

Key points of debris flow disaster exploration in mountainous areas and optimization strategy of control engineering design

Lili He Fukang Yang*

Yunnan Geological Engineering Second Survey Institute Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650000, China

Abstract

Nowadays, the investigation and prevention of mudstone disasters in mountainous areas have become the focus. Debris flow disasters in mountainous areas are sudden and highly destructive, posing a serious threat to people's life and property safety and ecological environment. This paper analyzes the main points of debris flow disaster exploration in mountainous areas in detail, and elaborates the contents and methods of exploration from multiple dimensions such as geology, topography, hydrometeorology and human activities. In addition, optimization strategies of prevention and control engineering design are also discussed. It involves the key points of engineering design such as retaining dam, drainage channel and slope protection, as well as the innovative direction of ecological and information technology, so as to improve the level of debris flow disaster prevention and control, improve the ability of disaster prevention and reduction in mountain areas, and ensure the safety and stability of mountain areas.

Keywords

debris flow in mountainous area; Disaster exploration; Prevention and control works; Optimization strategy

山区泥石流灾害勘察要点与防治工程设计优化策略

何立黎 杨富康*

云南地质工程第二勘察院有限公司, 中国·云南 昆明 650000

摘要

如今, 针对山区泥石流灾害的勘察与防治已经成为重点。山区泥石流灾害有突发性和高破坏性的特点, 对人民生命财产安全以及生态环境构成严重威胁, 本文详细分析山区泥石流灾害勘察要点, 从地质、地形地貌、水文气象、人类活动等多个维度具体说明勘察内容与方法, 另外还探讨防治工程设计优化策略, 涉及拦挡坝、排导槽、护坡等工程设计要点, 以及生态化、信息化等创新方向, 以此提升泥石流灾害防治水平, 提高山区防灾减灾能力, 保障山区安全与稳定。

关键词

山区泥石流; 灾害勘察; 防治工程; 优化策略

1 引言

山区泥石流是饱含大量泥沙、石块等固体物质的特殊洪流, 常因暴雨、地震、融雪等激发, 具有强大的冲击力和破坏力。近年来, 随着全球气候变化加剧, 极端降雨事件愈发频繁, 加之人类工程活动在山区的不断拓展, 进一步破坏山体原有的稳定性, 导致泥石流灾害的发生频率和危害程度显著上升。泥石流一旦爆发, 裹挟着大量泥沙石块汹涌而下,

所到之处, 村庄被掩埋、道路被冲毁、桥梁被冲垮, 不仅严重损毁基础设施, 更无情地吞噬着人们的生命与财产, 给山区民众带来难以估量的损害。准确勘察泥石流灾害隐患, 科学优化防治工程设计, 对保障山区居民安全、促进区域可持续发展意义重大。

2 山区泥石流灾害概述

山区泥石流是一种在山区沟谷中, 由暴雨、冰雪融水等水源激发, 含有大量泥沙、石块等固体物质的特殊洪流。其形成通常需要具备丰富的松散固体物质、陡峭的地形地貌以及充足的水源这三大因素。地震、风化作用使岩石破碎, 为泥石流提供物质基础; 山区地势起伏大, 沟谷坡度陡, 利于泥石流快速启动与运动; 而强降雨、融雪等则是泥石流发生的直接诱因。泥石流具有突发性、流速快、流量大、破坏力强等特点, 常冲毁房屋、道路、桥梁, 堵塞河道, 掩埋农田, 造成人员伤亡和巨大经济损失, 严重影响山区的生态环境与

【作者简介】何立黎(1998-), 男, 中国云南腾冲人, 本科, 助理工程师, 从事水工环地质、岩土工程、地热地质研究。

【通讯作者】杨富康(1994-), 男, 苗族, 中国贵州雷山人, 本科, 助理工程师, 从事水工环地质、岩土工程、地热地质研究。

社会经济发展,是山区最为严重的地质灾害之一,对山区居民的生命财产安全构成极大威胁(图1)^[1]。



图1 山区泥石流灾害

3 山区泥石流灾害勘查要点

3.1 地质条件勘查

首先,地质构造是泥石流形成的重要基础,断裂、褶皱等构造不仅影响岩石的破碎程度,还控制着地形地貌的发育。断裂带附近岩石破碎,为泥石流提供丰富的固体物质来源。结合地质填图、地球物理勘探等方法,查明区域内地质构造的分布、走向和性质,分析其对泥石流形成的控制作用;岩石性质与泥石流的关系密切,坚硬岩石抗风化能力强,形成的碎屑物较少;而软弱岩石如页岩、泥岩等易风化破碎,是泥石流固体物质的主要来源。在勘查中,对不同岩石的分布、风化程度进行详细调查,测定岩石的物理力学性质,如抗压强度、抗剪强度等,为泥石流灾害评估提供依据;此外,松散堆积物的厚度、颗粒组成和稳定性是地质条件勘查的关键内容。在沟谷中,通过钻探、探槽等手段,获取松散堆积物的相关参数。一般来说,堆积物厚度越大、颗粒越细,在一定条件下越容易启动形成泥石流^[2]。

3.2 地形地貌勘查

首先,地形坡度是影响泥石流形成和运动的重要因素,在勘查中,利用地形图、遥感影像和实地测量等方法,绘制区域地形坡度图,分析坡度分布特征与泥石流易发区的关系;其次,沟谷形态对泥石流的形成和流动具有重要影响,沟谷的宽窄、弯曲程度、纵坡降等参数直接影响泥石流的流速、流量和冲击力。狭窄、弯曲的沟谷容易使泥石流能量集中,增加其破坏力;而纵坡降大的沟谷则有利于泥石流的快速启动和运动。实地勘查和地形测量,获取沟谷的形态参数,绘制沟谷纵剖面图和横断面图,分析沟谷形态对泥石流的影响^[3];第三,流域面积和高差与泥石流的规模密切相关,较大的流域面积汇集更多的水源和固体物质,形成规模较大的泥石流;而流域高差大则为泥石流提供强大的势能。在勘查

中,准确界定泥石流流域范围,测量流域面积和高差,结合其他因素评估泥石流的潜在规模和危害程度。

3.3 水文气象勘查

一是降水是泥石流发生的主要激发因素之一。勘查时,收集区域内长期的降水资料,包括年降水量、月降水量、暴雨强度和历时等。分析降水的时空分布特征,确定暴雨中心和降水高值区,研究降水与泥石流发生的相关性;二是河流流量和水位变化对泥石流的形成和发展有重要影响。在泥石流沟谷与河流交汇地段,河流的顶托作用可能导致泥石流堵塞河道,形成堰塞湖,进而引发更大的灾害。结合水文站监测数据和实地调查,掌握河流流量和水位的变化规律,分析其对泥石流灾害的影响;三是气温变化,特别是在高海拔山区,融雪径流是泥石流的重要水源之一。勘查时,了解区域内气温的季节变化和年际变化,分析积雪厚度、消融时间和融雪径流过程,评估融雪型泥石流的发生风险^[4]。

3.4 人类活动勘查

一方面,山区的道路建设、露天采矿、工程开挖等活动,破坏了山体的稳定性,产生大量的松散堆积物,为泥石流的形成提供了物质条件。如在山区道路建设中,由于施工过程中随意弃渣,在暴雨作用下,弃渣启动形成泥石流,冲毁了下游的村庄。在勘查中,详细调查各类工程活动的分布、规模和施工方式,分析其对泥石流灾害的影响;另一方面,不合理的土地利用方式,如陡坡开垦、过度放牧等,破坏地表植被,降低土壤的抗侵蚀能力,加剧水土流失,增加了泥石流发生的可能性。结合土地利用现状调查和遥感监测,分析土地利用方式与泥石流灾害的关系,提出合理的土地利用调整建议;此外,山区人口分布和经济发展状况,决定泥石流灾害可能造成的损失程度。在勘查中,了解区域内人口密度、居民点分布、重要基础设施位置等信息,评估泥石流灾害对不同区域的威胁程度,为防治工程设计和灾害风险管理提供依据^[5]。

4 山区泥石流灾害防治工程设计优化策略

4.1 拦挡坝设计优化

拦挡坝的坝高、坝型和坝体结构影响其拦挡效果和稳定性,在坝高设计方面,应综合考虑泥石流的规模、固体物质含量、沟谷地形等因素。结合水文计算和模型模拟,确定合理的坝高,既要保证能够有效拦挡泥石流,又要避免坝体过高增加工程成本和安全风险。在泥石流沟拦挡坝设计中,对泥石流参数的详细分析,采用优化后的坝高设计,使拦挡坝在有效拦挡泥石流的同时,节省工程投资;在坝型选择上,应根据地质条件、泥石流特征和工程要求等因素综合确定。常见的坝型有重力坝、格栅坝、桩林坝等。重力坝适用于地质条件较好、泥石流规模较大的沟谷;格栅坝对粗大颗粒的泥石流拦挡效果较好,且具有透水性,可减少坝前淤积;桩林坝则适用于泥石流规模较小、沟谷狭窄的地段;坝体结

构设计应注重增强坝体的稳定性和耐久性。采用合理的基础形式,如扩大基础、桩基础等,确保坝体在泥石流冲击下不发生滑移和倾覆。同时,加强坝体的防渗和排水设计,防止坝体因渗透破坏而失效。在坝体上游面设置防渗面板,在坝体内设置排水孔,可有效降低坝体的扬压力,提高坝体的稳定性。

4.2 排导槽设计优化

排导槽的平面布置,应根据泥石流沟谷的地形、流向和周边环境等因素合理确定。避免排导槽出现急转弯和陡坡,减少泥石流在流动过程中的能量损失和对槽体的冲击。在排导槽的起点和终点,应与沟谷自然地形和其他防治工程设施良好衔接,确保泥石流能够顺利导入安全区域;同时,排导槽的断面尺寸应根据泥石流的流量、流速和固体物质含量等参数计算确定。确保排导槽具有足够的过水能力和抗冲刷能力,防止泥石流溢出槽外。在计算断面尺寸时,应考虑一定的安全系数,以应对可能出现的极端情况。在泥石流沟排导槽设计中,精确的水力计算,合理加大排导槽的断面尺寸,有利于提高排导槽的安全性和可靠性;排导槽的材料选择和结构设计,对其使用寿命和抗冲刷能力至关重要。常用的排导槽材料有混凝土、浆砌石等。混凝土排导槽具有强度高、抗冲刷性能好的优点,但造价相对较高;浆砌石排导槽造价较低,但抗冲刷能力相对较弱。在结构设计上,可采用增加槽体厚度、设置肋板等措施,提高排导槽的抗冲刷能力。

4.3 护坡工程设计优化

在泥石流沟谷的边坡防护中,应根据边坡的高度、坡度、岩土性质等因素选择合适的护坡形式。常见的护坡形式有挡土墙、格构护坡、喷锚支护等。挡土墙适用于高度较低、坡度较陡的边坡;格构护坡可与植被相结合,既起到防护作用,又能美化环境;喷锚支护则适用于岩土体较为破碎的边坡;护坡工程的结构设计应注重增强其稳定性和抗滑能力。合理确定挡土墙的墙高、墙背坡度和基础埋深,确保挡土墙在土体压力和泥石流冲击下不发生破坏。对于格构护坡和喷锚支护,应根据边坡的力学性质和破坏模式,设计合理的格构间距、锚杆长度和锚固力等参数;此外,在护坡工程设计中,应充分考虑植被的防护作用。植被可以减少坡面径流、降低土壤侵蚀、增强土体的抗剪强度。选择适合当地生长的植物品种,采用乔、灌、草相结合的种植方式,构建多层次的植被防护体系。不仅提高边坡的稳定性,还改善生态环境。

4.4 防治工程的生态化与信息化设计

传统的泥石流防治工程注重工程的安全性和实用性,而忽视对生态环境的影响。在生态化设计方面,应尽量采用生态友好型材料和施工工艺,减少工程建设对周边生态环境

的破坏。在拦挡坝和排导槽的建设中,采用可透水性材料,有利于地下水的循环和生态系统的自我修复;在护坡工程中,增加植被覆盖面积,提高生态系统的稳定性;同时,将生态系统的理念融入防治工程设计中,构建具有生态功能的防治体系。在泥石流沟谷中设置湿地、生态缓冲带等,不仅可以调节水流、净化水质,还能为生物提供栖息地,促进生态系统的平衡和稳定;此外,利用现代信息技术,如物联网、传感器、卫星遥感等,实现对泥石流灾害的实时监测和预警。在防治工程设施上安装各类传感器,实时监测泥石流的流量、流速、水位、土体位移等参数,通过无线传输技术将数据传输到监测中心。一旦监测数据超过预警阈值,系统自动发出预警信号,为居民撤离和抢险救灾提供时间;最后,建立泥石流灾害防治工程管理信息系统,对防治工程的设计、施工、运行和维护等信息进行统一管理。促进信息化管理,实现对防治工程的动态评估和优化决策,提高工程管理效率和科学性。利用地理信息系统(GIS)技术,对防治工程的空间分布和运行状态进行可视化展示和分析,为工程管理和决策提供直观依据。

5 结论

山区泥石流灾害勘察是防治工程设计的基础,对地质、地形地貌、水文气象和人类活动等多方面的详细勘察,能准确识别泥石流灾害隐患,为防治工程设计提供科学依据。在防治工程设计中,从拦挡坝、排导槽、护坡等工程的优化设计入手,结合生态化和信息化设计理念,不断提升防治工程的科学性、有效性和可持续性。未来,随着科技的不断进步和研究的深入,山区泥石流灾害勘察和防治工程设计将更加精准、高效,为山区的防灾减灾和可持续发展提供更加有力的保障。在实际工作中,应加强多学科交叉融合,综合运用地质、地理、水利、生态等学科知识,不断完善泥石流灾害勘察与防治技术体系。应对山区泥石流灾害的威胁。

参考文献

- [1] 陈小军,王笑然. 勘察成果中提供的崩滑流灾害防治工程关键岩土指标浅析[J]. 甘肃科技,2023,39(10):52-55.
- [2] 周莉. 泥石流地质灾害治理工程施工[J]. 冶金与材料,2023,43(5):79-81.
- [3] 石楠. 浅析滑坡地质灾害勘察与治理设计[J]. 建筑设计与研究,2022,3(8).
- [4] 张玉萌,倪振强. 某山沟泥石流形成分析及治理[J]. 新疆有色金属,2021,44(2):41-42.
- [5] 白耀丹. 矿山典型地质灾害的发育分布规律研究[J]. 世界有色金属,2021(22):116-117.