

山区公路线形设计对行车安全的影响分析

毛博永

重庆市交通规划勘察设计院有限公司 重庆 401121

【摘要】：山区公路穿越峡谷、陡坡和临崖边坡时，路线几何连续性直接决定驾驶人的视觉距离、速度选择和横向稳定余量，单项指标合格仍可能留下连续弯坡复合风险。本文分析沿线交通环境对线形布置的约束，梳理平纵横断面组合、急弯陡坡指标和连续运行视距的设计要点，并以安全裕度、制动距离要求和侧向加速度完成公路线形设计对行车安全的影响分析。线形优化后路段安全效果体现为负值安全裕度转向正值处置距离，半径放大、削坡清障、超高过渡和路肩加宽应按同一驾驶轨迹校核。

【关键词】：山区公路；线形设计；行车安全；平纵组合；停车视距

DOI:10.12417/2811-0528.26.18.088

引言

山区公路常在河谷、垭口、陡坡和连续转弯地段布设，道路中心线受到地形切割、边坡稳定、桥隧接线和村镇出入口共同限制。重载车辆低档爬坡、小客车跟驰超车、雨雾天气视认下降和临崖路肩避让空间不足，会使同一弯坡组合段承受多种驾驶任务。平曲线半径偏小、纵坡接近上限、横断面超高过渡不足时，车辆的实际运行速度会在短距离内反复升降，驾驶人可获得的视距和横向附着储备被同步压缩。线形设计对行车安全的影响不能只按平面、纵断面或横断面分别判断，而要放到连续行驶过程、视觉预判距离和路侧防护条件中分析。

1 山区公路线形设计方案

1.1 山区公路沿线交通环境特征概况

山区公路沿线地形起伏使路线展布常被河谷走向、边坡稳定和桥隧接线共同约束，驾驶人进入连续弯坡前看到的路面、护栏和标志信息并不完整。村镇出入口、急弯外侧汇水、长下坡末端平交口和临崖路肩会把横向避让空间压缩到同一断面，重载车辆低档爬坡与小客车跟驰超车之间形成速度差^[1]。设计线形若只追求绕避高填深挖，容易把小半径平曲线、短直线和凸形竖曲线叠放在视线受阻位置，车辆制动点向弯道内部后移，路侧防护设施承受的偏角也随之增大。雨季落石、雾天低能见度和冬季背阴结冰会改变曲线方向判断，危险信息应提前暴露在驾驶视野中。

1.2 路线平纵横断面组合设计方法

路线组合设计应先按自然地形确定可稳定开挖的走廊，再把平曲线、纵坡和横断面作为连续驾驶任务校核。平面线形在峡谷段宜减少短直线夹小半径曲线的突变，纵断面在凸形竖曲线长上坡和长下坡连接处保留可识别的速度调整距离，横断面则把超高渐变、路肩宽度和排水横坡放进同一过渡段^[2]。组合合理时，驾驶人的视线能够提前捕捉曲线方向，车辆侧向加速

度随横坡变化逐步释放，路面排水不会在弯道外侧形成连续水膜；组合失衡时，视距、附着和心理预期会在同一位置同时下降。弯道内侧削坡、外侧防护栏和排水边沟在同一横断面内占用净距，任一构造外移都会改变可见道路边缘。图1展示弯坡组合中的轨迹、视距和风险区域关系。

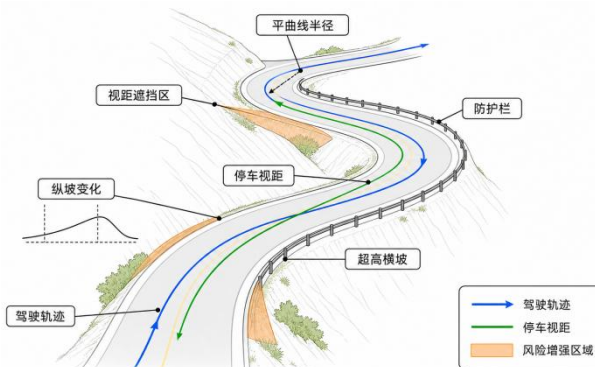


图1 山区公路线形组合安全关系示意

图1中，蓝色驾驶轨迹在连续平曲线处出现两次方向修正，绿色停车视距被内侧视距遮挡区截短，橙色风险增强区域靠近弯道入口和外侧防护栏，说明平曲线半径、纵坡变化和超高横坡必须在同一空间位置校核。

1.3 急弯陡坡路段线形安全指标控制

急弯陡坡路段的安全指标要围绕设计速度和实际运行速度共同设定，平曲线半径、缓和曲线长度、最大纵坡和坡长不宜分散取值后简单拼接。小半径曲线位于陡坡中段时，车辆下坡制动产生的纵向荷载转移会削弱外侧轮胎横向附着，超高不足或反超高残留会放大外摆趋势；凸形竖曲线接近弯道入口时，驾驶人对弯道半径和前方慢车的识别时间被缩短^[3]。指标控制的重点是让速度变化连续、线形预告清楚、路侧净区可用，必要位置用加宽、限速预告、抗滑面层和防护等级调整共同消化弯坡叠加风险。客货混行路段要把重载车辆制动距离和小客车跟驰视距放在同一最不利方向核验。

1.4 连续运行视距保障关键技术

连续运行视距来自道路几何、边坡开挖、植被控制和交通设施共同形成的可见走廊。山区内侧边坡、挡墙、桥台翼墙和隧道洞口容易遮挡弯道内侧,设计时应沿驾驶轨迹逐点校核停车视距,把削坡范围、护栏高度、标志位置和排水构造纳入同一视线包络。视距不足不宜只靠增设警示标志补救,内侧障碍物若没有退让,驾驶人发现停驶车辆或落石的时间仍然不足;削坡过大又会破坏边坡稳定,排水沟和截水沟应同步控制汇水路径。临崖和高填方段还要控制护栏端头、反光设施和弯道诱导标的视认顺序。

2 公路线形设计对行车安全的影响分析

2.1 行车安全影响评价指标方案设置

行车安全影响评价宜把几何连续性和车辆响应放入同一判定框架,连续急弯下坡的可供停车视距为55m、制动距离要求为68m,安全裕度为-13m;弯坡叠合临崖段的可供停车视距为62m、制动距离要求为70m,安全裕度为-8m,两个路段都属于视距供给小于停车要求的位置。复合弯坡路段可用安全裕度描述可供停车视距与实际制动距离要求之间的差值,正值表示驾驶人仍有处置余量,接近零时前方障碍、湿滑路面或重载车辆会放大追尾和冲出路外风险^[4]。安全裕度适合与运行速度、超高横坡和侧向加速度共同使用,既能指出几何线形不足,也能区分遮挡、坡度和车辆响应叠加后的风险来源。坡顶接小半径弯的可供停车视距为74m、制动距离要求为72m,安全裕度仅剩2m;安全裕度高于前两类负值路段,但低于调整后缓弯段的20m处置距离,应列入临界路段复测范围。

2.2 线形优化后路段安全效果分析

线形优化后的安全效果要回到风险位置和驾驶任务变化。平曲线半径增大后,车辆进入弯道时的方向修正角减小,横向加速度和轮胎侧偏要求同步降低;纵坡分段处理后,长下坡末端的制动热负荷得到分散,驾驶人不必在弯道入口集中完成降速和转向^[5]。削坡后缓弯段的可供停车视距达到96m,高于76m制动距离要求,安全裕度转为20m;加宽超高过渡段的118m视距高于78m制动距离要求,安全裕度增至40m,长直

缓坡连接段进一步形成63m处置距离。侧向加速度 1.85m/s^2 高于 0.61m/s^2 ,说明连续急弯下坡的横向稳定压力大于长直缓坡连接段,雨雾、冰雪和重载车队密集运行仍会重新压缩可用处置时间。表1汇总弯坡组合评价参数。

表1 山区公路线形安全评价设计情景

路段类型	平曲线半径(m)	纵坡坡度(‰)	可供停车视距(m)	制动距离要求(m)	安全裕度(m)	侧向加速度均值
连续急弯下坡	65	6.50	55	68	-13	1.85
削坡后缓弯段	130	3.20	96	76	20	1.05
弯坡叠合临崖	80	5.80	62	70	-8	1.62
长直缓坡连接段	220	1.50	145	82	63	0.61
坡顶接小半径弯	95	4.60	74	72	2	1.36
加宽超高过渡段	160	2.80	118	78	40	0.86

表1中,连续急弯下坡和弯坡叠合临崖的安全裕度分别为-13m和-8m,侧向加速度均值达到 1.85m/s^2 和 1.62m/s^2 ,风险集中在视距不足与横向稳定余量同时偏小的位置;削坡后缓弯段、加宽超高过渡段和长直缓坡连接段的安全裕度分别为20m、40m和63m,车辆轨迹调整不再挤压到弯道入口。

3 结语

山区公路线形设计对行车安全的影响集中体现为速度协调、视距供给和横向稳定。平面线形决定驾驶轨迹连续性,纵坡控制制动和加速要求,横断面超高与路侧防护影响车辆在弯坡组合处的稳定余量;单项指标合格但组合关系突变,风险会转向弯道入口、坡顶变坡点和临崖外侧车道。设计阶段应以安全车速为主线校核半径、坡长、视距和横坡过渡,把遮挡削坡、护栏端头、标志视认和排水抗滑落到具体桩号。评价结果适用于相近等级、相近地形切割和相近交通组成的山区路段,重载比例、冰雪气候或隧桥密集度变化时,线形指标仍应按实际运行速度重新计算。

参考文献:

- [1] 钱泳霖,傅沛瑶,贺浩楠,等.下穿隧道列车振动对桥上行车安全影响分析[J].四川建筑,2025,45(6):97-100.
- [2] 梁滕滕.公路隧道照明系统对行车安全的影响分析[J].中国照明电器,2026,(6):77-79.
- [3] 徐维.山区公路路线选择与线形设计研究[J].运输经理世界,2025,(16):26-28.
- [4] 刘春雷.山区公路路线平纵线形组合优化设计[J].江西建材,2022,(8):98-99+102.
- [5] 侯振东.山区公路路线设计中线形标准及平面设计方法[J].工程与建设,2022,36(4):975-978.