

公路滑坡工程地质勘察及治理措施

刘彩芳

宁夏凯珠机械化工程有限公司, 宁夏 银川 750000

[摘要]公路滑坡作为一种常见的地质灾害,已成为影响山区及坡度较大地区公路建设和交通安全的重要因素。近年来,随着气候变化和人为活动的影响,滑坡的发生频率逐渐增加,给公路的安全运行和周边环境带来了严峻挑战。滑坡的发生不仅导致道路中断、工程损毁,还可能引发重大人员伤亡和财产损失。当前,公路滑坡防治仍面临多方面的技术挑战,尤其是在滑坡成因的复杂性和防治措施的多样性方面。地质勘察作为滑坡防治的重要基础,已被广泛应用于识别滑坡风险区域并预测潜在灾害;然而,随着地质条件的复杂化,传统的勘察技术和防治措施有时难以满足日益增长的需求。为此,越来越多的新技术、新方法被引入滑坡勘察与治理中,如遥感监测、物探技术、抗滑桩加固等,以提高防治效果和应急响应能力。文中将结合当前公路滑坡的现状,探讨滑坡的地质勘察与治理措施,并提出相应的技术优化和创新路径。

[关键词]公路滑坡;地质勘察;治理措施

DOI: 10.33142/aem.v6i12.14860

中图分类号: U418.55

文献标识码: A

Geological Survey and Control Measures for Highway Landslide Engineering

LIU Caifang

Ningxia Kaizhu Mechanization Engineering Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750000, China

Abstract: Highway landslides, as a common geological hazard, have become an important factor affecting highway construction and traffic safety in mountainous and steep areas. In recent years, with the impact of climate change and human activities, the frequency of landslides has gradually increased, posing serious challenges to the safe operation of highways and the surrounding environment. The occurrence of landslides not only causes road interruptions and engineering damage, but may also lead to significant casualties and property losses. Currently, the prevention and control of highway landslides still face various technical challenges, especially in terms of the complexity of landslide causes and the diversity of prevention and control measures. Geological exploration, as an important foundation for landslide prevention and control, has been widely used to identify landslide risk areas and predict potential disasters; However, with the increasing complexity of geological conditions, traditional survey techniques and prevention measures are sometimes unable to meet the growing demand. Therefore, more and more new technologies and methods are being introduced into landslide investigation and treatment, such as remote sensing monitoring, geophysical exploration technology, anti slip pile reinforcement, etc., to improve prevention and control effectiveness and emergency response capabilities. In this article, based on the current situation of highway landslides, geological exploration and control measures for landslides will be discussed, and corresponding technical optimization and innovation paths will be proposed.

Keywords: highway landslide; geological survey; control measures

引言

公路滑坡是一种常见的地质灾害,尤其在山区及坡度较大的地区频繁发生,给道路安全和交通畅通带来严重威胁。道路损毁、交通中断,甚至重大财产损失及人员伤亡,滑坡现象不仅会引发,且对社会经济造成深远影响。滑坡的发生与复杂的地质结构、降水、地下水流动、气候变化等因素密切相关。防治滑坡的任务不仅需要面对复杂的地质勘察工作,还必须采用科学且有效的治理手段。作为滑坡防治的关键,地质勘察为潜在滑坡风险区域的识别提供了基础,揭示了滑坡的成因及其发生机制,为后续防治措施的设计与实施奠定了数据支持。治理措施涉及多个方面内容,如加固工程、排水系统的设置以及植被恢复等,这些手段能够有效降低滑坡灾害的发生率,增强公路的稳定

性和安全性。本文旨在详细分析公路滑坡的地质勘察方法与治理措施,提供理论依据与实践指导,为公路建设与维护工作提供支持,确保道路工程的长期安全运行及可持续发展,最大限度地减少滑坡灾害的影响。

1 公路滑坡防治原则

公路滑坡防治应遵循“以防为主、防治结合、综合治理”的核心原则,通过科学规划与合理设计,有效降低滑坡发生的风险。防治措施的制定应依赖于详尽的地质勘察,全面掌握滑坡的成因、类型、规模及潜在影响,以确保防治方案具有针对性。优先应采取预防性措施,如优化排水系统、保护植被覆盖以及限制地表水渗透,从而提升边坡的稳定性。在治理过程中,结构性工程措施与生态修复手段应综合运用,例如挡土墙、排水沟、抗滑桩等,同时边

坡绿化与植被恢复的长期维护应得到重视。治理的实施,应综合考虑经济性与可持续性,尽量减少对自然环境的干扰,以确保治理效果的安全性、稳定性及持久性。此外,滑坡风险监测与预警体系建设应加强,防治工作的科学性与信息化水平得以提升。

2 公路滑坡产生原因

公路滑坡的发生通常由自然因素与人为活动的交织作用引发。在自然因素方面,地质条件被认为是滑坡产生的根本原因,软弱的岩层、断层破碎带及含水层的分布会削弱边坡的整体稳定性。地形地貌的复杂性进一步提升了滑坡发生的风险,陡峭的坡度与不均匀的地貌形态更容易导致滑动面的形成。气候因素同样至关重要,尤其是在降雨量较大的地区,持续降雨或强降雨引发的地表水渗透,增加了岩土体的重力负荷及孔隙水压力,从而使边坡失稳。此外,冻融循环与地震活动也会破坏边坡结构,加剧滑坡的发生^[1]。在人为因素方面,不合理的开挖与填方施工会改变原有的地质环境,削弱边坡的抗剪强度,过度的排水或灌溉则可能加剧地下水位波动,进一步降低岩土体的稳定性。特别是在工程规划与设计阶段,若未充分考虑地质环境的适应性,滑坡现象在施工过程中可能会被引发或加剧。

3 公路滑坡地质勘察

3.1 地质勘察内容

公路滑坡地质勘察内容涵盖了滑坡体的基本信息、区域地质条件、地质结构特征及滑坡体的物理力学性质等多个方面。勘察的首要任务是对滑坡体的几何形态进行详细调查,包括滑坡的规模、边界、滑动方向以及滑动面的深度与形态,同时对滑坡地形特征及空间分布进行测绘。区域地质条件是勘察工作的核心,需重点掌握滑坡发生地区的地质构造特征,如断层、褶皱以及软弱夹层的分布情况。滑坡体及其滑床的物质组成也应通过取样分析来确定,包括颗粒分布、含水量、黏聚力及内摩擦角等物理力学性质指标。水文地质条件的调查亦至关重要,地下水的类型、流向及变化规律需被详细分析,特别是地下水位变化对滑坡稳定性的影响。滑坡的历史活动性及变形特征应通过现场观测与相关数据相结合进行评估,裂缝、地表下沉及滑移痕迹等应引起关注,从而揭示滑坡的成因,并预测其未来可能的演变趋势。

3.2 物探技术地质勘察

物探技术在公路滑坡地质勘察中扮演着至关重要的角色。作为一种无损检测方法,它能够有效探测滑坡体内部的构造特征、滑动面的位置以及地下水的分布情况,为滑坡稳定性分析与治理提供科学依据。常用的物探方法包括地震勘探、电法勘探、地质雷达及微动勘探等多种技术。地震勘探通过人工震源或自然震源发射地震波,分析地震波在不同介质中的传播特性及速度变化,从而能够识别滑坡体内的滑动面、软弱层及滑床的空间分布情况。电法勘探则依据地下岩土体的电阻率差异,精确定位地下水的分

布、滑坡体内的裂隙及潜在滑动面的位置。地质雷达利用高频电磁波探测技术,能够在较短时间内高分辨率地揭示浅层滑坡体的内部结构,特别是在裂隙、空洞及滑动面形态的识别上,展现出其独特的优势。微动勘探通过记录地表自然振动信号,分析其频率特性,能够评估滑坡体的厚度及不同岩土体的动力特性^[2]。物探技术的具体选择应依据滑坡体的规模、深度及地质条件综合考虑,应用多种方法时,勘察精度与准确性能够显著提高。

3.3 钻探技术地质勘察

钻探技术是公路滑坡地质勘察中最为直接和精确的手段。通过在滑坡区域进行钻孔取样,地下岩土层的详细信息得以获取,从而为滑坡的稳定性分析与治理提供重要依据。钻探的主要任务是探明滑坡体的滑动面深度、滑体厚度、滑床特性以及岩土的物理力学性质。在钻探过程中,不同深度的地层需被精确记录,滑坡体的物质组成、滑动面的具体位置及其性质需详细描述,尤其是泥化、软夹层或断层等情况的存在。滑坡体的力学性质,如剪切强度、密度及含水量等,通常通过结合现场实验与实验室试验的方法进行分析。此外,地下水分布的观测也可通过钻探来实现,孔隙水压力计等监测设备应被设置,实时记录地下水位的变化,从而评估水分对滑坡稳定性的潜在影响。为了提高勘察的准确性与效率,钻探技术通常与物探、原位测试等手段相结合,通过综合分析滑坡体的三维结构特征、地质条件以及活动状态,滑坡的形成机制与潜在失稳风险得以明确。

4 公路滑坡治理措施

4.1 护坡、排截水、支挡

公路滑坡治理采取的综合措施,如护坡、排水、截水及支挡,旨在通过多种技术手段提高滑坡区域的稳定性,防止滑坡体发生进一步滑动或新滑坡的形成。针对滑坡的不同成因及具体情况,这些措施相辅相成,实施综合治理。通过加固滑坡体表面,护坡减少水土流失及外界自然因素的侵蚀。常用技术包括喷射混凝土、砌石护坡、钢筋网加固及植被覆盖等。这些方法不仅增强坡面与土体的粘结力,还提高坡面的抗滑能力,有效防止暴雨等天气因素导致的侵蚀与崩塌。此外,坡面稳定性不仅依赖于植被覆盖,植物根系通过加固土体,改善土壤的抗剪强度。排水措施的主要目标是降低滑坡体内的地下水位,避免水分在滑坡体内部积聚,从而减少水压对稳定性的负面影响。常见的排水方法包括设置排水孔、排水管、渗水管及排水沟等,这些设施能够有效地排除积水,减轻水分对滑坡体的持续作用,防止水流积聚进一步加剧滑坡。截水措施旨在引导上游水流,避免水流直接冲刷滑坡区域,减少水流对坡面的侵蚀。截水结构包括截水沟、挡水墙及排水坝等,通过这些结构,水流能够有效地引导或截留,减少其对滑坡体的冲击与压力,抑制水流的侵蚀作用。支挡措施通过构建挡土墙、抗滑桩等加固性结构,提升坡体的稳定性,防止土

体继续滑动。通过支撑坡面土体,挡土墙分散滑坡体的重力,减轻滑坡对公路的威胁;通过提高土体的抗滑能力,抗滑桩进一步增强滑坡区域的稳定性。

4.2 设置排水口

在公路滑坡治理中,排水口的设置是一项关键技术,其主要目的是有效地排除滑坡体及其周围土体中的地下水,减少水分在滑坡体内的积聚及水压力对其稳定性的影响,从而防止滑坡的发生或进一步发展。排水口的设计应根据滑坡体的特性、地下水的分布以及滑坡的成因进行科学规划。通常,排水口应布置在滑坡体的上下部,通过合理的布局,将内部及表面的水引导至安全区域,避免水流在滑坡体内滞留过久,进而引起土体不稳定或滑动。通过钻孔、安装渗水管、排水孔或透水管等方式,排水口的设置通常得以实现,这些设施能够有效引导水流离开滑坡体,降低水位及孔隙水压力,从而减少水对滑坡体稳定性的负面作用。设计排水口时,坡体的渗透性及水流的流动性必须被考虑,确保排水口的数量、尺寸及分布能够有效排水,避免水流集中排放而引发新的滑坡或土壤侵蚀问题。尤其是在多雨季节,水分积聚的风险增加,可能加剧滑坡的发生,因此,排水口的功能需要定期检查与维护,以确保其排水效果良好^[3]。滑坡治理过程中,排水口不仅有助于提升滑坡区域的稳定性,还能有效预防由水土流失引起的环境问题,其重要性不可或缺。

4.3 设置抗滑桩

在公路滑坡治理中,抗滑桩的设置作为一种有效的加固措施,旨在提升滑坡区域的稳定性,防止滑坡体的进一步滑动。通过在滑坡体内部或周围搭设深桩,抗滑桩利用桩体的承载力与抗滑力,将滑坡体的滑动力传递至更深、更稳定的土层,从而提供支撑并加固滑坡体。抗滑桩一般采用钢筋混凝土或预应力混凝土材料,设计时需要根据滑坡的具体情况与土壤条件确定合适的桩型、桩长及桩间距。桩体的设置需依据滑坡体的几何形态、滑动面深度、滑坡体重量以及土体的力学性质进行精确计算,确保桩体能够有效承受滑坡体的作用力,并与周围土体紧密结合,形成稳定的支撑结构。抗滑桩通常布置于滑坡体的滑动面下方或侧面,通过摩擦力与抗弯力,桩体显著增强土体的稳定性,防止滑坡体因外部荷载或自然因素继续滑动。此外,滑坡的动态变化还需考虑在抗滑桩的设计中,确保其能够适应未来可能出现的地质或气候变化。在施工过程中,施工质量必须严格控制,确保桩体的垂直度、深度及与土体的接触情况,以避免施工不当导致桩体失效。

4.4 生态修复与环境保护

在公路滑坡治理中,生态修复与环境保护发挥着至关重要的作用。其核心在于通过恢复和改善滑坡区域的自然生态环境,增强坡体的自我稳定性,进而实现滑坡防治的

长期效果。生态修复不仅限于滑坡体的地质加固,还着重通过植被恢复、土壤改良及水土保持等措施,促进自然环境的可持续发展。通过种植适宜的植物,尤其是根系发达的草本植物、灌木及乔木,坡面的稳定性可显著提高。这些植物的根系能够渗透土壤,增强土体的抗剪强度,减少雨水和风力对坡面的侵蚀,防止水土流失,从而增强坡体的整体稳定性。同时,植被覆盖有助于改善局部微气候,减缓水分蒸发并减少土壤干裂现象,进一步保护土壤结构。除了植被恢复,生态修复还包括土壤改良,利用有机肥料、土壤改良剂等提升土壤的透水性及营养成分,促进植物生长并在一定程度上提高土壤的抗压强度。此外,防护林带及水土保持林等绿化带的设置,可有效截留雨水,减缓雨水径流速度,从而降低滑坡发生的频率及强度。环境保护方面,除了关注滑坡区域治理效果外,生态平衡与生物多样性的保护也应得到重视^[4]。过度开发和人为干扰需避免,保持滑坡区域自然植被及野生动植物的生存环境。在治理过程中,生态修复与环境保护的实施路径需合理规划,综合考虑不同植物种类的生态效益、土壤条件及水文状况,系统的生态恢复计划应制定,从而实现生态恢复与防治效果的双重目标。

5 结语

公路滑坡是影响交通安全及公路稳定性的重要地质灾害,防治工作要求深入进行地质勘察,以揭示滑坡的形成机制及其影响因素,同时采用科学有效的治理措施确保公路的长期稳定性。通过地质勘察,滑坡区域的潜在风险点可以被精准识别,为制定切实可行的防治方案奠定基础。在治理措施方面,护坡加固、排水系统设置以及抗滑桩等方法能够有效提升滑坡区域的稳定性,减少滑坡对公路的破坏。随着新技术的不断发展,如物探、遥感技术以及数字化监测手段的应用,滑坡防治的效率和准确性已大大提高。展望未来,综合考虑地质、气象、环境等多方面因素,公路滑坡治理将更加注重,以实现长效稳定的防治效果,保障公路交通的安全与可持续性。

【参考文献】

- [1] 罗洋. 公路滑坡工程地质勘察研究[J]. 低碳世界, 2024, 14(7): 127-129.
- [2] 付刚飞, 杨俊生, 任祥. 公路滑坡工程地质勘察及治理对策研究[J]. 内蒙古公路与运输, 2011(5): 8-10.
- [3] 熊勇. 公路滑坡工程地质勘察及治理对策研究[J]. 黑龙江交通科技, 2019, 42(9): 80-81.
- [4] 刘长伟. 公路滑坡工程地质勘察及治理对策[J]. 运输经理世界, 2021(24): 20-22.

作者简介: 刘彩芳(1989.2—), 毕业院校: 宁夏大学, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 宁夏凯珠机械化工有限公司, 职称级别: 中级。