

# Construction and application of environmental protection slope protection technology system in mountain road construction

Zhifang Liao

Huaneng Guangxi Clean Energy Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

## Abstract

With the continuous progress of national transportation infrastructure construction to deep mountainous areas and remote mountainous areas, the problem of slope protection has become a key link restricting the coordinated development of road safety operation and ecology in mountainous areas. The traditional slope protection technology is mainly a rigid engineering structure. Although it has certain stability, it interferes with the original environment greatly, and it is difficult to meet the requirements of green transportation development in the new era. This paper around the mountain road construction of environmental protection slope protection system research, based on ecological engineering concept, combing the current mainstream slope protection technology development and application characteristics, analyze the existing problems and limitations, further put forward “structure-ecological-landscape” fusion of environmental protection slope protection technology system construction path. Through the combination of industrial methods according to local conditions, the innovative application of green materials and the system integration of multiple technologies, the multiple goals of engineering safety, ecological protection and landscape coordination are realized, and theoretical and technical support are provided for road construction in mountainous areas.

## Keywords

mountain road; environmentally protection slope protection; ecological restoration; technical system; green infrastructure

## 山区道路建设中的环保型边坡防护技术体系构建与应用

廖志方

华能广西清洁能源有限公司, 中国·广西南宁 530000

## 摘要

随着国家交通基础设施建设向深山区、边远山区持续推进, 边坡防护问题已成为制约山区道路安全运营与生态协调发展的关键环节。传统边坡防护技术以工程刚性结构为主, 虽然具备一定的稳定性, 但其对原生环境的干扰较大, 难以满足新时代绿色交通发展的要求。本文围绕山区道路建设中的环保型边坡防护展开系统研究, 基于生态工程理念, 梳理当前主流边坡防护技术的发展历程与应用特点, 剖析其存在的问题与局限性, 进一步提出“结构—生态—景观”融合的环保型边坡防护技术体系构建路径。通过因地制宜的工法组合、绿色材料的创新应用以及多元技术的系统集成, 实现工程安全、生态保护与景观协调的多重目标, 为山区道路建设提供理论支持与技术支撑。

## 关键词

山区道路; 环保型边坡防护; 生态修复; 技术体系; 绿色基础设施

## 1 引言

我国幅员辽阔, 山区面积占国土总面积的 60% 以上, 随着国家区域发展战略的推进和交通网络体系的不断完善, 大量山区公路工程相继实施。然而, 山区地形复杂、地质条件多变、水土流失严重等问题普遍存在, 使得边坡工程成为设计与施工过程中的难点与重点。尤其在降雨频繁或地震活动区, 边坡失稳风险更高, 严重影响道路通行能力与运营

安全。

传统边坡防护方式多以砼面板、锚杆、骨架梁等刚性结构为主, 虽然可实现短期支护目标, 但常因对地形大规模扰动、景观破坏及生态功能丧失而饱受诟病。当前, 绿色发展理念深入人心, 工程建设由“以稳为主”向“安全+生态+美观”转变, 环保型边坡防护技术应运而生。该类技术不仅重视边坡结构稳定性, 更强调与自然环境的融合与协同, 通过生态修复与工程手段协同作用, 实现可持续性边坡治理。

本文在总结现有边坡防护技术类型与发展趋势的基础上, 深入剖析其适应性与应用价值, 结合典型工程实践, 构

【作者简介】廖志方(1970-), 男, 中国江西萍乡人, 本科, 工程师, 从事新能源工程建设研究。

建一套具有普适性、生态性和工程适应性的环保型边坡防护技术体系，并探讨其在山区道路建设中的应用策略与实施效果。

## 2 山区道路边坡防护的现状与问题剖析

### 2.1 山区边坡工程特征分析

山区道路边坡因其特殊的地形地貌和复杂的地质环境，具有高度陡峭、高差大、结构不稳定等显著特征。在交通基础设施建设过程中，道路常常需穿越断裂带、滑坡体、崩塌区等地质灾害频发区域，使得边坡的稳定性面临更高风险。由于地势崎岖、地基条件差，边坡土体结构松散、抗剪强度低，加之外力扰动频繁，极易引发滑坡、坍塌等灾害，严重威胁道路工程的安全性和耐久性。

受限于山区狭窄的可建设空间，许多道路只能依山而建，导致边坡脚常常紧邻行车道或隧道口，若发生边坡失稳，不仅可能造成交通中断、设备损毁，更可能引发重大人员伤亡事故，后果极为严重。此外，山区降雨强度大且集中，强降雨过程中，坡面径流剧烈，易形成冲沟和泥石流，造成坡体冲刷严重，土壤侵蚀加剧，从而削弱坡体稳定性并加速植被退化。这种水土流失与生态破坏交织的负向循环，不仅对道路运行安全构成长期威胁，也对区域生态系统的完整性和可持续性造成深远影响。

### 2.2 传统防护技术的适应性局限

长期以来，传统边坡防护技术在我国公路建设中占据主导地位。其主要采用喷混凝土、钢筋网、锚杆支护、挡土墙等刚性加固手段，以提高边坡土体的整体抗剪能力、限制边坡变形，并防止浅层滑动或落石。尽管这些方法在早期工程建设中取得了一定效果，具备快速实施和结构强度高的优点，但其在适应复杂山区环境、满足现代绿色发展需求方面暴露出诸多问题。

首先，传统防护结构景观效果较差。大量使用混凝土和钢筋等工业化材料，表面裸露、颜色突兀，与周边环境格格不入，破坏了原有山地景观协调性，甚至在一些旅游生态线路中引发公众反感，影响社会接受度。其次，这类防护措施在施工过程中往往对原生地貌和植被造成不可逆转的破坏，清除表层植被、扰动土壤结构，不仅影响生态系统短期稳定，更对后期生态修复造成障碍，增加了治理成本与时间周期。

再次，传统刚性结构缺乏足够的柔韧性和适应性。在面对地质复杂、降雨频繁、温差剧烈等典型山区气候条件时，其结构稳定性常常面临挑战，局部结构一旦破坏将可能影响整体防护效果，且维护修复成本高昂。此外，部分传统工程措施难以适应动态环境变化与多源负载叠加的现实条件，存在“过度设计”或“结构冗余”等问题，制约了工程技术的可持续性发展 [1]。

### 2.3 环保需求驱动下的技术转型

近年来，随着《绿色交通“十四五”发展规划》《交

通强国建设纲要》《生态文明建设目标评价考核办法》等政策文件的相继出台，生态环境保护逐渐成为交通基础设施建设中的核心议题。绿色、公平、可持续的交通理念深入人心，推动着道路建设由传统的“硬质工程”向“生态友好型工程”转变。在此背景下，边坡防护作为公路安全与景观功能的重要结合点，成为生态化道路建设的关键环节，其发展方向也从单一的结构稳定逐步迈向生态修复与景观融合的协同发展。

环保型边坡防护技术体系应以“工程+生态”融合为核心理念，强调在实现边坡稳定的同时，兼顾水土保持、植被恢复与景观协调等多元目标。这一转变不仅是技术路径的革新，更是生态文明理念在工程实践中的深层次落地。例如，利用植物根系固土与生态袋、土工格室等柔性结构结合，可实现“以绿固坡”的目标；通过设置排水系统与透水材料，优化坡面水文条件，减少地表径流的集中冲刷；而在设计阶段融入景观元素与区域植被特征，不仅有利于生态恢复，也提升了工程的美观性与文化价值。

## 3 环保型边坡防护技术的理论基础与分类体系

### 3.1 生态工程理念的技术引导

生态工程强调尊重自然规律、利用自然力解决工程问题。在边坡防护中，应遵循“少扰动、重恢复、促演替”的基本原则，通过构建自然化的坡面结构与多样性的植物群落，增强边坡生态自我调节能力，提升其抗冲刷、固土与防灾能力。生态工程理念为环保型边坡防护技术提供理论支撑，促使其从“治标”向“治本”转型 [2]。

### 3.2 环保型边坡防护的技术类型

环保型边坡防护技术体系涵盖结构型、植物型、材料型与复合型等多个类别。结构型主要采用钢筋网格、柔性防护网、格构梁等构件配合生态基材使用，实现坡体初步稳定。植物型防护则通过草本、灌木、藤本植物配置，构建根系固土网络。材料型则侧重于使用绿色环保的新型材料，如生态土工布、可降解植被毯等。复合型技术强调多种防护手段组合使用，实现结构安全与生态恢复的统一。

### 3.3 环保边坡防护的系统构建原则

在构建环保型边坡防护体系时，应坚持多元整合、因地制宜、系统规划、持续维护四项基本原则。即：根据地质、坡度、水文等自然条件选择适配性方案；将不同类型的防护技术进行有机组合，构建稳定而灵活的系统；同时注重长期监测与养护管理，确保边坡生态功能持续演化与稳定。

## 4 环保型边坡防护的关键技术路径研究

### 4.1 植生护坡技术与植物配置优化

植物护坡是环保型防护技术的核心内容，具有调节坡面水分、增强土体抗剪强度、提升生态系统多样性等多重功能。技术路径主要包括坡面绿化、植生毯、喷播植草等方式。植物选择上应优先采用乡土物种，兼顾根系发达、抗逆性强、

覆盖快速等特性。配置上则遵循“乔-灌-草”立体组合、“主-辅-固”功能搭配原则,构建长期稳定的植被群落,促进生物多样性提升与坡面景观美化[3]。

#### 4.2 柔性支护结构与生态材料的应用

柔性边坡支护结构相比传统刚性结构更具适应性与生态友好性。如柔性钢丝网、SNS系统、主动防护网等,其自身结构具备一定变形能力,能有效抵御落石冲击及坡体变形,并通过与植物结合,实现坡面结构稳定与绿化恢复的同步发展。此外,生态混凝土、可降解编织袋、生物基材料等绿色材料的广泛应用,也为环保型边坡防护技术提供了更丰富的物质基础。

#### 4.3 雨水管理与水土保持协同机制

边坡防护不仅仅是结构支护问题,还涉及水文循环调控与水土保持。环保型防护需综合考虑雨水径流路径、水分入渗能力与侵蚀控制能力,通过构建截排水沟、坡面集水渠、生态渗滤层等水利措施,降低坡面径流强度,增强土壤含水稳定性。同时结合植被配置,提升水土保持效果,减少边坡侵蚀与泥石流等灾害风险。

### 5 环保型边坡防护技术体系的工程实践与成效评估

#### 5.1 典型工程案例分析

以某省“X210山区公路改扩建工程”为例,该道路穿越典型岩溶山区,边坡高差大、地质破碎、雨水充沛,传统边坡防护方式难以兼顾稳定性与生态协调。项目团队在充分踏勘的基础上,采用“植生毯+柔性支护+灌木种植”的复合型防护策略,实现坡体结构与生态系统的融合。

施工过程中,先对坡面进行生态整形,保证排水顺畅与平台稳定,随后铺设可降解植物毯并喷播本地草籽混合液;边坡中部采用柔性钢网与锚杆联合支护,提高整体稳定性;坡脚则种植适应性强的木本灌丛,形成生态缓冲带。项目建成后两年内,坡面植被覆盖率由原来的不足10%提升至90%以上,边坡无滑动、坍塌现象发生,生态效果与安全性能俱佳[4]。

#### 5.2 成效评估指标体系构建

为科学评价环保型边坡防护效果,应构建覆盖结构安全、生态恢复、景观美化与维护成本等维度的综合评估体系。

结构安全性方面可采用坡体变形监测、锚杆拉拔试验等手段评定;生态恢复方面关注植被覆盖率、生物物种多样性、土壤水分含量等指标;景观美化以视觉协调度与公众满意度为主;经济性则以施工成本与后期养护投入为核心参数。该多维评估体系有助于形成可量化、可对比的技术选型依据。

### 6 结语

山区道路作为连接区域发展的重要纽带,其建设水平直接影响交通安全、生态稳定与人居环境质量。边坡作为山区道路工程的关键构成,其防护技术的进步不仅关乎工程本身,更代表了基础设施与生态环境协调发展的时代需求。

本文从山区道路边坡工程特点出发,深入分析传统防护技术的不足与制约,基于绿色交通发展背景,系统构建了环保型边坡防护技术体系框架,涵盖植生、结构、材料、水文等多维技术路径。在理论与实践相结合的基础上,提出“技术融合+因地制宜+系统集成”的治理思路,强调边坡防护应从结构稳定向生态友好、景观协调与运行低耗转型。

未来,随着生态文明理念持续深化,环保型边坡防护技术将在政策推动与技术创新双轮驱动下不断迭代升级。建议加强以下三个方向的探索:一是推动绿色建材与新型结构研发,提升边坡防护的绿色含量;二是建立全国范围内的典型案例数据库与技术评价标准,实现经验共享与标准统一;三是引入人工智能、大数据等信息技术手段,实现边坡生态修复的精准设计与智能监管。只有不断夯实技术基础、完善制度配套,山区道路边坡防护才能真正走向安全、高效、绿色、可持续发展的新时代。

#### 参考文献

- [1] 夏艳玲.铁路项目建设标准化管理与造价收入匹配性分析[J].铁路工程技术与经济,2025,40(01):57-61.DOI:10.20262/j.cnki.issn.2097-6186.2025.01.12.
- [2] 张锐,李旺军,高乾丰,等.公路路基边坡生态防护技术研究综述[J/OL].中外公路,1-21[2025-03-21].http://kns.cnki.net/kcms/detail/43.1363.U.20241129.1138.006.html.
- [3] 包含,王耿,晏长根,等.公路建设碳排放核算与岩土工程低碳措施及碳补偿研究综述[J].中国公路学报,2025,38(01):46-72.DOI:10.19721/j.cnki.1001-7372.2025.01.003.
- [4] 张引.山区二级公路改扩建项目碳排放计算及预测研究[D].重庆交通大学,2024.DOI:10.27671/d.cnki.gcjtc.2024.000174.