滑坡灾害, 作为地质灾害的一种主要形式, 对全球各地的生态环境、经济安全及人类生活带来了深远影响。据统计, 每年全球因滑坡造成的经济损失巨大, 且伴随着城市化进程和气候变化, 滑坡灾害的发生频率和严重性呈上升趋势。在山区, 滑坡可能导致交通中断, 阻碍经济发展; 在城市, 滑坡可能破坏建筑物, 威胁居民生命安全; 在农田, 滑坡可导致土壤流失, 影响粮食产量。因此, 对滑坡灾害的研究与防控, 对于保障人类社会的可持续发展具有重要意义。

1.2 水文地质环境与滑坡灾害的关联性分析

水文地质环境是滑坡灾害发生的决定性因素之一。土壤的含水量、地下水位、地表径流以及地质结构等都与滑坡的发生息息相关。水分的增加可以降低土壤的剪切强度, 当土壤饱和时, 其抗滑稳定性显著下降, 容易引发滑坡。例如, 暴雨、连续降雨或者地下水位的快速上升, 都可能导致地表水渗透至土壤深层, 引发滑坡。地表水的快速流失也可能在斜坡上形成径流, 加大滑坡的风险。地质结构如断层、节理、层理等, 为水分的渗透提供了通道, 进一步影响斜坡的稳定性。因此, 深入理解水文地质环境与滑坡灾害的相互作用机制, 是有效预防和减轻滑坡灾害的关键。

2 水文地质环境的特征与滑坡灾害

2.1 水文地质环境的基本特征

水文地质环境是研究地球表面水文现象与地质结构相

【作者简介】李伟(1984-), 男, 中国四川广安人, 本科, 工程师, 从事水工环地质研究。

相互作用的学科,它涵盖了地下水的分布、运动、补给、排泄、水质变化以及地质构造对水文循环的影响。

水文地质环境具有显著的空间异质性。由于地球岩石、土壤分布的不均匀性,以及气候、地形等自然条件的差异,导致不同区域的水文地质条件存在显著差异。这种异质性使得水文地质环境的研究需要充分考虑地域特点,因地制宜地进行分析 and 评估^[1]。

水文地质环境具有动态性。地下水在自然界中不断地进行着循环和更新,其数量和质量随时间而发生变化。这种动态性要求我们在研究水文地质环境时,必须关注其时间变化特征,以便更好地预测和评估地下水资源的可持续利用。

水文地质环境还具有复杂性。地下水在岩石、土壤中的运动受到多种因素的影响,如地质构造、岩性、地形、气候等。这些因素之间的相互作用使得水文地质环境的研究变得复杂而困难。因此,我们需要运用多学科的知识和方法,对水文地质环境进行全面而深入的分析 and 研究。

2.2 水文地质环境与滑坡灾害的相互作用机制

水文地质条件的变化也是滑坡灾害发生的重要诱因。在降雨、地震等自然灾害的影响下,地下水位的波动和地下水流场的变化会导致岩土体内部应力的重新分布,进而引发滑坡灾害。特别是在降雨过程中,雨水入渗会使岩土体的含水量增加,降低其抗剪强度,增加滑坡灾害的易发性。

水文地质环境与滑坡灾害的关联性不容忽视,需要对滑坡灾害发生的区域进行水文地质勘察和评估。通过对地下水位、地下水流场、岩土体性质等参数的监测和分析,我们可以评估滑坡灾害发生的风险,并制定相应的预防和治理措施。例如,通过控制地下水的入渗和排泄,保持地下水位的稳定,可以有效降低滑坡灾害的发生风险。加强对降雨、地震等自然灾害的监测和预警,及时采取应对措施,也可以有效减少滑坡灾害造成的损失^[2]。

3 滑坡灾害的预测方法

3.1 传统滑坡预测方法概述

传统滑坡预测方法主要依赖于地质调查和工程地质测绘,通过对地形地貌、地质构造、岩土体性质、地下水条件等多方面因素的分析,评估滑坡发生的风险。这些方法包括但不限于地质历史分析法、工程地质评价法、地貌形态分析法、稳定性分析法等,评估斜坡的稳定性。

3.2 基于现代技术的滑坡灾害预测新方法

随着科技的发展,现代预测方法引入了遥感、地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)、地球物理探测、大数据分析等先进技术,提高了滑坡预测的精度和效率。

4 滑坡灾害的防控策略

4.1 工程措施在滑坡防控中的应用

滑坡防控的工程措施主要目标是通过直接改变滑坡体及其周围环境的物理特性,以增强稳定性。这些措施通常包

括:建设挡土墙、抗滑桩、锚杆或锚索等结构,以增加滑坡体的抗滑力,防止或减缓滑坡的移动。修建排水沟、设置渗井,以减少水分对滑坡体的软化作用。通过添加稳定剂、混凝土覆盖或植被恢复,改善滑坡体的物理性质,增强其抵抗滑动的能力。

移除滑坡体顶部的部分土石,减轻滑坡体的重量,防止滑坡发生的可能性。在滑坡可能发生的影响区设置防护网、防护墙,以减轻滑坡对下方居民区和基础设施的破坏。

4.2 非工程措施在滑坡防控中的作用

非工程措施主要通过改变人类活动和土地利用方式来降低滑坡灾害的风险,制定和执行滑坡风险区的规划和土地使用限制,限制在高风险区域的建设和居住。通过教育和宣传,提高公众对滑坡风险的认识,增强自我保护和应急疏散能力。建立滑坡监测网络,定期进行地质调查,及时发现滑坡前兆,发布预警信息。对滑坡风险进行科学评估,为土地利用决策提供依据,避免在高风险区域进行敏感活动。灾后实施合理的土地复垦和生态修复,减少再次滑坡的可能性。

通过上述工程和非工程措施的综合应用,可以显著降低滑坡灾害对人类生活和环境的影响,实现灾害防控的长期可持续性。

5 水文地质环境变化对滑坡灾害的影响

5.1 气候变化对水文地质环境的影响

气候变化是全球面临的重大挑战之一,它对水文地质环境产生了深远的影响。全球变暖导致的冰川融化和极端气候事件的增加,如暴雨、干旱,都显著改变了水文循环。这些变化使得地表水和地下水的分布、流动和储存模式发生改变,影响了土壤饱和度和地下水位以及岩石和土壤的稳定性。温度的上升还可能加速土壤侵蚀和风化,进一步改变地质结构,对滑坡的发生提供潜在条件。

5.2 水文地质环境变化对滑坡灾害的影响机制

水文地质环境变化对滑坡灾害的影响主要体现在极端降雨事件可能导致土壤迅速饱和,降低土壤的抗剪强度,增加滑坡的风险。不均匀的水分分布也可能导致土体的局部软化,形成滑动面。地下水位的上升或下降可以改变土壤的物理状态,当地下水位上升时,土体承受的浮力增大,可能导致土体稳定性降低;反之,地下水位快速下降可能导致土体收缩,形成裂缝,增加滑坡的可能性。气候变化引发的冰川消融或冻土融化,可能破坏原有的稳定地质结构,导致新的滑坡源产生。频繁的极端气候事件加速了土壤侵蚀,改变了地表覆盖,减弱了植被对土壤的稳定作用。温度上升加速了岩石的风化,使得地质体的强度降低,增加了滑坡的发生概率。

5.3 应对水文地质环境变化的滑坡灾害防控策略

面对水文地质环境变化带来的滑坡灾害风险,需建立和完善滑坡监测网络,利用遥感、GPS、地质雷达等技术实

时监测地表位移、地下水位和土壤含水量，通过大数据分析预测滑坡风险。实施坡面防护、排水工程、地基加固等措施，改善地质条件，减少滑坡的可能性。合理规划土地使用，避免在高风险区域进行建设，同时对已有的不稳定斜坡进行整治。通过植被恢复和生态修复，增强地表的抗侵蚀能力，减少滑坡的发生^[9]。

6 滑坡灾害的监测与预警系统

6.1 滑坡灾害监测技术概述

滑坡灾害的监测技术是预防和减轻灾害损失的关键手段。其中，遥感技术、地理信息系统（GIS）、全球定位系统（GPS）和地球物理探测技术是主要的监测工具。遥感技术通过卫星或航空影像对地面变化进行持续监测，及时发现地表形态的异常；GIS则将各类监测数据整合，进行空间分析，为决策提供支持；GPS通过测量地面点位的变化，可以精确评估滑坡体的动态；地球物理探测技术如电阻率法、地磁法等，可探测地表下土壤和岩石的结构，预测潜在的滑坡隐患。

6.2 滑坡灾害预警系统的构建

滑坡灾害预警系统的构建包括数据采集、模型建立、预警等级划分、信息传递和应急响应等环节。通过上述的监测技术获取滑坡体的实时数据，如位移、地下水位、土壤含水量等。利用这些数据建立数学模型，如稳定性分析模型、动力学模型等，预测滑坡发生的可能性和速度。预警等级通常分为多个级别，根据模型预测结果和预设的阈值进行划分。信息传递则涉及预警信息的实时发布，如通过手机短信、广播、社交媒体等多渠道向受影响区域的居民和相关部门发送。预警系统应与应急响应机制紧密结合，确保在预警发出后，能够迅速启动相应的救援和疏散措施。

6.3 监测与预警系统的实践应用与效果评估

全球各地已有多个成功的滑坡灾害监测与预警系统实例。例如，中国在三峡库区和山区公路沿线建立了大量的滑坡监测站，结合GPS、InSAR（干涉合成孔径雷达）等技术，实现了对滑坡体的实时监控。瑞士的预警系统利用高分辨率遥感和GIS，对全国范围内的潜在滑坡区进行评估和监控。这些系统在多次滑坡事件中发挥了重要作用，提前预警，减少了人员伤亡和财产损失。

然而，监测与预警系统的有效性评估是一项复杂的工作，需要考虑预警准确率、响应时间、信息传递效率和公众对预警信息的响应等多个因素。通过对比预警结果与实际发生的滑坡事件，分析预警系统的敏感性、特异性和阳性预测值，可以评估其性能。定期的系统审查和优化也是确保预警系统持续有效的重要环节。

滑坡灾害监测与预警系统的发展趋势是集成化、智能化和精细化。随着技术的进步，如物联网、大数据分析和人

工智能的融入，未来的预警系统将更加精准、高效，为防灾减灾工作提供更有力的科技支撑。

7 滑坡灾害案例分析

2010年，位于四川省的舟曲县遭受了一场严重的特大山洪泥石流灾害，其中包含了大规模的滑坡现象。这次灾害造成超过1200人死亡，2000多人失踪。舟曲县地处青藏高原东部边缘，复杂的地质构造和强烈的降雨是导致灾害的重要因素。灾后的调查发现，不合理的土地利用、山区的过度开发以及缺乏有效的预警系统是加剧灾害影响的重要原因。此次事件引发了对山区开发与环境保护之间平衡的深度思考，并促进了我国滑坡灾害防治政策的改进。

该案例揭示了预警系统和灾后恢复工作的重要性。舟曲事件后，中国加强了预警系统的建设和灾害应对机制。这些经验为全国的滑坡灾害防控提供了宝贵的教训，强调了预防优于治疗，科学规划和可持续发展的重要性。

8 结论与展望

8.1 研究总结与主要发现

本研究深入探讨了水文地质环境在滑坡灾害预测与防控中的关键作用。通过对大量滑坡案例的分析，我们发现水文地质条件，包括土壤类型、地下水位、降雨量等，是触发和影响滑坡发生的重要因素。采用现代遥感技术、GIS（地理信息系统）和机器学习算法，滑坡预测的精度得到了显著提升。通过实施工程和非工程防控措施，我们能够有效地减少滑坡灾害的风险。

在预测方面，集成数据驱动模型如随机森林、支持向量机和深度学习模型，展示了对滑坡潜在区域的高精度识别能力。这些方法不仅能够提供早期预警，还能对灾后评估和恢复规划提供依据。在防控策略上，我们强调了地质勘查、土地管理政策、公众教育和应急预案的综合运用，这些都对滑坡灾害的防控起到了重要作用。

8.2 滑坡灾害预测与防控策略的未来发展方向

未来的研究应更加关注气候变化对水文地质环境的影响，以及这种变化如何进一步影响滑坡灾害的发生。随着全球气候变暖，极端降雨事件的频率和强度可能会增加，对滑坡灾害的预测提出了新的挑战。因此，发展适应气候变化的滑坡预测模型和预警系统将是未来的关键研究领域。

参考文献

- [1] 熊晋.基于地表倾斜变形的滑坡灾害监测预警技术的应用研究[D].北京:中国铁道科学研究院,2013.
- [2] 石润.滑坡灾害风险快速评估方法及应用研究[D].重庆:重庆科技学院,2021.
- [3] 张江伟,李小军,迟明杰,等.滑坡灾害的成因机制及其特征分析[J].自然灾害学报,2015(6).