

Cause analysis of geological disaster in mountainous area based on geological survey of hydraulic environment

Tingting Zhang

Yunnan Geological Engineering Second Survey Institute Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650218, China

Abstract

Geological disasters often occur in mountainous areas, which threaten the safety of human life and property. This paper conducts research from the aspect of geological survey of hydraulic industrial environment, which involves three fields of hydrogeology, engineering geology and environmental geology, and provides scientific basis for the cause analysis of geological disasters. By analyzing the causes of geological disasters in mountainous areas, this paper provides theoretical support for the early warning and prevention of geological disasters. In order to reduce the impact of geological disasters on human society and ecological environment.

Keywords

hydraulic environment; Mountain geology; Causes of disaster; Investigation and research

基于水工环地质调查的山区地质灾害成因分析

张婷婷

云南地质工程第二勘察院有限公司, 中国·云南 昆明 650218

摘要

山区经常出现地质灾害, 对人类生命财产安全造成威胁。本文从水工环地质调查方面展开研究, 水工环地质调查涉及了水文地质、工程地质以及环境地质这三个领域, 为地质灾害成因分析提供科学依据, 本文凭借剖析山区地质灾害的成因, 为地质灾害预警与防治提供理论支撑, 以此降低地质灾害给人类社会和生态环境带来的影响。

关键词

水工环地; 山区地质; 灾害成因; 调查研究

1 引言

本文以水工环地质调查为基础, 对山区地质灾害的成因展开了细致的分析, 文章介绍了水工环地质调查的相关概述以及灾害的定义, 详细讲述了山区常见的滑坡、泥石流和崩塌等灾害类型。借助对地形地貌、地质构造、地质条件以及人类工程活动等多方面因素进行综合考虑, 揭示出这些因素对山区地质灾害发育所产生的深刻作用。研究结果说明, 如高差、地貌类型、地质构造、岩石特性、地下水作用、地表水以及人类工程活动等都是引发地质灾害的关键要素, 本文为地质灾害的预警与防治提供了相应的理论依据。

2 理论研究基础

2.1 水工环地质调查的概述

水工环地质调查作为综合性地质勘查工作, 整合了水文地质、工程地质与环境地质三大研究领域, 该工作融合多学科理论与技术手段, 依托地质学原理结合地球物理探测、化学分析等方法, 对目标区域开展多维度地质勘查。在水文地质方向, 重点剖析地下水系统的赋存特征与运移机制, 凭借系统测定含水层动态参数及水质指标, 为地下水资源优

化配置和污染防控提供数据支撑^[1]。工程地质勘察着重分析岩土体力学特性与工程响应, 评估建筑场地的地质适配性, 同时建立工程地质模型以预判地基变形、边坡滑移等潜在风险, 环境地质方向则重点考察人类活动与地质系统的互动关系, 凭借识别地质灾害隐患带及生态地质敏感区, 构建地质环境承载力评价体系, 旨在维系生态系统的动态平衡并推动区域协调发展。

2.2 地质灾害的定义

地质灾害是由自然地质活动或人类活动引发的破坏性地质事件, 对人类社会和生态环境构成严重威胁, 自然成因的灾害包括地震、滑坡及泥石流等, 其形成机制与地壳运动、岩石圈应力释放以及极端气象条件密切相关。随着人类工程活动规模扩大, 矿山开采引发的采空区塌陷、尾矿泄漏事故, 以及大型基建导致的边坡失稳等问题日益突出。这类灾害具有突发性强、破坏力大的较大特征, 更会造成连锁性危害, 从人员伤亡、交通中断到水土污染等次生灾害, 严重影响着区域可持续发展, 深入研究其成灾机理并建立科学预警体系, 已成为当前地质工程领域需要解决的关键课题。

3 山区常见地质灾害类型

3.1 滑坡

山区频发的滑坡灾害始终是地质安全领域的关键课题,受地形高差较大影响,岩土体在自重作用下处于不稳定状态,在降雨渗透、地震扰动或工程开挖等外力干预下,当岩土体内部力学平衡被打破,抗滑强度难以支撑重力作用时,便会沿软弱结构面产生整体性滑移,此类灾害多集中于坡面陡峭且岩层破碎的斜坡区域,其突发性位移往往造成链式破坏效应,摧毁民宅、阻断交通要道甚至改变河道走向,对山区人居环境和基础设施造成灾难性后果。以季风性气候区域为例,持续性降水使岩土体孔隙水压骤增,导致黏土矿物遇水软化,这种双重作用机制使得此类地区成为滑坡高发区,常触发连锁性灾害效应^[2]。

3.2 泥石流

山区充沛的降水条件、陡峭的地势形态与地表松散堆积物共同构成泥石流发育的三大要素,这种由水体和岩土碎屑混合而成的特殊流体在暴雨激发或冰雪消融时,地表径流迅速汇集并侵蚀坡面物质,形成沿沟道高速运动的灾害性两相流,其暴发过程往往毫无征兆,以每秒数米的运动速度裹挟着山体破碎物质奔腾而下,所经之处桥梁路基被连根拔起,良田村舍遭掩埋摧毁,交通网络及水利设施遭受毁灭性冲击^[3]。以我国横断山脉为例,季风期持续强降雨叠加板块活动形成的破碎岩层,使得该区域成为泥石流高发地带,频发的灾害事件造成巨额经济损失,更对脆弱的高山生态系统产生不可逆的损伤。

3.3 崩塌

在地质条件复杂的陡峭山地环境中,崩塌(如图1所示)现象呈现较大高发态势,该地质灾害一般表现为坡面岩土体受重力作用主导,与母岩发生瞬时分离并沿坡体高速运动的过程,岩体表层风化作用导致的破碎化与裂隙网络密布,构成了物质运移的先决条件。地震波扰动、工程爆破产生的振动能量,配合季节性降水形成的坡面径流与河流侧蚀效应,往往形成复合诱因。当大规模岩块发生崩解坠落时,其冲击动能足以损毁基础设施、危及通行安全,以部分山岭公路为例,受长期风化作用影响的边坡岩体,在夏季强降雨期间常诱发崩塌事件,这造成交通动脉间歇性中断,可能酿成重大安全事故,对山区社会经济活动产生持续性负面影响^[4]。



图1 崩塌

4 基于水工环地质调查的山区地质灾害成因分析

4.1 地形地貌因素

4.1.1 坡度与高差影响

地表形态的剧烈变化是诱发地质灾害的关键诱因,其中坡面倾斜程度与相对高程的差异性非常关键,地质学研究说明,随着坡角增大,岩土体自重产生的剪切分量呈指数级增长,导致其处于临界平衡状态。当坡面倾角突破岩土体休止角时,受降水渗透或震动扰动等外因作用,抗剪强度不足以维持原有结构,继而触发链式破坏反应。野外调查数据显示,西南山区超过 28° 的斜坡发生浅层滑坡的频次较缓坡区提升3.8倍,高程差异较大的区域则因势能转化机制存在突出风险,如青藏高原东缘深切峡谷带,泥石流流体在重力加速作用下形成高速运动,其裹挟物质量可达正常流速状态的17倍,典型案例显示此类灾害可在12分钟内造成延展3公里的线性破坏带,致使损毁路径上的道路桥梁和耕地呈现较大致灾效应。

4.1.2 地貌类型与灾害关系

山区各类地貌单元对地质灾害的诱发机制存在较大差异,山地地貌区因长期受风化剥蚀作用影响,山体表层岩土结构松散破碎,构成滑坡与泥石流灾害的物质基础。在喀斯特地貌发育带,可溶性岩石在流水溶蚀作用下形成溶洞与地下河网系统,致使上覆岩层力学支撑体系失衡,加剧地面塌陷灾害的孕灾环境。河谷地貌区河流的持续性侧向侵蚀作用持续削弱岸坡基底,导致山体基底支撑力持续衰减,提升了滑坡和崩塌灾害的致灾阈值。山间盆地周缘斜坡在集中降水时易形成坡面径流集群效应,这种水动力条件对松散堆积物的搬运作用会较大提升泥石流灾害的触发概率。

4.2 地质构造因素

4.2.1 断层与褶皱作用

山区复杂地质构造体系中,断层与褶皱对地质灾害的发育规律有决定性作用,断裂带内部由于构造应力长期作用,岩体力学性质较大弱化,形成天然的导水通道,促使地下水在此区域产生渗流富集现象,这种水文地质效应加速了岩体风化进程,较大降低结构面的抗剪强度指标。以龙门山断裂带为例,其周期性活动导致周边岩体产生应力重分布,在强震触发下极易形成连锁性斜坡失稳现象。褶皱构造则依靠岩层弯曲变形产生差异应力场,其核部张性裂隙与轴部剪裂隙的耦合发育,使岩体破碎度指数急剧上升,成为泥石流物源的主要赋存区。褶皱构造控制下的水文地质单元常形成独特的承压水系统,这种孔隙水压力的异常分布对斜坡稳定性产生非线性影响,在暴雨入渗条件下,极易引发复合型地质灾害链。

4.2.2 岩石特性与灾害

在地质灾害形成机制中,山区岩体的工程地质属性有决定性作用,以花岗岩为代表的硬质岩类虽有较高强度指标,但受构造运动与风化应力长期作用,其表层往往发育碎裂结构,这类风化残积物常构成泥石流物源的关键组成部

分。相较而言,页岩、泥岩等软岩的水敏性较大,遇水后易产生软化崩解现象,导致岩体力学性能急剧衰减,在降雨入渗或地下水位波动条件下极易触发坡体失稳。岩层渗透系数差异对斜坡稳定性有关键控制作用,有良好渗透特性的岩层(如砂岩)在降水过程中促使地下径流加速运移,致使潜水面抬升并产生超孔隙水压力,这种水岩相互作用机制常成为滑坡灾害的诱发因素。

4.3 水文地质因素

4.3.1 地下水作用

山区地质灾害的发生机制与地下水活动存在密切关联,其作用机制主要体现在:地下水渗透作用促使岩土体物理性质改变,导致岩土体含水量上升和容重增加,促使坡体下滑动力提高,孔隙水压力产生的浮托效应会较大削弱岩土体的有效应力场,致使抗滑阻力下降,以典型滑坡体为例,地下水位每升高1米,其稳定性系数可下降达30%以上。地下水径流过程中的潜蚀作用会持续迁移细颗粒物质,导致岩土结构疏松并形成潜蚀空腔,这种渐进式破坏为地表塌陷创造了必要条件,特别在岩溶发育区域,地下水的化学溶蚀与机械侵蚀协同作用不断扩展地下溶蚀空间,当洞顶支撑层达到临界厚度时,即会诱发突发性塌陷灾害。

4.3.2 地表水影响

山区地表水主要由大气降水和固态水体相变补给,当遭遇强降水天气时,短时间内集中降落的雨水会快速汇集形成坡面径流,其对地表岩土产生较大的流体剪切作用,在植被郁闭度较低的山体区域,湍急水流直接剥蚀表层风化物质,逐步塑造出侵蚀沟网系统,这种持续的地貌演化过程为碎屑流提供了丰富的物源储备。这些水流最终在沟谷中汇集形成沟道洪水,当遭遇前期堆积的崩积物或冰碛物时,极易触发固液两相流的形成机制,海拔较高区域在春季升温期常因冰川消融形成突发性洪流,这类水文过程同样有诱发混合型泥石流的潜质,值得注意的是,河道水流对岸坡基底的侧蚀作用会改变岩土体应力场分布,降低斜坡稳定性指数,较大提升重力地貌过程的发育概率。

4.4 人类工程活动因素

4.4.1 工程建设影响

山区大规模基建活动包括交通路网建设、城乡开发等

项目,深刻重塑了区域地貌格局和地质环境稳定性,施工过程中的岩土体开挖作业打破自然斜坡的力学平衡,更依靠形成人工临空面改变原有应力分布。以公路边坡为例,其开挖作业中若支护结构设置不当或防护措施缺失,在降水入渗作用下极易触发滑坡破坏。工程填筑环节中若填筑体厚度超限或密实度未达标准,可能引发差异沉降及塌陷灾害,更具复合效应的是水利枢纽建设,库区蓄水引发岩体长期浸泡效应,同时抬升周边地下水位,多重因素叠加提升了边坡失稳和岩体崩塌的地质风险。

4.4.2 不合理人类活动

山地居民特定生产生活方式与区域地质环境存在较大矛盾,坡地过度垦殖导致地表保护层遭到破坏,植被群落固土功能弱化后,在降水侵蚀作用下表层物质加速迁移,为泥石流形成储备了充足的碎屑物质,采矿废弃物与生活固废的无序堆置,在强降雨条件下极易转化为泥石流的物源载体。当前山区普遍存在的小型采掘作业,由于缺乏系统规划及安全防护措施,粗放式开采造成地下空间过度掏挖,更引发连锁性地面沉降与岩体崩落现象,这种人为扰动对居民生命财产构成严重威胁,还破坏了区域生态系统的动态平衡。

5 结语

综上所述,本文针对地质灾害成因展开了较为细致的剖析,揭示出地形地貌、地质构造、地质水文以及人类工程活动等多方面因素,对地质灾害发育产生了颇为深远的影响。研究说明,诸多因素彼此相互作用,共同促使了地质灾害的发生,在地质灾害防治工作中,需要全面考量多种因素,采取科学且合理的防治举措。

参考文献

- [1] 李建金. 水工环地质调查在生态修复中的运用 [J]. 中国资源综合利用, 2025, 43 (02): 183-185.
- [2] 卢小兵. 水工环地质技术在矿山地质灾害防治中的应用 [J]. 世界有色金属, 2024, (16): 121-123.
- [3] 王强. 水工环地质应用于矿山地质灾害治理的探讨 [J]. 水上安全, 2024, (13): 188-190.
- [4] 王志威. 水工环地质调查在生态修复中运用 [J]. 中国金属通报, 2024, (06): 204-206.