

# 山区水利工程边坡支护技术创新及灾害防控应用

张天赐

吉林省水利水电勘测设计研究院

DOI:10.32629/hwr.v10i2.6826

**[摘要]** 山区水利工程建设由于地形地质条件的限制,边坡失稳问题严重,给工程的安全运行带来严重威胁。边坡支护技术创新对于保证山区水利工程的安全具有非常重要的作用。本文对山区水利工程边坡支护技术创新的意义进行了分析,剖析了目前边坡灾害问题产生的原因,从新型支护技术研发与应用、智能监测预警系统构建、综合防控体系优化与实施等几个方面,提出了边坡支护技术创新与灾害防控的应用策略,以期给山区水利工程边坡安全管理提供参考。

**[关键词]** 山区水利工程; 边坡支护; 技术创新; 灾害防控; 监测预警

中图分类号: TV 文献标识码: A

Technical innovation of slope support for water conservancy projects in mountainous areas and application of disaster prevention and control

Tianci Zhang

Jilin Province Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Institute

**[Abstract]** Due to the limitation of topographic and geological conditions, the slope instability in the construction of water conservancy projects in mountainous areas is serious, which poses a serious threat to the safe operation of the projects. The technical innovation of slope support plays a very important role in ensuring the safety of water conservancy projects in mountainous areas. This paper analyzes the significance of slope support technology innovation in mountain water conservancy projects, analyzes the causes of slope disasters at present, and puts forward the application strategies of slope support technology innovation and disaster prevention and control from the aspects of research and development and application of new support technology, construction of intelligent monitoring and early warning system, optimization and implementation of comprehensive prevention and control system, with a view to providing reference for slope safety management of mountain water conservancy projects.

**[Key words]** mountain water conservancy project; Slope support; Technological innovation; Disaster prevention and control; Monitoring and early warning

## 引言

山区水利工程是保证山区经济社会发展,生态文明建设的重要基础设施。但是山区地形地质条件复杂,边坡失稳问题时有发生,对工程安全和人民生命财产安全造成严重威胁。传统边坡支护技术对于复杂的地质环境存在诸多不足,难以满足山区水利工程安全运行的需要。因此推进边坡支护技术创新,创建科学有效的灾害防控体系,成为目前山区水利工程建设管理的紧迫任务。本文主要从技术创新和灾害防控角度出发,来探究山区水利工程边坡支护应用的方法,以供相关实践参考。

### 1 山区水利工程边坡支护技术创新的意义

#### 1.1 提升山区水利工程安全性与稳定性

山区水利工程边坡支护技术创新,对于提高工程的安全性、

稳定性有着重要的意义。山区地质条件复杂多变,岩土体结构松散,受降雨、地震等外力作用很容易产生滑坡、崩塌等地质灾害,直接危害水利工程的安全运行。通过研究新的支护技术提高边坡的整体稳定性,抵御外力作用及环境对边坡的侵蚀。创新支护技术使用高性能材料、先进工艺,可以适应山区复杂的地质环境,取得更好的边坡加固效果。新型支护技术更加注重与地质环境的协调发展,采用柔性支护、生态支护等方法,保证工程安全的同时减小对自然环境的破坏。边坡支护技术的创新应用,为山区水利工程长久安全稳定运行赋予了坚实支撑,较好地降低了工程运行风险,守护了人民生命财产安全<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 推动边坡支护技术发展与升级

边坡支护技术创新是推进行业技术发展的主要力量。传统

的支护技术大多采用重力式挡墙、锚杆支护等常规方法,在高陡边坡、软弱地层等复杂工况下常常力不从心,不能满足现代水利工程的高标准要求。依靠技术创新,通过采用新材料、新工艺、新方法突破传统技术的局限性,扩大支护技术的应用范围和适用条件。创新技术的开发和应用,使材料科学、结构工程、岩土力学等学科相互渗透,支理论体系日趋完善,技术手段也越来越丰富。技术创新又激起了行业的创新活力,促使企业加大研发投入、培养技术人才,从而形成了产学研用协同创新的良好局面。边坡支护技术的不断创新,使我国水利工程建设技术水平不断提高,国际竞争力不断增强,为水利事业高质量发展提供了强大动力<sup>[2]</sup>。

### 1.3 保障山区水利工程可持续运行

边坡支护技术革新,是实现山区水利工程长久运转的基础。山区水利工程服务周期长、运行环境复杂,边坡支护要满足当前的安全需求,也要考虑长期稳定性和环境适应性。创新支护技术重视工程全生命周期管理,在设计、施工、运维等各个阶段坚持绿色发展理念,使用耐久性强、维护成本低新型材料和新技术,减少后期维护的工作量。创新技术重视生态保护和工程建设的协调统一,采用植被护坡、生态袋支护等生态友好型技术,在稳固边坡的同时恢复生态功能,实现工程效益和生态效益的有机统一。使用智能监测技术可以随时掌握边坡的工作情况,能及时发现隐患并及时处理,延长工程的使用寿命。边坡支护技术创新为山区水利工程的可持续运行提供技术支持,促进水利事业与生态文明建设协调发展<sup>[3]</sup>。

## 2 山区水利工程边坡灾害问题分析

### 2.1 山区地质条件复杂与边坡失稳风险

山区地质条件复杂,是导致边坡失稳的根本原因。山区地形起伏大,地质构造复杂,断层、褶皱等地质构造发育,岩层产状多变,岩体破碎,给边坡稳定带来许多不利因素。山区岩土体类型多样,有坚硬完整的基岩,也有松散破碎的风化岩和软弱土层。不同岩土体的力学性质差别很大,在开挖扰动和外荷载的作用下容易产生差异变形,从而诱发边坡失稳。山区水文地质条件复杂,地下水活动频繁,降雨入渗、地下水位变化都会使岩土体强度降低,软化结构面,加剧边坡变形破坏。山区气候条件恶劣,冻融循环、风化剥蚀作用强,长期作用下岩土体性质劣化,边坡稳定性降低。另外,山区地震频繁,地震荷载对边坡稳定性的影响非常大。复杂的地质条件使得山区边坡具有多样性、隐蔽性、突发性等特点,失稳风险大,灾害防控难度大,对边坡支护技术提出了更高的要求<sup>[4]</sup>。

### 2.2 传统支护技术局限性与适用性不足

传统边坡支护技术对于山区复杂地质环境来说,存在明显不足。传统的支护方式大多采用刚性结构,如重力式挡墙、锚杆框架等。虽然支护效果好,但是适应性差,无法适应山区地质条件复杂多变的情况。刚性支护结构对地基承载力要求高,在软弱地基上容易产生不均匀沉降,进而造成支护结构开裂破坏。同时,传统的支护技术施工工艺复杂,机械化程度低,在山区交通不

便、场地狭小的情况下施工难度大,工期长,成本高。传统的支护材料大多是混凝土、钢材等,耗材大,对环境影响大,不符合当前的绿色发展理念。传统的支护技术缺少系统的监测手段,无法及时发现边坡的变化情况,隐患发生后很难被发现,导致应急处理不及时。传统技术大多以边坡被动防护为主,缺少主动加固、预防性措施,灾害发生以后才采取补救措施,造成损失难以挽回。传统支护技术存在的这些不足,不能满足山区水利工程边坡安全管理的现实需要,必须依靠技术创新来加以改进和完善<sup>[5]</sup>。

### 2.3 灾害监测预警体系不完善

完善的监测预警体系是边坡灾害防控的重要保证,但是目前山区水利工程边坡监测预警工作还存在很多不足。一方面监测手段落后,主要是人工巡查、简单仪器观测,监测频率低、数据采集不及时,不能反映边坡变形的动态过程。部分工程虽然安装了监测设备,但是由于设备老化、维护不到位等原因,监测数据的准确性、可靠性不能得到保证。监测项目不齐全,通常只做表层位移的检测,而对地下变形、地下水位变化及应力和应变等重要数据的监测不充分,不能很好地反映边坡的整体稳定情况。缺乏智能化分析手段,大量的监测数据没有得到充分的挖掘利用,预警模型不够精确,容易造成误报或者漏报。另外预警信息传递不畅通,不能及时传递到相关部门以及一线人员,造成应急响应延后,失去处理的最佳时间。监测预警体系的建设不完善,削弱了边坡灾害的防控能力,加大了工程运行风险,急需依靠技术创新来建立智能化、系统化的监测预警体系,提高灾害防控的科学性、有效性。

## 3 边坡支护技术创新与灾害防控策略的应用

### 3.1 新型支护技术研发与应用

新型边坡支护技术的研发与应用,是提高山区水利工程边坡安全水平的主要途径。大力发展高性能支护材料,研发高强度、高韧性、耐久性好的新型材料,纤维增强复合材料、高分子聚合物材料等,代替传统的混凝土和钢材,提高支护结构的承载能力、使用寿命。推广柔性支护技术,用土工格栅、土工膜、柔性网等柔性材料,依靠和岩土体的协调变形来适应复杂的地质条件,减小刚性结构的应力集中现象。发展生态支护技术,把工程措施和生物措施结合起来,用植被护坡、生态袋、生态混凝土等技术,在稳固边坡的同时恢复植被,改善生态环境,实现工程效益和生态效益的统一。推进支护技术的智能化、信息化,把传感器、物联网、大数据等技术应用到支护结构当中,实现支护效果的实时监测和智能评价,给支护设计与维护提供科学依据。提高支护技术的系统性,根据不同的地质条件、工程特点,采用多种支护技术相结合的方式,组成综合支护体系,提高支护整体效能。重视支护技术标准化、规范化,制定完善的技术规程、施工标准,保证支护工程质量、安全。依靠产学研的深度合作,促使科研成果尽快转化为工程实践,加快新技术的推广应用速度。要创建技术创新激励机制,使企业、科研单位加大研发投入,营造良好的创新环境。新型支护技术的出现和应用,给山区水利工程

边坡的安全筑起了一道强大的技术屏障, 边坡支护也由原来的简单形式向现代化、智能化、生态化的方式转变。

### 3.2 智能监测预警系统构建

建立智能监测预警系统是实现边坡灾害主动防控的一种重要方式。建立全方位、多参数的监测网, 在边坡关键部位布设位移计、倾斜仪、应力计、渗压计等各种传感器, 实时监测边坡表面及深部变形、应力应变、地下水位等参数, 掌握边坡稳定状况。用先进的技术推广北斗卫星定位、InSAR雷达干涉、三维激光扫描、分布式光纤传感技术, 提高监测精度、效率, 弥补传统监测技术的不足。创建智能化数据处理平台, 利用云计算、大数据、人工智能等技术对大量的监测数据进行实时分析处理, 识别异常变化, 判断边坡稳定趋势, 实现灾害的早期识别和准确预警。依据历史监测数据和边坡力学性质采用机器学习、神经网络等方法创建边坡失稳预警模型, 设置预警阈值来提高预警的准确性、时效性。健全预警信息发布机制, 实行分级预警制度, 通过手机短信、APP推送、警报器等方式及时将预警信息传递给有关管理部门和一线人员, 为应急响应争取时间。加强对监测预警系统维护管理, 定期对检测设备进行校准、检验以保证数据质量, 建立应急响应预案, 保证发出预警之后可以立即启动应急机制。重视监测数据的长期积累和分析, 创建边坡监测数据库, 给边坡稳定性评价和预测赋予基本的数据支撑。同时要加强监测技术人员的培训, 提高专业技术水平, 保证监测系统有效运转。智能监测预警系统的创建, 边坡灾害防控由被动应对向主动防控转变, 大大提升了山区水利工程边坡灾害防控和管理水平。

### 3.3 综合防控体系优化与实施

创建综合防控体系是达到边坡灾害系统治理的根本方法。树立全生命周期管理的思想, 把边坡的安全管理贯穿于工程规划、设计、施工、运行、维护的全过程, 从源头上消除安全隐患。在设计阶段应该做好地质勘察工作, 查明地质条件, 合理选择坝址和布置方案, 从根本上减少边坡失稳的风险。设计阶段用先进的方法和计算手段科学地评价边坡的稳定性, 优化支护方案, 保证支护设计的安全、经济。施工阶段必须严格按照设计要求进行施工, 加强质量控制, 利用信息化施工手段对施工过程进行实时监控, 根据实际情况及时调整施工参数, 保证支护结构施工质量。运行维护阶段要建立日常巡查制度, 定期进行安全评价, 及时发现安全隐患并加以处理, 做好边坡的维修加固工作, 延长工

程的使用寿命。要加强应急管理体系建设, 制定完善的应急预案, 开展应急演练, 配备应急物资和装备, 提高应急处置能力。重视科技创新和人才培养, 加大边坡支护技术研发投入, 培养专业技术人才, 给边坡灾害防控提供智力支持和人才保障。创建边坡安全责任制, 确定各个管理机构及人员的工作职责, 从而使整个工作体系产生逐层负责、共同协作的工作状况。同时要加大宣传教育力度, 提高全社会对边坡灾害防治工作的认识程度和重视程度, 形成良好的社会氛围。建立综合的防控体系, 创建起全流程、多层次的边坡安全管理体系, 给山区水利工程的安全稳定运行提供制度保障和技术支持。

## 4 结语

随着现代信息技术的飞速发展, 以数字化、网络化、智能化为主要特征的信息化浪潮正深刻影响和改变着人们的生活方式。山区水利工程边坡支护技术创新及灾害防控, 对保证工程安全运行起到重要的作用。面对山区复杂的地质环境以及不断上升的安全需求, 必须大力开展支护技术的革新, 研发并应用新材料、新工艺、新方法, 创建智能化监测预警体系, 健全综合防控体系。只有依靠科技创新来引领, 加强全过程的安全管理, 才能提高山区水利工程边坡的安全水平, 给山区经济社会发展和生态文明建设提供强有力的保障。广大水利工作者要勇于担当、不断创新, 用智慧和汗水筑起山区水利工程的安全防线, 书写新时代水利事业高质量发展的新篇章。

## 参考文献

- [1] 杨庆红. 水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的应用[J]. 价值工程, 2025, 44(22): 134-137.
- [2] 欧阳斌峰, 肖琦瑞. 基于边坡支护技术的水工环地质灾害治理要点分析[J]. 农业灾害研究, 2024, 14(11): 263-265.
- [3] 刘志国, 郭军德. 水利施工安全事故防控关键技术研究[J]. 水上安全, 2025, (17): 183-185.
- [4] 杨金东, 刘祥祥. 堤防工程施工技术在水利工程建设中的应用与创新[J]. 中国地名, 2024, (4): 0166-0168.
- [5] 林瑞良. 水利工程边坡支护施工技术管理方法探析[J]. 黑龙江水利科技, 2025, 53(11): 87-89.

## 作者简介:

张天赐(1997--), 男, 汉族, 河南省南阳市人, 硕士研究生, 工程师, 水利工程。