

高速公路路基边坡稳定性及养护防护措施

姜振超

云南交投建设工程养护有限公司 云南 昆明 650200

【摘要】：伴随国内高速路网建设规模不断扩大，路基边坡是保障道路长期安全运营的核心构造部分。区域降水冲刷、岩土自身特性、外部荷载扰动及长期自然风化作用，极易引发边坡滑塌、表层剥落等常见病害，对行车安全、路网通畅及工程耐久性造成直接威胁。基于此，本文将结合云南实际工程环境，梳理边坡失稳的关键影响因素，从日常养护、主动防护角度提出适配性对策，以期提升边坡长效安全水平、完善公路运维管控提供可行思路。

【关键词】：高速公路；路基边坡；稳定性；养护；防护

DOI:10.12417/3083-5526.26.02.002

引言

高速公路路基边坡的稳定，不仅关系到道路使用寿命的长短，而且与人们交通行驶的安全与否也有着紧密关联，强化高速公路的路基稳定性也成为了亟待解决的重要技术性问题。因此，本文对影响路基边坡稳定性的因素以及其防止措施所做出的分析具有十分重要的现实意义。

1 影响高速路基边坡稳定性的因素

1.1 地质条件

地质条件是决定高速公路路基边坡稳定性的先天基础，也是引发边坡失稳的首要内在因素。以云南为例，其地处青藏高原东南边缘，新构造运动较为活跃，区域内活动断裂分布密集，地震活动频繁，岩体长期受多组构造及卸荷节理的切割作用，完整性大幅下降。该区域岩土类型复杂，多以砂岩与泥岩不等厚互层为主，其中泥岩遇水后极易发生软化、崩解现象，形成软弱夹层，大幅削弱坡体承载力。而残坡积土、古滑坡堆积物等松散岩土体，自身结构松散、稳定性较差，易在外部扰动下发生滑移。另外，部分路段岩层产状与坡向呈一致状态，加之滑动面易积存水分，进一步提升了顺层边坡失稳的概率。

1.2 气象水文因素

气象水文因素作为外部动力，是诱发云南高速路基边坡病害的关键诱因，与云南立体气候特征高度相关。云南区域降水充沛且分布集中，每年5至9月的降水量占全年总量的80%，短时强降雨会对坡面形成强烈冲刷，形成的地表径流会裹挟坡面松散土石，进而引发浅层滑坡、泥石流等病害。而持续性降水会使雨水缓慢渗透至岩土体深层，导致岩土体自重增加、抗剪强度下降，最终诱发深层滑坡。同时，云南部分区域受台风倒槽影响，易出现极端暴雨天气，叠加山地地形的抬升作用，进一步加剧了降水对边坡的破坏程度，冬季融雪水的渗透作用也会逐步削弱坡体整体稳定性。

1.3 设计施工因素

工程设计与施工质量，直接决定了云南高速路基边坡的后期稳定性，也是人为影响边坡安全的核心环节。部分路段设计

过程中，未充分结合云南山地、河谷等复杂地形地质条件，盲目照搬通用规范中的坡率标准，导致边坡安全冗余不足，例如普洱地区残坡积土路堑边坡，因按通用规范坡率设计，遭遇暴雨时极易发生失稳。在施工环节，深挖高填作业未严格落实“摘帽减载、强腰固脚”的施工原则，开挖卸荷易导致坡体应力分布失衡。部分填方路基压实度未达到设计要求，受地下水浸泡后易发生整体滑移，同时施工过程中对坡面植被的破坏，也会加剧边坡的侵蚀程度。

1.4 运营养护因素

运营期间的荷载作用与日常养护质量，是诱发云南高速路基边坡后期失稳的重要因素，直接影响边坡的长效安全。云南部分高速公路路段重载车辆通行量较大，车辆动载的反复作用会逐步累积坡体损伤，持续降低边坡整体稳定性。在日常养护工作中，若未及时清理坡面剥落的土石、疏通排水系统，会导致雨水淤积在坡体表面及内部，加剧岩土体软化。同时，长期忽视边坡变形监测工作，无法及时发现坡面裂缝、微小滑移等初期隐患，易导致小病害逐步发展为大规模坡体失稳，进而影响道路正常运营秩序。

2 高速公路路基边坡养护防护存在的问题

2.1 养护理念出现偏差

目前，云南部分高速公路运维单位对边坡养护防护工作的重视程度不够，普遍存在“重应急、轻预防”的理念偏差，将边坡养护简单等同于病害发生后的抢修作业，忽视了日常预防性养护的重要意义。多数单位将运维重心集中在道路主体结构的养护上，投入到边坡养护的人力、物力和财力相对有限，部分偏远山区路段甚至出现边坡养护“无人值守、无人整治”的情况。另外，一线养护人员专业认知不足，误将边坡养护等同于简单的坡面杂物清理，未能重视边坡微小隐患的累积危害，最终导致小病害不断发展，演变为大规模坡体失稳，大幅增加了后续处置的难度与成本。

2.2 养护机制不完善

云南高速公路路网分布广、山区路段占比高，养护机制不

完善的问题表现得尤为明显。部分路段未建立规范的常态化养护巡查体系，巡查次数不足、覆盖范围不全面，对于隐蔽性较强的边坡裂缝、岩土体软化等初期隐患，无法及时发现并处置。同时，边坡养护责任划分不清晰，存在“多头管理、责任虚化”的现象，部分边坡养护工作陷入“人人有责、人人无责”的困境，且缺乏明确的考核与问责机制，对养护工作不到位、隐患处置不及时的行为缺乏有效约束，导致养护工作难以落到实处、取得实效。

2.3 养护技术相对滞后

受云南山区地域条件的限制，部分路段边坡养护技术较为落后，依旧采用传统的人工巡查、人工清理模式，不仅作业效率低下，还容易遗漏隐蔽性隐患。针对云南降水集中、岩土体遇水易软化的地域特点，适配性强的养护技术推广应用不足，比如坡面排水疏导、软弱夹层加固等针对性技术未能广泛落地。另外，边坡变形监测技术普及度不高，多数路段未配备智能化监测设备，仅依靠养护人员肉眼观察，无法精准捕捉坡体微小变形，难以实现隐患“早发现、早预警、早处置”，间接加剧了坡体失稳的风险。

2.4 资金投入存在短缺

资金投入不足是制约云南高速公路边坡养护防护工作提质增效的重要因素，部分运维单位将资金拨付的重点放在道路主体养护上，边坡养护的资金优先级偏低，导致养护设备更新不及时、防护材料质量达不到标准要求。与此同时，边坡养护队伍专业素养参差不齐，多数一线养护人员缺乏系统的专业培训，不熟悉云南复杂地质、多变气象条件下的边坡养护技巧，对滑坡、坡面剥落等病害的判断和处置能力不足，且缺乏专业技术人员的指导，难以满足常态化、精细化的边坡养护防护需求。

3 高速公路路基边坡养护防护的有效措施

3.1 转变养护理念，强化预防性养护落实

结合云南高原山区实际情况来看，该区域山地占比极高、地质构造复杂多样，红层软岩与喀斯特地貌广泛分布，且受季风气候影响，雨季降水集中且强度大，加之区域内地震活动较为活跃，这些独特地域条件给高速公路路基边坡养护防护工作带来了特殊挑战。基于此，云南高速公路路基边坡养护需着力扭转“重应急、轻预防”的传统倾向，确立“预防为先、防治并重”的核心导向，让预防性养护贯穿于边坡养护的全过程、各环节。运维单位需切实提高对边坡养护防护工作的重视程度，摒弃“被动抢修”的传统惯性思维，明确预防性养护的核心地位，将日常养护作业与隐患排查工作纳入重点工作清单。在日常运维过程中，主动开展坡面巡检、岩土体状态排查工作，及时清理坡面杂物、疏通排水管路，对排查发现的微小隐患第一时间处置，防止小病害逐步累积，最终演变为大规模坡体失

稳。同时，要强化养护理念宣贯力度，引导全体运维人员树立“防患于未然”的责任意识，明确预防性养护的重要价值，将理念转变融入每一项养护作业细节，推动边坡养护从“事后补救”向“事前预防”转型，切实降低养护成本与安全隐患。

3.2 完善养护机制，压实全流程责任体系

构建完善规范化、常态化的边坡养护机制，可明确各环节工作责任，确保养护工作落地落细、取得实效。为此，需结合高速公路路网分布的实际特点，构建“日常巡查、定期排查、专项整治”三位一体的巡查体系，科学设定巡查频次与覆盖范围，明确巡查内容与操作标准，对隐蔽性较强的隐患、重点管控路段的边坡实施重点巡查，确保隐患能够及时发现、精准预警、快速处置。同时，清晰划分边坡养护责任边界，打破“多头管理、责任虚化”的僵局，将养护责任细化到具体岗位、具体人员，明确岗位职责与工作标准，杜绝责任空转。并在建立健全考核问责机制的基础上，将边坡养护质量、隐患处置时效纳入运维考核体系，对养护工作不到位、隐患处置不及时的行为严肃追责问责，形成“有责可依、有责必负、失责必究”的责任闭环，推动边坡养护工作规范化、常态化推进。

3.3 升级养护技术，提升地域适配性与精细化水平

高速公路路基边坡养护防护，需结合不同区域的地形特征、地质条件、气象规律，推广应用适配性强、高效便捷的养护技术，推动边坡养护向精细化、智能化方向升级。在此基础上，摒弃传统落后的人工巡查、人工清理模式，引入智能化监测设备，搭建全方位的边坡变形监测体系，实时捕捉坡体位移、岩土体湿度、裂缝发展等动态数据，实现隐患的精准识别与动态预警。

下表为云南昆倘高速、麒师高速典型边坡智能化养护应用数据，直观体现技术升级成效：

路段	监测方式	降雨季边坡位移控制值	隐患预警准确率	养护效率提升幅度
昆倘高速	北斗+无人机+人工巡查	≤2.1mm/月	96.3%	42.7%
麒师高速	雨量传感器+坡面排水系统	≤2.5mm/月	94.8%	39.2%

针对降水集中、岩土体易软化的区域，重点推广坡面排水疏导、软弱夹层加固、坡面防护等针对性养护技术，优化技术实施流程，提升防护的针对性与实效性。同时，要加强养护技术的创新与推广力度，积极借鉴行业内先进养护经验，结合自身实际运维需求，优化完善技术方案，推动传统养护技术与智能化技术深度融合，切实提升边坡养护的效率与质量，增强养护技术的地域适配能力。

3.4 加大资金投入，保障养护工作有序开展

合理调配运维资金，提高边坡养护资金的投入优先级，为养护防护工作开展提供坚实的资金保障。运维单位需结合边坡养护的实际需求，科学编制资金预算，将资金重点投向预防性养护、技术升级、设备更新、防护材料采购等关键环节，避免因资金投入不足导致养护工作滞后。同时，要建立多元化资金投入机制，积极争取相关扶持资金，合理统筹各类运维资金，确保资金足额到位、规范使用。另外，还要加强资金使用的全过程监管，建立完善的资金使用台账，规范资金拨付、使用流程，杜绝资金浪费、挪用等违规现象，确保每一笔资金都用在实处，保障边坡养护设备更新、防护材料采购、先进技术推广等工作有序推进，为提升边坡养护防护水平筑牢资金支撑。

3.5 强化队伍建设，提升养护人员专业素养

高速公路路基边坡养护防护的过程中，需打造专业高效的边坡养护队伍，全面提升养护人员的专业能力与实操水平，满足边坡精细化养护的工作需求。通过建立常态化培训机制，围绕边坡养护技术、隐患识别方法、应急处置流程等重点内容，定期开展专业培训，邀请行业专家开展现场指导，提升养护人员对复杂地质、多变气象条件下边坡病害的判断能力、处置能力及技术应用能力。另外，还需优化养护队伍结构，积极引进专业技术人才，充实养护队伍力量，补齐专业人才缺口。在此基础上，建立健全激励机制，鼓励养护人员主动学习专业知识、提升实操技能，对工作表现优秀、实绩突出的人员给予表彰

励，充分激发队伍的工作积极性与主动性。同时，加强职业道德教育，引导养护人员坚守岗位、履职尽责，确保各项养护作业规范、高效开展。

3.6 加强协同联动，构建全方位养护防护格局

高速公路路基边坡养护防护，需强化各相关部门、各环节的协同联动，打破部门壁垒，构建“全方位、多层次、一体化”的边坡养护防护格局。相关部门需加强运维单位与地质、气象等相关部门的沟通协作，及时获取地质变化、气象预警等相关信息，提前部署防范措施，有效应对极端天气、地质灾害对边坡造成的影响。并建立健全边坡养护协同工作机制，明确各部门的职责分工，加强日常沟通对接，凝聚工作合力，共同推进边坡养护防护工作。另外，还要加强区域间运维经验的交流与合作，相互借鉴先进的养护技术与管理经验，结合自身实际优化养护方案，全面提升区域边坡养护防护的整体水平。同时，加强与施工单位的衔接配合，在道路建设阶段提前考量边坡后期养护需求，优化边坡设计与施工工艺，为后期养护防护工作开展奠定良好基础。

总而言之，路基边坡稳定是高速公路安全运维的核心关键，长效防护离不开常态化管护与因地制宜施策。未来，还需结合沿线地形、水文及气候条件，落实动态巡查、隐患前置处置、生态柔性防护等举措，以精细化养护守住边坡安全底线，从而切实保障路网通行平稳，为区域交通高质量发展夯实基础保障。

参考文献：

- [1] 魏斌.降雨条件下高速公路路基边坡稳定性研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(22):181-183.
- [2] 刘伟.高速公路路基高边坡稳定性及加固方案[J].黑龙江交通科技,2025,48(01):38-41+45.
- [3] 郭合维.高速公路路基边坡加固措施分析[J].交通世界,2025,(Z1):151-153.
- [4] 范凯亮,王飞.高速公路路基边坡稳定性及暴雨条件下的影响[J].黑龙江交通科技,2024,47(09):34-37.
- [5] 张志发.荣乌高速公路黄土路基高边坡稳定性分析及防护措施研究[D].长安大学,2022.