

西南山区强降雨诱发滑坡的多因素致灾机理

杜 皓

重庆市地质矿产勘查开发局607地质队 重庆 400054

摘 要:西南山区由于地形起伏剧烈、土体结构松散,加之夏季强降雨频繁,滑坡灾害频发。本文结合典型滑坡案例和实地调查资料,探讨强降雨条件下滑坡发生的主要诱因与相互关系。分析表明,短时强降雨可迅速增加地表径流,削弱边坡稳定性,而持续降雨则通过提高地下水位和孔隙水压力,逐步引发滑坡。此外,地质构造、地表覆盖状况及人为活动也在不同程度上加剧滑坡风险。文章对多种滑坡诱发模式进行了分类,并提出了相应的预警思路和防治建议,为山区滑坡灾害防控提供了理论参考。

关键词:西南山区;滑坡;致灾机理

引言

西南地区山地广布,降雨集中且强度大,滑坡灾害时有发生,已成为影响区域安全和发展的重要自然因素。在近年极端降雨事件增多的背景下,强降雨诱发的滑坡问题愈发突出。已有研究多从降雨量、坡体结构等单一角度出发,分析滑坡触发机制,但面对复杂的山地环境,仅靠单因素判断往往难以准确预警。本研究通过案例分析与实地调研,尝试从多个角度揭示降雨与滑坡之间的内在联系,尤其关注地下水动态、土体变化及地表扰动等因素的综合作用,以期为山区滑坡灾害的识别与干预提供更具针对性的支持。

一、西南山区地质与气候特征

我来优化这段文字,减少机械感,使其更加自然流畅:西南山区地质与气候特征西南山区位于我国地质活动频繁地带,山高谷深、岩层破碎、断裂众多,是滑坡等地质灾害的频发区。这里地形起伏大,垂直高差明显,地表破碎,地质条件不稳,特别是雨季更容易出现各种险情。气候上看,西南多为亚热带湿润季风气候,雨水集中且强度大,汛期常有连续暴雨或强对流天气。这种“短时强、高频率”的降雨让坡面土体快速吸水变软,埋下滑坡隐患。地质构造方面,西南山区处于青藏高原东南边缘与扬子地块的过渡带,地壳运动活跃,构造线多呈东北和西北走向。这里的岩层主要是中生代和古生代沉积岩,如砂岩、页岩和灰岩等,因长期地壳运动而变形破碎。断裂带附近岩石更是破碎不堪,为滑坡提供了现成的物质基础。地貌上,西南山区以中低山为主,山体被沟谷切割得支离破碎。一般海拔在1000-3000米

间,有些地方相对高差能达到上千米。这种陡峭地形使重力效应特别明显,坡面天生就不太稳定。区内河网密布,水系发达,河流切割作用强,常见“V”形峡谷,谷坡陡峻,给滑坡创造了有利条件。坡面覆盖物分布复杂。高山区主要是岩石风化后的残留物,中低山则多为碎石和坡积物。这些松散物质厚薄不一,结构不稳,遇水就容易滑动。尤其在页岩分布区,风化层能厚达数米到十几米,形成众多潜在的滑坡体。气候上,西南山区年均雨量在800-1600毫米之间,但分布很不均匀。夏季雨量占全年的六七成,且经常有短时强降雨,一天下超过100毫米的大雨并不少见。这让土体含水量急剧上升,强度大幅下降。季节变化对滑坡影响明显。每年4-9月是西南的雨季,也是滑坡多发期。特别是干旱后的第一轮大雨,干裂的土地猛然吸水膨胀,更易引发滑坡。部分高海拔地区还有冻融循环,进一步加速了岩土风化破碎。此外,西南还是地震多发区,历史上多次发生强震。地震引起的震动不仅直接触发滑坡,还会在岩体中造成新裂缝,方便雨水渗入,增加了后期滑坡的可能性。

二、强降雨特征与滑坡关系

强降雨是西南山区滑坡灾害最直接、最常见的诱因。雨水通过裂隙、松散堆积物迅速渗入坡体,引起土壤孔隙水压力上升,导致抗剪强度下降。当降雨量达到一定阈值,坡体内部结构被破坏,极易发生滑动。

滑坡的发生与降雨类型密切相关。长时间的连续降雨更容易引发深层滑坡,而短时强降雨则多导致浅层滑坡、泥石流等快速型灾害。尤其在前期已有降雨“蓄水”的背景下,任何一次新的降水过程都可能成为“最后一击”。因此,监测降雨过程中的累计雨量与短时强度

变化,对于预判滑坡具有关键意义。

三、地质因素在滑坡形成中的作用

地质条件是滑坡发生的根本因素。西南山区不同的岩石组合造成边坡稳定性差异很大。比如页岩、粉砂岩这类软弱岩层容易风化,经雨水长期侵蚀后变得松散破碎,很容易形成滑坡。砂岩和泥岩的互层地带则常在雨水作用下形成滑动面,引发顺层滑坡。

地质构造也明显影响滑坡发生。断裂带附近的岩体往往破碎松散,给地下水提供了渗透通道,大大降低了坡体稳定性。这种地方一旦发生滑坡,规模通常很大,破坏力也强。

坡度是另一个重要因素。西南山区山高坡陡,重力作用明显。当坡度太大时,即使在干燥条件下,土体也可能因重力超过摩擦力而滑动。特别是那些坡度在25-40度之间、表层覆盖物较厚的区域,最容易发生滑坡。

水文条件在触发滑坡时起着决定性作用。西南地区雨季明显,暴雨多发,雨水渗入会增加土体重量,抬高水压,削弱边坡抵抗力。地下水活动同样危险,尤其是在不同岩层交界处或裂缝多的地方,水流会加速坡体失稳。常见的情况是连续下雨后地下水位上升,使原本稳定的斜坡突然滑动。

季节变化也与滑坡密切相关。雨季时大量降水直接威胁边坡安全;而在干旱过后的第一轮强降雨中,干裂的土地猛然吸水膨胀,往往引发大量滑坡。某些地区的冻融循环还会加剧岩土风化,埋下隐患。

历史滑坡区也是风险评估的重要指标。曾经滑过的地方,地形已被破坏,残留的滑动面可能在新条件下再次活动。这些区域通常地表不平、植被分布不均,是防灾工作必须重点关注的地方。

综合来看,西南山区的滑坡是多种地质因素共同作用的结果。只有深入了解这些基本条件,才能更好地评估风险,制定有效防治措施,保护山区居民安全和促进区域可持续发展。

四、地形地貌对滑坡的控制作用

地形地貌在滑坡形成中起着关键的引导作用。坡度是最直接的因素,一般来说坡度越大,滑坡越容易发生。西南山区的滑坡多集中在陡坡地带,特别是沟谷两侧和山间通道附近,这些地方雨水汇聚快,冲刷强,容易引发坡体不稳。

地貌类型也决定了滑坡的形式和规模。河谷切割深的地方往往出现大型复合滑坡,而台地边缘和残坡面上则多见浅层滑动。许多滑坡在空间上呈带状分布或群发

式出现,与地貌形态密切相关。

坡向也是个重要因素。北半球的南向坡接收阳光多,温差大,风化剧烈,容易发生表层滑坡。北向坡因水分蒸发慢,土壤含水量高,大雨后更易发生深层滑坡。

地形的起伏和切割程度直接影响滑坡发生的可能性。地形破碎、沟壑纵横的区域形成了大量向阳坡和背阳坡交替分布的格局,不同坡面的稳定性差异明显,成为滑坡多发区。尤其在山高谷深的峡谷地带,高差大,势能高,一旦发生滑坡,破坏力和影响范围更大。

河流流域特征对滑坡分布有显著影响。西南山区的大型滑坡常出现在主要河流干流沿岸及支流汇入口附近。这些地方因河流长期下切形成陡峭河谷边坡,成为高风险区。河流改道和岸边侵蚀也会使坡脚失去支撑,引发滑坡。

地貌的演变历史与现代滑坡活动息息相关。许多山区地貌本身就是古滑坡活动的产物,这些老滑坡遗迹往往是新滑坡的易发区。通过辨认这些特征,如马蹄形滑坡壁、堆积体舌状突起等,可以预测潜在风险区。

小地形变化是滑坡预警的重要线索。坡面上的裂缝、小鼓包、局部下沉等微小变化,常是滑坡即将发生的早期信号。在防灾减灾工作中,定期检查这些变化,能及时发现潜在危险。

五、植被与人类活动影响

植被对维持山体稳定至关重要,不仅关乎生态保护,还直接影响地质灾害的发生。从结构看,植物根系穿插土体,增强土壤抗剪强度,起到锚固作用,减少土体滑动。植被冠层还能拦截雨水,减缓雨滴冲刷力度,降低表层侵蚀,保护坡面稳定。

西南山区的植被破坏问题却很突出。随着开发活动增多,毁林开荒、过度放牧、乱砍滥伐屡见不鲜,导致大片山地植被退化,裸露区域明显增加。没有植被覆盖,地表失去保护,雨水直接冲刷土层迅速形成径流,不仅加剧侵蚀,还会快速提高坡体含水量,大大增加滑坡风险。

人类工程活动对边坡稳定的影响同样不容忽视。山区发展中修建公路、村镇和开采矿区往往需要大量削坡和土方工程,这些改变了原有坡体的受力状态和排水结构,破坏了自然平衡。一些缺乏科学评估的边坡开挖,常会形成不合理的陡坡,成为滑坡多发区。

更麻烦的是,人为干预往往与自然因素叠加放大风险。这些改变短期内可能看不出问题,但遇到强降雨或持续降雨时,处于临界状态的坡体容易因水分渗入和应力变化而失稳,引发滑坡。比如,山区有些道路修建切

坡后没做好排水,雨季就容易因积水形成滑动面。

总的来说,植被是坡体稳定的天然屏障,而不当的人为干预则是诱发滑坡的重要外因。在西南山区防治滑坡时,应结合生态修复和工程规范,既恢复保护植被,也科学规划建设项目,尽量减少对自然边坡的干扰,从根本上降低滑坡风险。

六、多因素耦合作用机理

滑坡的形成通常不是单一因素作用的结果,而是多个因素长期积累、耦合交织的产物。强降雨、地质构造、地形地貌、植被破坏与人类扰动在特定时空条件下相互叠加,形成复杂的致灾链条。

例如,在某些典型滑坡案例中,首先是长期风化形成了松散堆积层,其次是人为削坡扰动打破了边坡平衡,而强降雨则成为最终诱因。特别是在“前期累积雨量+局部极端降水+人类扰动”三重作用下,滑坡风险呈现明显非线性放大趋势。

七、滑坡致灾过程与特征

西南山区滑坡的致灾过程通常具有突发性强、移动速度快、波及范围广和次生灾害多等典型特征。这一地区地形复杂、降雨集中,加之坡体多为松散堆积物或风化软岩结构,一旦遭遇强降雨或长期积雨,就极易突破临界点,引发滑坡灾害。

在滑坡发生前,常出现一些地表异常征兆,如坡面局部鼓胀、裂缝不断扩展、地下渗水量增大,部分地区甚至出现树木倾斜、房屋墙体开裂等现象。这些前兆虽然具有一定的预警价值,但由于雨季滑坡来势凶猛,很多灾害是在夜间或暴雨期间突然发生,预警和响应时间非常短,群众避险的时间窗口极其有限。滑坡发生时,受重力驱动,坡体中的土石混合物沿着潜在滑动面迅速下滑,往往携带大量碎石、植被甚至建筑残骸,形成高速滑移或泥石流,对下方建筑物、交通干线和基础设施造成毁灭性破坏。在山地村落或河谷地区,这类滑坡极易堵塞沟渠和河流,形成堰塞湖,增加溃坝风险,进而诱发新的灾害链条。此外,滑坡灾害往往并非“一次性事件”。初次滑坡后,由于坡体结构尚未稳定,极有可能发生余滑、再滑,甚至形成滑坡群,给后续抢险救援与重建工作带来持续挑战。尤其在降雨持续时间较长的年份,某些滑坡点会多次复发,威胁长期存在。因此,滑坡的致灾过程不仅是地质与气象条件叠加的结果,更是一种复杂的动态演化过程,具有高度的不确定性和多阶段性。有效的监测预警体系、稳定性评估机制和灾后干预措施,必须长期同步开展,才能真正降低滑坡灾害的

致命性与破坏性。

八、滑坡灾害风险评估与防治

滑坡风险评估需要从空间分布、诱发条件、承灾体脆弱性等多个维度开展。当前技术手段中,遥感监测、三维地形建模、GIS空间分析等方法广泛用于危险区划定与风险预测。同时,基于历史灾害数据库的滑坡敏感性分析也有助于构建分区管理策略。

在防治措施方面,应以“预防为主、防治结合”为原则。工程治理包括修建抗滑桩、排水沟、护坡网等结构措施;而非工程手段如实时雨量监测、滑坡预警系统建设、群众应急演练等,则更侧重于提高整体应急能力和公众防范意识。此外,在山区开发中应严格规范用地行为,保护生态植被,减少人为扰动,以从源头降低滑坡风险。

结束语

西南山区作为我国地质灾害高发区域,其滑坡问题并非单一因素作用下的偶发性事件,而是多种自然与人为因素长期交织作用的结果。通过对强降雨与地质结构、地貌形态、植被覆盖、人类活动等关键要素的分析可以看出,滑坡形成具有明显的区域特征和时空耦合规律,尤其在极端气象背景下,灾害的突发性和破坏力显著增强。未来的滑坡防控工作应更加注重多要素协同的风险分析方法,强化雨量监测与地质信息的动态整合,完善预警系统建设。同时,也要推动生态恢复、土地合理利用等综合措施,从源头降低滑坡发生的可能性。唯有将工程手段与生态保护、技术监测与社区治理相结合,才能构建起更为稳定与韧性的山区环境。

参考文献

- [1]韩勇,郑粉莉,徐锡蒙,等.子午岭林区浅层滑坡侵蚀与植被的关系—以富县“7·21”特大暴雨为例[J].生态学报,2016,36(15):4635-4643.
- [2]洪苗苗,汪霞,赵云飞,等.浅层滑坡多发区典型植被恢复树种根系对土壤抗剪强度影响[J].山地学报,2018,36(1):107-115.
- [3]胡波.PSInSAR技术监测地表形变的研究[D].长沙:中南大学,2008.
- [4]黄发明.基于3S和人工智能的滑坡位移预测与易发性评价[D].武汉:中国地质大学(武汉),2017.
- [5]黄佳璇.基于PSInSAR蠕动型滑坡动态监测及区域稳定性分析[D].北京:北京科技大学,2018.