

高速公路交通工程安全设施施工技术要点

王丹

云南云岭高速公路交通科技有限公司 云南 昆明 650000

【摘要】：高速公路交通工程安全防护设施是保障道路行车安全、提升路网通行效率的基础性配套工程，直接关系驾乘人员生命财产安全，同时也影响区域道路交通整体运行稳定性。云南省坐落于云贵高原区域，境内山高谷深、海拔落差巨大、地质构造错综复杂，叠加常年降雨、气温偏低、地质灾害频发的特殊气候与地理条件，显著提升了当地高速公路安全设施的施工组织难度。以云南高速公路建设实际工况为依托，本文系统归纳交通标志、路面标线、安全护栏、防眩装置及隔离防护设施五类常用安全设施的现场施工工艺与技术控制要点，梳理工程建设期间普遍存在的典型问题，制定可落地的治理整改方案，同时明确后续施工工艺与技术体系的优化路径。研究旨在切实提升云南高速公路公路安全设施施工质量与现场作业效率，为区域高速公路实现安全运营、绿色建设与高质量发展提供参考。

【关键词】：云南高速公路；交通安全设施；施工工艺；地域适配性；施工质量管控

DOI:10.12417/3083-5526.26.02.014

1 引言

近些年云南省高速公路建设进程持续提速，路网覆盖范围不断拓展，省内高速路网已逐步形成互联互通、干支衔接的现代化综合交通格局。云南多数高速公路走线穿越横断山脉腹地，普遍具备地形起伏大、地质条件脆弱、地震设防烈度高、海拔高差显著等特征，再加上冬季低温霜冻、夏季集中降雨的气候特点，滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害常年多发频发。相较于平原地区，云南特殊的地理气候环境，极易引发施工效率衰减、防护设施服役年限缩短、基础结构不均匀沉降等工程隐患。

为此，结合云南本地地质地貌与气候环境特征，系统梳理安全设施施工工艺、优化现场施工流程、强化全过程质量管控，对于提升道路行车安全水平、保障路网常态化畅通具备较高工程实用价值，同时也能为交通强国战略在云南落地实施提供工程技术支撑。

2 高速公路主要安全设施施工工艺及技术控制要点

2.1 交通标志施工技术要点

正式施工前需完成全方位现场踏勘，结合云南道路线形走向、路面纵坡大小、常年大气能见度等实际条件，合理规划交通标志布设点位、安装标高及板面倾斜角度，规避山体遮挡带来的标志辨识效果不佳等问题。标志面板优先选用耐高低温、抗紫外线辐射、长效抗老化的铝合金型材，适配区域复杂气候环境；反光材料选用超高强反光膜，保障多雨多雾天气下远距离识别效果，高海拔强紫外线区域配套选用高耐候型反光膜，延缓材料老化衰减进程。

山区不同路段地基承载能力差异较大，需结合现场岩土实际条件差异化选用基础施工方案。岩质地基采用钻孔灌注桩施工工艺，钻孔作业前完成专项地质勘查；若遇破碎围岩及松散土层，可通过地基夯实加固方式增强围岩整体稳定性，有效规

避钻孔塌孔风险。土质路基采用分层夯实处理方式，同步完善基础周边排水系统，防止雨季雨水下渗浸泡地基引发沉降变形。基础混凝土浇筑需严格把控配合比设计，高海拔区域掺加适配型外加剂，合理调节低温缺氧环境下混凝土凝固与强度增长速率；浇筑成型后及时铺设保温覆盖层，防止低温冻害产生结构性缺陷。

现场安装阶段严格把控施工精度，立柱垂直度偏差严格遵循现行规范标准，保证标志板面平整稳固、安装角度精准，满足不同行车角度的视认需求。施工完成后开展夜间视认效果检测，定期抽检反光膜逆反射性能参数，对破损、老化部位及时更换修复。针对地质灾害高发山区路段，同步配套设置落石防护结构，避免坠石撞击损坏交通标志，保障设施长期稳定服役。

2.2 交通标线施工工艺要点

标线施工前需彻底清理路面面积尘、油污及积水，保持路面表层干燥洁净，增强标线涂料与路面基体的粘结强度。针对山区不同路面结构采取差异化施工策略：沥青路面铺设成型后及时组织标线施划，避免路面老化弱化粘结效果；水泥混凝土路面提前实施拉毛处理，增大路面表面摩擦系数，提升标线贴合牢固度。

涂料选型适配云南本地气候特征，优先选用耐磨性能优、防滑系数高、耐候性强的热熔型标线材料，高海拔低温地段采用抗冻融改性热熔涂料，优化低温工况下材料力学性能，减少低温开裂、起皮脱落等常见病害。正式大面积施工前选取代表性试验段进行试铺，确定适宜施工温度、机械涂布速率及设计涂层厚度，确保标线线形顺直、边缘规整、厚度均匀达标。

结合山区道路纵坡大小、曲线半径参数优化标线路形设计，防止线形设置不合理误导行车判断；急弯、长陡坡路段适度加宽标线宽度，并增设振荡减速标线强化警示作用；隧道进出口、桥梁两端重点布设超高强反光标线，提升夜间及低能见

度条件下行车辨识度。依托云南多雨天气特点合理排布施工工期，优先选择晴好天气组织作业；短时降雨时段采用遮挡防护措施，隔绝雨水对标线固化成型的不利影响。施工收尾区域布设交通警示与管制标识，避免车辆碾压破坏未固化标线；后期常态化检测标线厚度与反光亮度，对磨损模糊、脱落残缺部位及时修补完善。

2.3 护栏施工工艺要点

结合云南高速公路路况走向与地形起伏特征合理选配护栏形式：常规平缓路基路段布设波形梁钢护栏，落差较大、急弯临崖、傍山险路等高危路段采用钢筋混凝土刚性护栏。施工前依据路面坡度变化、地形起伏状态微调立柱布设间距与安装标高，陡坡区段适当加密立柱布设密度，提升整体安全防护等级。

立柱施工按路基地质条件分类处置：土质路基采用机械打桩工艺，严格管控桩体垂直度及入土深度；岩质地基采用钻孔锚固工艺，钻孔完成后清理孔内废渣杂物，浇筑混凝土实现立柱锚固，确保地基承载力满足设计标准。波形梁拼接位置做到平顺严密，连接螺栓按规范力矩紧固到位；高海拔低温区域选用耐低温、抗腐蚀合金构件，同步开展防腐喷涂处理，抵御雨雪侵蚀造成的构件锈蚀老化。

混凝土护栏采用滑模连续浇筑工艺，有效解决传统分段浇筑接缝强度薄弱的问题，更适配山区长距离护栏连续施工需求。施工过程精准调控混凝土配合比与浇筑速度，优化养护措施，保障混凝土早期强度稳步提升，辅以保温防护手段规避低温冻害影响。滑坡、泥石流易发路段同步做好边坡与护栏基础加固，布设地质灾害监测装置并开展常态化巡检维护。

做好路基与桥台衔接处、隧道洞口两端及护栏端头的过渡构造处理，消除安全防护盲区。改扩建工程项目采用永临结合模块化护栏结构，搭配太阳能警示灯带与反光标识，构建实体隔离加动态警示的双重防护体系，适配改扩建路段复杂的交通组织条件。

2.4 防眩设施施工工艺要点

云南高速线路多穿行于高原山地之间，区域风力偏大、昼夜温差悬殊，对向车辆灯光眩光干扰问题突出，防眩设施施工需充分适配本地强风荷载、温差变化大的工况条件。工程常用结构以防眩板、防眩网为主，施工前结合路面总宽度、中央分隔带尺寸，精准测算构件布设间距与安装高度，合理调整遮光倾角，有效阻隔对向车辆直射灯光产生的眩光干扰。

构件选用高强度、抗风变形、耐候抗老化、耐高低温交变的专用材料，降低山区强风作用下构件扭曲变形、脱落失效等问题发生率。基础采用现浇混凝土结构，根据中央分隔带地形起伏微调基础标高，保证整体安装平整度；对基础周边土方分层夯实，降低车辆行驶震动及雨水长期浸泡引发的基础沉降隐

患。严格控制现场安装精度，限制防眩板垂直偏移量，保证构件拼接紧密、锚固牢靠。施工完工后开展遮光效果实测，结合现场行车视线条件微调安装角度，满足山区行车安全视距要求。

2.5 隔离设施施工工艺要点

隔离设施主要用于分隔高速行车区域，阻止行人、牲畜随意闯入公路主线，保障高速通行秩序与行车安全。云南高速公路建设同时受生态保护红线、原生地形地貌、现场施工条件等多重约束，施工组织不能仅依靠常规工艺标准，需兼顾地形适配与生态保护双重目标。工程主要采用隔离栅与柔性防护网两类结构，施工前依托现场地形地貌整体规划布设方案，沿自然坡体、沟谷地带灵活布置，实现全域隔离无死角。

推行材料差异化选型模式：隔离栅选用高耐候防腐型钢材质，经热镀锌防腐工艺处理，有效抵御雨雪、冰霜长期侵蚀破坏；野生动物活动密集区域，以柔性生态防护网替代硬质隔离结构，预留生物迁徙通道，避免硬性隔离割裂区域生态廊道。施工全过程保证立柱竖向稳固、网片铺设完整严密，无空缺漏洞。

施工前期细致勘察作业范围，主动避让珍稀植被集中分布区域；施工结束后及时土方回填与植被复绿，同步配套布设水土保持防护设施。地质灾害易发路段，在加固隔离设施基础结构的同时，与边坡防护工程同步施工、整体成型，提升区域综合防灾抗灾能力。在符合规范要求的点位预留人行通道，平衡高速公路安全管控与沿线群众日常出行需求。

3 云南高速安全设施施工常见问题及处置对策

3.1 主要施工现存问题

结合云南高速公路现场施工实际情况，可归纳出四大类共性工程难题：一是高海拔区域低温、低压缺氧环境，易导致现场作业人员体能下降、施工效率降低，同时混凝土凝固硬化进程放缓，容易出现强度不达标、表层冻裂等质量缺陷；二是区域地质结构复杂多变，破碎围岩、松散软弱土层分布范围广，极易诱发标志、护栏基础不均匀沉降甚至局部坍塌，难以保障施工成型整体质量；三是常年多雨多雾的气候环境，易造成标线、标志表层粘结性能下降、反光效能衰减，金属类护栏及隔离栅构件锈蚀、起皮、脱落现象突出；四是现场施工管控机制不完善，原材料进场检测环节流程简化、标准不严，施工工序未严格遵照规范执行，作业人员专业技能与标准化操作水平不足，导致安全设施整体防护性能难以达到设计标准。

3.2 针对性处置对策

3.2.1 优化高海拔区段施工组织与工艺

合理编制年度与季度施工计划，主动避开冬季极端低温时段集中施工；低温作业期间采用保温包覆、蒸汽养护等温控手段，优化混凝土外加剂配比方案，适配高原特殊气候条件，确

保混凝土强度稳定达标。科学划分作业班组、实行轮岗值守，落实施工人员高原防护保障措施，减轻高原反应对作业效率及施工安全的负面影响。

3.2.2 深化地质勘察力度并强化基础加固

施工前期开展全覆盖精细化地质勘察，依据现场岩土物理学参数编制专项施工方案。针对软弱土层、破碎围岩路段，采用分层夯实、注浆加固等方式改良地基土体，从源头消除基础变形隐患；地质灾害重点路段布设智能化在线监测设备，实时采集边坡位移、基础沉降数据，提前预判并化解潜在安全风险。

3.2.3 严格原材料质量管控与防护施工管理

按照云南地域气候及地质工况，择优选用耐温变、耐腐蚀、抗老化性能优异的工程原材料，建立原材料进场抽检登记台账，坚决杜绝不合格材料进场投入使用。所有金属构件统一实行专业化防腐防锈处理，标线施工后落实封闭养护管理；雨季提前完善施工现场排水管网，杜绝积水长期浸泡基础结构。构建全过程质量管控体系，落实材料进场检验、关键工序旁站监督、分项工程竣工验收等制度，定期组织作业人员专业技能培训，统一标准化操作流程，强化施工全过程监督巡查与问题闭环整改。

4 云南高速安全设施施工技术优化发展方向

4.1 推广轻量化智能监测与施工管控技术

依托雷视一体化检测设备、无人机智能巡检等小型化智能装备，对施工全过程及完工后设施成型精度、实体质量进行动态监测，全面提升施工精度与现场作业效率。在改扩建施工路段布设智能可变限速提示系统，根据实时车流量及施工进度动态调整限速指标，保障施工区域行车与作业双重安全。



图1 一体化应用体系

4.2 普及新型材料与工厂化预制施工工艺

大力推广混凝土滑模浇筑、构件工厂化预制拼装工艺，统一施工标准，提升构件成型外观与内在质量。传统现场浇筑模式受山区天气、作业场地限制较大，构件成型外观差异明显；工厂预制构件可在标准化车间完成配比调控、构件定型，运抵现场后直接拼装作业，大幅压缩山区野外露天施工工期。

同步更新升级高性能工程材料，普及超高强反光膜、高耐候防腐钢材等新型材料，适配云南强紫外线、潮湿多雨、昼夜温差大的恶劣环境，延缓材料老化与锈蚀速度，延长安全设施整体服役周期。践行绿色公路建设理念，合理利用隧道洞渣、工程弃土加工再生骨料及建材，实现工程固废资源化循环利用；推行低能耗施工模式，选用节能型机械设备、清洁能源供电，最大限度降低施工活动对山区原生植被及水土环境的扰动，契合云南省生态保护红线管控要求。

4.3 开展地域适配性专项施工技术研究

立足云南高海拔、灾害多发、山地路网密集的地域特点，开展安全设施施工地域适配专项技术研究。省内高速多存在高填方、深挖方、临崖临沟等特殊路段，常规平原地区施工工艺适配性不足，易出现基础滑移、构件变形等病害问题。需依托本地大量岩土勘察实测数据，优化高危路段护栏基础构造形式，适当加大基础埋置深度、增设抗拔加固构件，提升防护结构抗冲击、抗形变能力。

优化软弱围岩、松散土质区域安全设施布设方案，主动避让地质破碎带，采取地基加固、分级分段布设的施工思路，增强工艺与地质条件的适配性。同时结合高海拔低温、强紫外线、季风大风等气候特征，优化材料抗冻、抗风、耐老化性能指标，逐步完善高速公路安全设施施工技术标准，形成适配云南复杂工况的专属施工技术体系。

4.4 建立常态化长效养护管理机制

搭建日常巡检与智能监测相结合的常态化养护体系，快速排查设施老化、破损、锈蚀等各类病害。云南干湿季分明，雨季雨水冲刷侵蚀、旱季高强度紫外线暴晒，易造成金属构件锈蚀、反光材料性能衰减。建立月度日常巡检、季度专项排查、年度集中整修的标准化养护流程，实现病害早发现、早处置。

依据区域气候差异与地质条件，划分高寒山区、河谷多雨区、地质灾害高发区三大养护分区，制定分区差异化养护方案：高寒片区重点做好防冻防腐处理，多雨片区强化基础排水与防锈养护，灾害高发片区加密结构稳定性监测频次。加强行业内部技术交流，吸收借鉴西南山区同类高速施工养护先进经验，结合云南地形地质特征持续优化施工与养护工艺，健全养护管理台账，落实层级责任管控机制，全面提升安全设施耐久性能，保障高速公路长期安全平稳运营。

结论

云南高速公路公路安全设施施工受地形地貌、气候条件、地质结构等多重因素制约，施工环境复杂、技术难度偏高、质量管控要求严格。本文系统梳理了交通标志、路面标线、安全护栏、防眩设施及隔离设施五大类安全设施的核心施工工艺与技术控制要点，总结提炼高海拔施工效率偏低、地质条件复杂、气候干扰显著、质量管控体系不完善等共性问题，提出针对性

治理措施，并从智能监测应用、新材料新工艺推广、地域适配技术研究、长效养护体系构建四个层面，明确后续技术优化方向。

随着云南高速路网持续完善加密，后续应重点研发适配本

地工况的专项施工技术，健全全过程质量管控与长效养护机制，稳步提升安全设施结构稳定性与长期服役耐久性，助力区域高速公路实现安全畅通、绿色低碳、高效运营，推动云南交通基础设施建设行业高质量可持续发展。

参考文献：

- [1] 黎俊驰.高速公路交通工程安全设施施工材料源头质量安全控制研究 [J]. 中国品牌与防伪,2025 (11):155-157.
- [2] 於丹萍.浅谈高速公路交通工程安全设施的施工与管理 [J]. 交通与运输,2025,38 (S2):200-201+216.
- [3] 路懿.交通工程安全设施中高速公路标志牌施工研究 [J]. 运输经理世界,2025 (18):103-105.
- [4] 成城.交通工程安全设施中高速公路标志牌的应用 [J]. 运输经理世界,2025 (08):124-126.
- [5] 祁骁.高速公路交通安全设施施工管理体系构建路径研究 [J]. 运输经理世界,2024 (30):138-140.