

公路边坡防护工程施工技术要点与质量控制

穆欣欣

中国水电建设集团十五工程局有限公司 陕西 西安 710065

【摘要】：多雨地区高陡挖方边坡存在失稳、冲刷、生态破损等工程问题，本文依托 G552 线 K395+400~K396+150 段公路边坡工程，探究公路边坡防护施工技术、工序管控方式与质量控制核心内容。文章阐释边坡排水、支挡加固、生态防护三位一体施工工艺，明确排水优先、分级开挖配合同步防护、生态收尾的标准化施工流程。施工规范、材料核验、养护监测相关内容，构建起工程全流程质量管控体系。工程实践表明，该套技术与管控体系可抵御水害、滑坡、落石等边坡病害，保障边坡施工与运营状态稳定，兼顾工程建设质量与生态修复成效，可为同类公路边坡防护工程提供技术参考。

【关键词】：公路边坡；防护施工；排水系统；分级防护；质量控制

DOI:10.12417/2811-0528.26.16.038

引言

公路边坡是道路工程的重要附属结构，施工稳定性关乎公路通行安全与工程使用寿命。多雨山区高陡挖方边坡土体易软化，受雨水冲刷易产生坡体变形失稳，进而引发滑坡、坍塌、落石等地质灾害，损毁工程结构并破坏沿线生态环境。传统边坡单一硬质防护工艺防水性能弱、生态性欠缺，施工工序管控较为无序。本文结合 G552 线施工场景，优化边坡防护施工技术与工序流程，建立完善质量控制体系，探索适配复杂地质的防护施工方案，为增强公路边坡工程安全与耐久性能提供技术支撑。

1 公路边坡防护核心施工技术

1.1 边坡排水施工技术

边坡排水施工以坡体内外协同排水为核心，兼顾泄洪排水与水土保持效能，解决水害引发的边坡失稳问题^[1]。G552 线 K395+400~K396+150 段工程在坡体内部布置盲沟、渗沟及 $\Phi 50\text{mm}$ 软式透水管，依托挡墙后侧反滤层与深层排水孔形成内部导排体系，排出坡体积水，降低土体含水率，减轻静水压力带来的坡体损伤。坡面坡顶与边坡平台设置 U 形截水沟与硬化平台，归集并疏导坡面汇水。陡坡段搭配集水井、消能池与沉淀池，削弱水流冲刷作用，避免排水结构遭受侵蚀，形成内外联通、分级疏导、全域覆盖的边坡排水系统。

1.2 边坡支挡施工技术

边坡支挡施工旨在提升坡体稳定性、抵御地质灾害，依据边坡分级特征采用适配的组合支挡工艺。G552 线路段右侧边坡结合高程制定分级防护方案，第六级边坡采用挂网锚喷 C20 混凝土结合锚索框架梁加固坡面。第三、五级边坡设置 $4\text{m} \times 5\text{m}$ 间距 $\Phi 130\text{mm}$ 锚索孔，配备 $6\Phi 15.24\text{mm}$ 、17.5m 长锚索，锚固段长度 8m，单孔张拉应力控制为 600kN。第四级边坡布

设 $3\text{m} \times 3\text{m}$ 间距 $\Phi 90\text{mm}$ 锚杆孔施工锚杆框架梁，一、二级边坡采用浆砌片石拱形护坡。坡脚浇筑 C20 混凝土挡土墙，以 2m 梅花形布局设置 $\Phi 50\text{mm}$ 、20m 长深层排水孔，各类支挡结构协同受力，约束岩土体变形，减少滑坡、落石灾害的发生。

1.3 坡面防护施工技术

坡面防护结合临时防护与永久生态防护工艺，兼顾工程耐久性与生态修复需求。G552 线边坡开挖裸露阶段，采用锚喷支护与土工布全覆盖临时防护，抵御风化冲刷，保障施工期坡面稳定。以浆砌片石、锚杆及锚索框架梁作为永久防护主体，增强坡面承载与抗冲击性能。在框架及拱形护坡空腔布设生态袋并实施植被绿化，对六级锚喷坡面增设锚索框架梁加强防护。该模式解决传统硬质防护易风化、破坏生态的弊端，实现结构防护、水土保持与生态修复的综合成效。

2 公路边坡防护施工顺序控制

2.1 排水系统先行施工控制

排水系统先行施工是多雨地区公路边坡施工质量控制的核心举措，能够从源头规避水害诱发的边坡坍塌隐患^[2]。G552 线施工区域雨水充沛且雨期绵长，雨水下渗会造成土体软化，造成坡体结构失稳病害。项目落实排水优先的施工准则，边坡土石方开挖作业开展前，先行完成坡顶及边坡平台截水沟等顶部排水设施施工，成型体系可快速疏导坡面自然汇水。排水设施施工与边坡开挖作业同步衔接，遵循先排水、后开挖的作业逻辑，阻断雨水下渗通道，削弱水害对坡体结构的干扰，保障雨季施工的整体安全与有序推进。

2.2 分级开挖与同步防护控制

高陡边坡施工风险突出、坡体易变形失稳，项目采用自上而下分级开挖、开挖一级防护一级的标准化施工模式。G552

线 K395+400~K396+150 段边坡坡度为 $26^{\circ} \sim 50^{\circ}$ ，属于高陡挖方边坡，土石方开挖量大，坡面裸露风险突出。现场按设计计划开挖层级，分层分段开展土石方开挖，把控单次开挖厚度与作业范围。各级边坡开挖成型后，及时完成支挡加固、锚喷支护、框架梁浇筑等防护作业，减少坡面裸露引发的风化与雨水侵蚀问题。现场统筹物资、设备与班组作业衔接，缩小工序间隔，约束坡体岩土变形，保障边坡施工整体安全（见图1）。

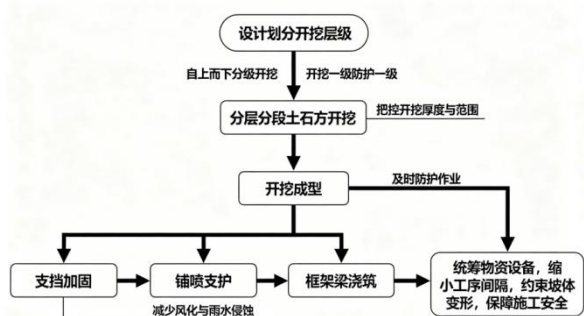


图1 分级开挖与同步防护控制

2.3 生态防护后续施工控制

生态防护属于边坡防护工程的收尾关键工序，硬质结构施工完成后即刻开展施工，实现工程防护与生态修复有效衔接。G552线待锚杆、锚索框架梁及浆砌片石拱形护坡成型且强度达标后，随即开展生态防护作业。施工阶段预留绿化回填土体并做好覆盖保护，规避土体流失与扬尘污染问题。生态袋按设计间距与厚度规整铺设固定，保障坡面铺设平整贴合。施工结束后开展洒水养护，调控土壤湿度条件，满足植被萌发与幼苗生长需求。植被成型后排查整体长势，补植稀疏及枯死区域植株，增强坡面抗冲刷性能，恢复公路沿线自然生态风貌。

3 公路边坡防护施工质量控制要点

3.1 施工过程规范化控制

施工全过程规范化管控是边坡防护工程质量的核心保障，项目遵从行业规范与设计参数，结合岩土混合边坡复杂特性把控各工序施工质量。现场校准锚孔布设位置，把控锚索、锚杆钻孔角度与深度，控制施工偏差处于合理范围。浆液调配、注浆作业、混凝土振捣与浆砌片石砌筑等关键工艺按标准落实，

保证现场施工工艺符合建设规范。施工全程监测边坡坡率，测定坡顶坡脚标高与平面位置，布设临时防护桩稳固边坡边界。严控超挖、欠挖、工序缺失等施工问题，减少工艺偏差产生的质量隐患，保障各道工序施工质量，让各类防护结构充分发挥自身防护作用。

3.2 原材料与结构验收控制

原材料质量管控与工序验收是稳固边坡工程质量的关键，项目落实安全流程、全覆盖的验收管控机制。钢筋、水泥、砂石、生态袋、软式透水管等各类进场材料，均执行抽样检测与资质核查流程，合格材料方可投入现场使用，杜绝劣质材料用于工程施工。边坡基坑与基槽开挖作业完成后，核查地基承载力、开挖尺寸及标高等关键参数，验收达标方可推进后续施工。锚杆与锚索施工完成后开展抗拔力专项检测，框架梁、挡土墙等主体结构完工后，核验结构尺寸、混凝土强度及外观状态，从源头夯实整体工程质量根基。

3.3 养护与安全监测控制

后期养护与长期安全监测关乎边坡防护结构的长效运营稳定，项目建立施工与运营双重管控模式^[3]。混凝土、浆砌片石防护结构进行常态化洒水养护，定期核查结构强度，维持结构整体稳定状态。工程布设两处监测断面，各断面布置两处监测点位，点位间距超30m，监测深度不低于25m。施工期每日监测1-3次，运营期每周监测1-3次，采集坡体位移、地下水位、锚索应力等关键数据，全程监测周期为一年。现场落实高空作业与边坡开挖安全防护措施，实现工程质量与施工安全的同步管控。

4 结语

本文依托G552线公路边坡防护工程，梳理排水、支挡、生态防护一体化施工技术，确立排水前置、分级开挖同步防护、后期生态修复的施工流程，建立全程化施工质量管理管控体系。内外排水、分级支挡、生态防护的组合模式，可改善高陡边坡水害侵蚀、土体失稳、生态破损等问题，增强边坡结构稳定性与工程耐久性能。整套工艺与管控模式适配性强，兼顾工程安全、施工质量与生态保护，可为区域同类公路边坡防护施工及质量管控提供有效参考。

参考文献:

- [1] 李凌伟,郭俊江.公路路基高边坡锚杆防护施工技术管理[J].江西建材,2025,(12):357-359.
- [2] 范群保,陈朝阳.高速公路路基边坡防护施工技术研究[J].全面腐蚀控制,2025,39(12):275-277.
- [3] 蒋诗波.公路高边坡防护施工关键技术分析[J].常州工学院学报,2025,38(6):13-19+51.