

# 公路工程路基防护工程施工技术研究

刘 骁 王 博

重庆交通建设(集团)有限责任公司 重庆 401120

**【摘要】**：公路工程路基作为道路工程的核心承重结构，其稳定性直接决定公路整体质量与服役寿命，路基防护工程则是抵御地质灾害、水文侵蚀及环境破坏的关键环节。当前路基防护施工中，存在复杂地质条件下技术适配性不足、施工工艺精细化程度欠缺、防护结构耐久性把控不到位等问题，易引发路基沉降、边坡滑塌等病害。通过结合工程地质特征优化防护技术选型、细化施工工艺流程、强化防护结构耐久性设计与施工管控，可有效提升路基防护工程施工质量，增强路基对复杂环境的抵御能力，降低后期病害维修成本，保障公路工程长期安全稳定运行。

**【关键词】**：路基防护工程；施工技术；路基稳定性；耐久性；复杂地质

DOI:10.12417/2811-0536.26.03.087

## 引言

公路工程的长期运营离不开稳固的路基支撑，而路基防护工程作为守护路基安全的“屏障”，其施工技术水平直接关系到道路工程的服役质量。在山地、丘陵、滨河等复杂地理环境下，路基面临着雨水冲刷、边坡失稳、地质沉降等多重威胁，传统防护施工技术已难以满足现代公路工程对耐久性与稳定性的高要求。路基防护失效引发的病害不仅会影响道路通行效率，更可能埋下安全隐患，因此对路基防护工程施工技术展开深入研究，成为破解工程痛点、提升公路建设品质的关键所在。

## 1 公路工程路基防护工程施工现存技术痛点

公路工程路基防护工程施工的技术痛点集中体现在技术选型适配性、工艺精细化管控、耐久性设计与施工、质量监测体系四大核心维度，直接制约防护工程质量与路基长期稳定性。技术选型与工程地质条件匹配度不足，多数项目未充分结合岩土体物理力学参数、水文地质特征及地形地貌开展针对性设计。在软土路基、岩溶发育区等复杂地质路段，仍沿用常规防护技术，如刚性浆砌片石防护与软土路基变形特性不兼容，易引发防护结构开裂、脱落；山区高陡边坡未根据岩体破碎程度优化锚杆支护密度与锚固深度，导致支护结构抗滑移能力不足，难以抵御边坡失稳风险<sup>[1]</sup>。

施工工艺精细化程度欠缺，坡面修整环节存在平整度偏差超标、压实度不足等问题，坡面坡度与设计值存在明显偏差，影响防护层与坡面的贴合度；支护结构施工中，锚杆钻孔角度偏差、注浆饱满度不足，喷锚网防护的钢筋网间距不均匀、喷射混凝土厚度波动明显，这些工艺缺陷直接降低防护结构的整体承载能力。材料应用管控不严格，混凝土配合比设计未考

虑环境腐蚀性，砂浆强度等级未达到设计要求，部分项目甚至存在材料规格与设计标准不符的情况。防护结构耐久性设计与施工脱节，缺乏针对性的防腐、抗侵蚀措施。钢筋外露未做防腐处理，易受雨水渗透引发锈蚀膨胀，导致混凝土保护层剥落；排水系统设计不合理，坡面排水槽布设间距不当、地下排水盲沟堵塞，雨水长期渗透路基土体，降低岩土体强度，加剧路基沉降与边坡滑塌风险。质量监测与管控体系不完善，缺乏全过程动态监测手段，边坡位移、应力应变等关键指标监测覆盖不足，数据反馈滞后；隐蔽工程验收流程不规范，未对锚杆锚固力、注浆密实度等核心参数进行严格检测，导致质量隐患难以提前排查，为公路长期运营埋下安全风险。

## 2 公路工程路基防护工程施工技术优化策略

针对路基防护工程施工的核心痛点，需从技术选型、工艺管控、耐久性强化、监测体系四个维度构建系统性优化策略，实现防护工程与工程环境、使用需求的精准适配，全面提升施工质量与路基稳定性。技术选型以精细化地质勘察为前提，结合岩土体物理力学特性、水文条件及地形特征制定差异化方案。软土路基路段采用柔性防护体系，选用土工格栅加筋垫层配合生态袋护坡，利用土工格栅抗拉强度分散路基应力，生态袋透水性与整体性适配软土变形规律，避免刚性结构与路基变形不协调引发的破坏；岩溶发育区采用注浆加固与锚杆支护组合技术，通过高压注浆填充岩溶裂隙，锚杆深入稳定岩体提供抗拔力，优化支护参数确保结构与岩体协同受力；山区高陡边坡推行格构梁与植被混凝土复合防护技术，格构梁采用钢筋混凝土浇筑，根据岩体破碎程度调整布设参数，植被混凝土掺入有机基材与保水剂，兼顾结构稳定性与生态修复效果<sup>[2]</sup>。

施工工艺精细化管控聚焦关键环节质量提升。坡面修整前采用激光测距仪标定坡度，机械修整后辅以人工精平，确保坡面平整密实，为防护层与坡面紧密贴合奠定基础；锚杆施工选用液压锚杆钻机控制钻孔角度，采用二次注浆工艺，首次注浆填充钻孔间隙，二次高压注浆确保浆体渗透至岩体裂隙，通过超声波检测验证注浆效果；喷锚网防护中，钢筋网采用数控设备加工确保规格统一，喷射混凝土采用湿喷工艺分两层施工，避免漏喷、空鼓等质量缺陷。材料管控建立严格进场检验机制，混凝土配合比根据环境腐蚀性调整外加剂掺量，砂浆强度通过试块抗压试验验证，杜绝不合格材料流入施工环节。耐久性强化构建“防腐+排水”双重保障体系<sup>[3]</sup>。钢筋类支护结构采用热镀锌防腐处理，外露部分额外涂刷环氧富锌底漆与面漆，增加混凝土保护层厚度抵御侵蚀，避免钢筋锈蚀引发结构破坏；排水系统采用“坡面+地下”协同设计，坡面合理布设排水槽引导地表径流，地下排水盲沟选用透水管包裹土工布，埋设于边坡坡脚及地下水富集区，配套设置集水井定期排水，防止雨水渗透导致岩土体强度下降。质量监测体系依托数字化技术实现全过程管控。在边坡关键断面布设GPS定位监测点与光纤传感设备，实时采集位移、应力应变数据，传输至智能监测平台通过阈值预警机制及时发现异常；隐蔽工程验收推行“双检制”，锚杆锚固力通过拉拔试验检测，注浆密实度采用地质雷达扫描验证，检测数据实时上传质量追溯系统；建立施工全过程数据化管理平台，整合技术交底、工序验收、材料检测等信息，实现施工质量可追溯、可管控，确保优化策略落地见效。

### 3 路基防护工程优化施工技术的应用成效

差异化技术选型使防护结构与工程地质、水文环

境形成精准适配，柔性防护体系有效化解软土路基变形矛盾，复合支护技术增强高陡边坡与岩溶区路基的抗滑移、抗倾覆能力，大幅降低路基沉降、边坡滑塌等病害发生概率，实现防护功能与地质条件的协同适配。施工工艺精细化管控有效减少坡面贴合不牢、注浆不密实、钢筋网布设不均等质量缺陷，支护结构整体性与承载能力显著增强，喷锚网、格构梁等防护体系的力学性能充分发挥，确保防护工程施工质量符合设计标准，从源头规避因工艺瑕疵引发的安全隐患。

“防腐+排水”双重耐久性保障体系延长防护结构服役寿命，钢筋防腐处理与混凝土保护层强化措施遏制锈蚀膨胀破坏，协同排水系统有效减少雨水渗透对路基岩土体的侵蚀，降低防护结构老化、破损速率，减少后期养护维修频次与成本投入。数字化监测与全过程管控体系实现风险前置防控，实时数据采集与阈值预警机制让异常变形、应力集中等问题早发现、早处置，隐蔽工程“双检制”与质量追溯系统确保施工全过程可管控、可追溯，显著提升路基防护工程的安全保障水平，同时生态防护技术的应用兼顾结构稳定与生态修复，实现工程建设与环境保护的协调发展。

### 4 结语

路基防护工程施工技术的优化与落地，是破解路基病害难题、提升公路工程整体质量的核心抓手。针对复杂地质与施工痛点提出的技术选型优化、工艺精细化管控等策略，有效弥补了传统施工模式的不足，实现了防护结构与工程环境的高度适配。实践表明，优化后的施工技术能够显著增强路基稳定性，降低边坡滑塌、路基沉降等病害发生率，延长公路服役周期，同时减少后期养护成本。未来需持续结合新材料、新技术深化路基防护施工研究，为公路工程建设的高质量发展提供更坚实的技术支撑。

### 参考文献：

- [1] 万春明.公路工程施工中低填浅挖路基施工技术研究[J].运输经理世界,2025,(25):46-48.
- [2] 印刚.公路工程施工中低填浅挖路基施工技术的实践应用[J].建设机械技术与管理,2025,38(04):160-161+167.
- [3] 张智.路基防护工程施工技术在公路工程中的应用[J].工程建设与设计,2025,(02):119-121.