

Study on optimal path of ecological slope protection technology in geological disaster prevention and control

Chonglin Zhang

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

Abstract

With the intensification of global climate change and human engineering activities, geological disasters occur frequently, posing a serious threat to the ecological environment and human life and property safety. As a kind of engineering means with both ecological protection and disaster prevention functions, ecological slope protection technology plays an increasingly important role in geological disaster prevention and control. This paper deeply discusses the optimization path of ecological slope protection technology in geological disaster prevention and control, analyzes its principle, application status, and action mechanism in different geological disaster scenarios, and combined with actual cases, puts forward optimization strategies from technological innovation, material improvement, planning and design perfection to late maintenance strengthening and other aspects, aiming to improve the effect of ecological slope protection technology in geological disaster prevention and control. Promote harmonious coexistence between man and nature.

Keywords

ecological slope protection technology; Geological disasters; Prevention and cure

生态护坡技术在地质灾害防治中的优化路径研究

张冲林

云南地质工程第二勘察院有限公司, 中国·云南 昆明 650218

摘要

随着全球气候变化以及人类工程活动的加剧,地质灾害频发,对生态环境和人类生命财产安全构成严重威胁。生态护坡技术作为一种兼具生态保护与灾害防治功能的工程手段,在地质灾害防治中发挥着日益重要的作用。本文深入探讨生态护坡技术在地质灾害防治中的优化路径,分析其原理、应用现状、在不同地质灾害场景中的作用机制,并结合实际案例,提出从技术创新、材料改良、规划设计完善到后期维护强化等多方面的优化策略,旨在提升生态护坡技术在地质灾害防治中的效果,促进人与自然的和谐共生。

关键词

生态护坡技术; 地质灾害; 防治

1 引言

地质灾害如滑坡、泥石流、崩塌等,具有突发性强、破坏力大的特点,给社会经济发展和生态环境带来了巨大损失。传统的地质灾害防治措施侧重工程结构的稳固,忽视生态环境的保护。生态护坡技术则将工程力学原理与生态修复理念相结合,在防治地质灾害的同时,注重植被恢复和生态系统的重建。对生态护坡技术进行优化,能提高其在复杂地质条件下的适用性和防治效果,为地质灾害防治开辟新的途径,对于保障人民生命财产安全、维护生态平衡具有重要意义。

2 生态护坡技术原理与应用现状

2.1 生态护坡技术原理

生态护坡技术主要基于植被的力学效应和生态功能。植被的根系如同天然的锚杆,深入土壤中,增加土壤的抗剪强度,起到固土护坡的作用。草本植物的须根系统能够在浅层土壤中形成密集的网络,增强土壤颗粒之间的黏聚力;而木本植物的主根和侧根则可深入较深土层,提高土体的整体稳定性。同时,植被的枝叶能够截留雨水,减少雨滴对坡面的直接冲击,降低坡面径流速度,减少水土流失。此外,植被还能改善土壤结构,增加土壤有机质含量,促进土壤微生物活动,进一步增强土壤的抗侵蚀能力^[1]。

2.2 应用现状

目前,生态护坡技术在国内得到广泛应用。在山区公路、铁路建设中,生态护坡技术被用于防止边坡坍塌、泥

【作者简介】张冲林(1995-),男,中国云南曲靖人,本科,助理工程师,从事地质灾害防治研究。

石流等灾害。在我国西南山区的铁路建设中,大量采用植被混凝土护坡技术。该技术将植被种子、水泥、骨料、添加剂等按一定比例混合,喷射到坡面上,形成具有一定强度和孔隙率的植被生长层,既实现边坡的稳固,又促进了植被生长。在水利工程方面,生态护坡技术用于河岸、堤坝的防护,既能防止水流冲刷导致的岸坡崩塌,又能改善河道生态环境。然而,在实际应用中,生态护坡技术仍面临一些挑战,如在极端地质条件下防护效果不佳、植被成活率低等问题,亟待进一步优化^[2]。

3 生态护坡技术在不同地质灾害防治中的作用机制

3.1 滑坡防治

在滑坡防治中,生态护坡技术结合植被根系的锚固作用和坡面径流的调节发挥作用。植被根系能够深入滑坡体,与周围土体形成一个整体,增加滑坡体的抗滑力。在土质滑坡区域,种植深根性的乔木如马尾松等,其根系可深入地下数米,有效提高滑坡体的稳定性。同时,植被的存在减缓坡面径流速度,减少雨水对滑坡体的冲刷侵蚀,降低滑坡发生的可能性。研究表明,在有植被覆盖的坡面上,坡面径流速度可降低30%~50%,从而减少滑坡体因水流冲刷而产生的下滑力^[3]。

3.2 泥石流防治

对于泥石流防治,生态护坡技术主要从减少固体物质来源和调节坡面水流两方面入手。植被的根系能够固持土壤,减少因雨水冲刷导致的土壤流失,从而降低泥石流的固体物质含量。在泥石流易发区,种植茂密的灌草植被,如紫穗槐、狗牙根等,可有效减少坡面土壤的侵蚀。此外,植被还能对坡面水流进行分散和调节,降低水流的能量,防止水流集中冲刷导致泥石流的发生。在一些泥石流沟谷中,设置植被缓冲带,可使水流速度降低20%~30%,减少泥石流的形成动力^[4]。

3.3 崩塌防治

在崩塌防治中,生态护坡技术利用植被的覆盖和根系的加固作用。植被覆盖在坡面上,减小坡面岩石的风化速度,降低岩石因风化剥落而引发崩塌的风险。在岩石边坡上采用喷混植生技术,将植物种子与特制的基材混合后喷射到坡面上,植物生长后形成的植被层可有效阻挡雨水对岩石的直接侵蚀,延缓岩石风化进程。同时,植被根系深入岩石裂隙中,起到楔固作用,增强岩石的稳定性。据统计,在采用生态护坡技术的岩石边坡上,岩石的风化速度可降低40%~60%,有效减少崩塌灾害的发生概率^[5]。

4 生态护坡技术在地质灾害防治中的优化路径

4.1 技术创新

一方面,研发具有更好力学性能和生态适应性的新型材料。开发高强度、可降解的土工合成材料,用于坡面防

护和植被生长载体。这种材料在初期提供足够的强度支撑,随着时间推移逐渐降解,不会对环境造成污染。同时,研究新型的植被混凝土配方,提高其早期强度和后期植被生长效果。添加特殊的添加剂,如保水剂、营养剂等,改善植被混凝土的保水保肥性能,促进植被生长;另一方面,利用物联网、传感器等智能监测技术,实时监测生态护坡的稳定性和植被生长状况。在坡面上安装位移传感器、湿度传感器、应力传感器等,将监测数据实时传输到监控中心。结合数据分析,及时发现边坡潜在的变形、失稳等问题,提前采取措施进行处理。当位移传感器监测到坡面位移超过预警值时,系统自动发出警报,提醒相关人员进行检查和加固,确保生态护坡的安全稳定。

4.2 材料改良

根据不同地质条件和气候环境,筛选和培育适应性强、抗逆性好的植被品种。在干旱地区,选择耐旱、耐瘠薄的植被,如沙棘、柠条等;在寒冷地区,选择耐寒性强的植被,如兴安落叶松、樟子松等。同时,注重植被的多样性,构建乔、灌、草相结合的植被群落,提高生态护坡的稳定性和生态功能。研究表明,植被多样性丰富的生态护坡,其抗侵蚀能力比单一植被护坡提高30%~50%;此外,针对不同的坡面土壤条件,改良土壤基质,提高土壤的肥力和保水保肥能力。在贫瘠的土壤中添加有机肥、腐殖质等,改善土壤结构和养分状况。例如,在山区的石质边坡上,促进客土改良,将肥沃的土壤搬运到坡面上,为植被生长提供良好的土壤条件。同时,采用土壤固化剂等材料,提高土壤的抗侵蚀能力,增强土壤与植被根系的结合力。

4.3 规划设计完善

在生态护坡工程设计前,进行详细的地质勘察和评估。通过地质测绘、钻探、物探等手段,全面了解边坡的地质结构、岩土特性、水文地质条件等信息。根据勘察结果,制定科学合理的生态护坡设计方案,确定护坡形式、植被品种选择、材料用量等。对于岩土体稳定性较差的边坡,采用桩板墙结合生态护坡的复合式防护方案,提高边坡的整体稳定性。在设计生态护坡时,充分考虑周边生态系统的整体性。将生态护坡与周边的自然景观、水系、植被等有机结合,形成一个完整的生态系统。在河岸生态护坡设计中,设置生态廊道,连接河岸植被与周边湿地,促进生物的迁徙和交流。同时,合理设计坡面排水系统,避免因排水不畅导致坡面冲刷和植被生长不良。

4.4 后期维护强化

一方面,建立健全生态护坡的长期维护机制,明确维护责任主体和维护标准。定期对生态护坡进行巡查,检查坡面稳定性、植被生长状况、排水系统运行情况等。及时清理坡面杂物、修复破损的防护设施、补植死亡的植被。在雨季来临前,对排水系统进行疏通和检查,确保排水畅通;在冬季,对植被进行防寒保暖措施,提高植被的越冬成活率;另

一方面,加强对生态护坡维护人员的培训,提高其专业技能和责任心。培训内容包括生态护坡的原理、维护技术、安全知识等。开展培训,使维护人员熟练掌握生态护坡的维护要点,及时发现和处理问题。例如,培训维护人员如何正确使用监测设备、如何进行植被病虫害防治等,确保生态护坡的维护质量。

5 某山区公路边坡生态护坡项目案例分析

5.1 项目概况

某山区公路地形复杂、地质不稳。部分路段边坡高40米,坡度 35° ~ 42° ,土质为疏松粉质黏土。当地年降水量1800毫米,5-9月降水占全年70%,极易引发滑坡、泥石流等地质灾害,威胁公路运营与周边居民安全。项目实施前,该路段周边年均发生3~4次小型交通中断事件。为防治灾害,保障公路长期稳定,决定实施生态护坡工程。

5.2 技术运用

5.2.1 植被混凝土护坡技术

采用植被混凝土护坡技术,将水泥、骨料、植被种子、添加剂等按特定比例混合,通过喷射设备均匀喷射到坡面上(图1)。其中,水泥选用强度等级为42.5的普通硅酸盐水泥,占比18%,为植被混凝土提供初始强度支撑。骨料采用粒径在5~8毫米的碎石,占比65%,增强结构稳定性。植被种子根据当地气候和土壤条件,选用狗牙根、紫花苜蓿等草本植物以及胡枝子等灌木种子。添加剂包括保水剂、营养剂等,保水剂能使植被混凝土在干旱时保持一定水分,营养剂则为植被生长提供持续养分,添加剂占比10%,剩余7%为其他辅助材料,如纤维材料,用于增强植被混凝土的抗裂性能。

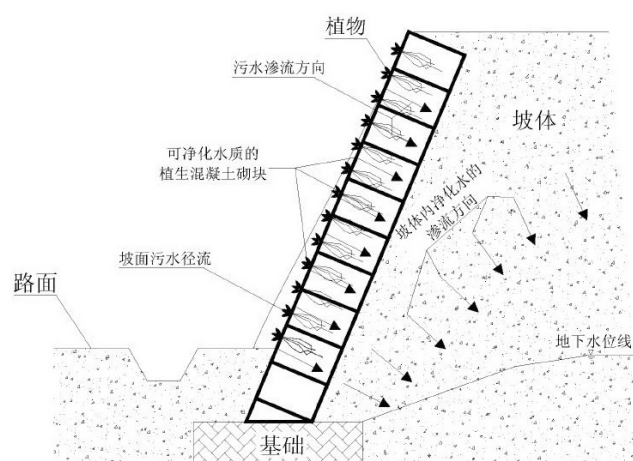


图1 植被混凝土护坡技术

5.2.2 智能监测系统

引入先进的智能监测系统,在坡面上安装位移传感器、湿度传感器。位移传感器每隔50米设置一个,可精确监测坡面水平和垂直方向的位移变化,精度达 ± 1 毫米。湿度传

感器每30米安装一个,实时监测坡面土壤湿度,测量范围为0%~100%,精度为 $\pm 2\%$ 。这些传感器将采集到的数据通过无线传输模块实时传输到监控中心,以便及时掌握边坡动态。此外,系统还配备了数据存储设备,可存储至少2年的监测数据,方便后续分析。

5.3 效果

5.3.1 边坡稳定性提升

经1.5年运行,边坡稳定性显著提高。位移监测显示,坡面最大位移量从每月12毫米降至1.5毫米内,成功防止滑坡等灾害,自工程实施后该路段未因地质灾害中断交通。

5.3.2 植被生长良好

植被覆盖率达92%。狗牙根、紫花苜蓿等草本植物形成致密覆盖层,降低坡面径流对土壤的冲刷。胡枝子等灌木根系加固土体。在植被覆盖区,坡面径流速度降低40%~50%,土壤侵蚀模数从5000吨/(平方公里·年)降至1000吨/(平方公里·年)。工程实施后,区域昆虫种类增加30%,小型哺乳动物种类增加20%。

5.3.3 经济效益与生态效益显著

相比传统硬质护坡,生态护坡建设成本降低约25%,5公里边坡节约约300万元,后期维护费从每年30万元降至10万元左右。生态效益方面,恢复植被,减少水土流失约75%,增加生物多样性,改善周边生态环境。该项目为类似地质条件的公路边坡防护提供了经验。

6 结论

生态护坡技术在地质灾害防治中具有重要的作用和广阔的应用前景,通过技术创新、材料改良、规划设计完善和后期维护强化等优化路径,能有效提高生态护坡技术在地质灾害防治中的效果。在实际应用中,应根据不同的地质条件、气候环境和灾害类型,选择合适的生态护坡技术和优化策略,充分发挥生态护坡技术的生态保护与灾害防治双重功能。同时,加强对生态护坡技术的研究和推广,不断总结经验,为地质灾害防治提供更加科学、有效的技术支持,实现地质灾害防治与生态环境保护的协调发展。

参考文献

- [1] 李欣然,张桂荣,林程,等. 三峡库区滑坡工程加固和生态护坡措施研究进展[J]. 人民长江,2024,55(1):127-134.
- [2] 阿不力米提·阿卜杜外力. 矿山地质灾害防治与地质环境保护探析[J]. 越野世界,2022,17(14):196-198.
- [3] 王朕. 平铺型生态袋护坡在岩质边坡上的稳定性试验研究[D]. 山东:山东大学,2023.
- [4] 成词峰,刘文连,赵海燕,等. 铜尾矿生态护坡植生基材配制及种植试验[J]. 有色金属工程,2023,13(3):146-154.
- [5] 胡国长,王伟,王屹,等. 岩质边坡新型生态修复基材的抗崩解性试验研究[J]. 河南科学,2023,41(1):31-38.