

山区复杂地形公路路线优化设计技术应用研究

苟 伟

中测工程勘察设计院有限公司 四川 成都 610031

【摘 要】：山区复杂的地形条件下公路路线设计属于道路工程领域的重要且难的问题。本文以山区公路路线设计的技术需求为出发点，对地形条件对路线走向、线形组合、工程规模的影响机理进行了系统的分析，在地形适应性选线、平纵横综合设计、生态协调与景观融合、安全设计等几个方面，提出了路线优化设计的技术方法。研究表明，山区公路路线优化设计的核心就是建立一个从地形分析、方案比选、线形优化到反馈验证的闭环设计流程，把地形适应性、工程可行性、运行安全性的有机统一起来。从具体的技术角度来讲，应该综合使用数字高程模型做三维地形分析，用基于运行速度的线形设计方法来考虑平纵横三者之间的协调配合，并把生态保护、景观融合等要素纳入路线方案的选择体系当中。研究结果可以给山区复杂的地形条件下公路路线设计提供技术上的参照。

【关键词】：山区公路；路线设计；线形优化；地形适应性；平纵横配合

DOI:10.12417/2811-0528.26.19.061

1 引言

公路路线设计属于公路工程建设的先导性工作，路线方案的好坏直接决定工程建设的难易程度、投资规模以及建成后的运营安全和服务水平^[1]。平原微丘地区地形条件比较简单，路线设计有较大的自由度，在山区复杂地形条件下，公路路线设计受到地形约束明显增多，路线走向受高程变化、坡面倾向、沟谷分布等的影响比较突出^[2]。

2 山区地形特征及其对路线设计的影响

2.1 山区地形的基本特征

山区地形基本特征可以用高差大、坡度陡、变化快、限制多来概括。海拔高差大需要处理明显的高程变化，自然坡度陡要保证路线布设时能在有限的地形空间内合理展线，地形变化快可能会使路线经常穿越不同的地貌单元，限制多则表现为地形对路线走向、线形指标以及工程规模的刚性约束^[3]。

从工程角度出发，山区地形对于路线设计的影响主要有以下几点。高程分布特点决定路线纵断面的设计——跨越山脊要克服高差，沿山谷布线要考虑洪水位及排水情况。坡面倾向、坡度影响路线横断面设计——顺坡布线需处理半填半挖或全挖方边坡，逆坡布线易遇厚覆盖层、不良地质^[4]。

2.2 地形条件对路线方案的决定性影响

山区公路的设计当中，地形状况属于路线方案选择的关键要素。不同的地形单元对路线布设方式有不一样的技术要求。沿溪线布设时路线沿河谷阶地展布，地形纵坡比较平缓，但是要考虑到洪水位、河岸冲刷和地质灾害的影响。越岭线布设时，路线要翻过山脊，纵坡陡峻，展线空间小，隧道方案与展线方案的比选成为设计的主要工作。路线沿山脊走向，两侧横坡陡

峭，挖方边坡稳定性问题比较突出。

3 山区公路路线优化设计的技术体系

3.1 基于地形分析的路线选线方法

路线选线是公路设计的基础工作，在山区复杂的地形条件下，路线选线是否合理直接影响到工程规模和建设难易程度。现代路线选线要充分利用数字高程模型、地理信息系统等信息技术手段，从三维空间上对地形条件做细致的分析。对数字高程模型进行坡度分析、坡向分析、汇水区分析，可以找到有利于路线布置的地形走廊，避开地质灾害高发区、生态敏感区。

地形适应性选线的主要思想就是“顺势而为”，即顺从地形的自然走向，尽量使路线与地形等高线保持合理的角度关系。沿溪线地段路线宜沿河流阶地布线，利用自然纵坡；越岭地段应通过多个方案的比较来确定合理的越岭高程和展线方式；山脊地段路线宜沿山脊走向，防止频繁的横坡跨越。合理的路线走向要使土石方工程在项目全线的分布趋于均衡，不能出现大量的高填深挖路段。

路线方案的比选要从地形适应性、地质条件、工程规模、环境影响、运营安全等各方面综合考虑。方案比选不能只看工程造价，应该把长期运营成本、环境影响也考虑进去。在山区条件下，不同的路线方案投资相差很大，但是低价方案并不一定是综合效益最好的方案，因为低初始投资会带来较高的边坡防护费用或者较差的运营安全条件。

3.2 线形设计的优化策略

线形设计是路线优化设计的主要内容，它包含平面线形、纵断面线形和横断面设计这三大部分。三个方面的设计互相联系、互相制约，要在统一的框架内加以综合协调。

平面线形设计要以地形分析为基础来确定路线的平面走向及交点位置。山区条件下平面线形优化的重点是曲线半径选择以及曲线间组合。设计人员不能用小的曲线半径来保证行车安全、舒适性。连续曲线路段要注意曲线间直线段的长度,不能出现“短直线接小半径曲线”的不利组合。当需要使用卵形曲线、复合曲线等特殊线形组合形式来更好地适应地形变化的时候,就会使用到曲线。

纵断面线形设计要充分利用地形的高程变化,使路线纵坡和自然地面坡度的变化趋势相适应。山区纵断面设计重点是坡度选择、坡长控制、竖曲线设置。设计人员不能采用过于陡的纵坡,以免重载车辆上坡时速度骤降,下坡时制动系统过热。坡长控制同样重要,长距离的大纵坡路段要设置爬坡车道或者避险车道。竖曲线半径应满足视觉条件和行车舒适性要求,不能出现凸形竖曲线顶部视距不足的情况。

3.3 平纵横综合设计方法

平纵横综合设计就是把平面线形、纵断面线形和横断面设计作为一个整体来统筹考虑的设计方法。在山区复杂的地形条件下,平、纵、横三者之间协调配合就显得特别重要。平面和纵面的组合决定路线在三维空间中几何形状,横断面设计体现路线同自然地形之间空间关系。

平纵横综合设计的主要原则就是均衡、协调、连续。均衡就是各个技术指标之间保持合理的搭配关系,即高标准的平曲线要配合适当的纵坡、横断面形式,不能出现平曲线半径大而纵坡陡的不协调组合。设计人员在具体操作上应该使用根据运行速度来设计线形的方法,把车辆的实际运行速度作为线形设计的控制标准,而不能机械地套用设计速度所对应的指标值。对车辆在连续线形路段上运行的速度进行预测,可以找到线形突变点,在方案阶段就对线形突变点进行针对性的优化调整。

4 生态协调与景观融合设计

4.1 路线方案与自然环境的协调

山区公路路线设计要重视和自然环境的协调。传统的路线设计以工程经济为重,对于生态环境的保护考虑较少。在生态文明建设的背景下,路线方案的选择应该把生态影响当作重要的评价指标,在方案比选时综合考虑工程投资和生态代价。

路线同自然环境协调的基本原则为避让优先、减缓其次、补偿为辅。设计时应当首先挑选出对生态环境破坏最少的线路走廊,避开自然保护区核心区、水源涵养区、珍稀动植物栖息地这些生态敏感地区。当不能完全避让的时候,应该采取合理的工程措施减缓生态影响,例如采用隧道代替深路堑、桥梁代替高填方等。对无法避免的生态损失要制定相应的生态补偿方案。

4.2 边坡防护与生态恢复设计

山区公路边坡工程属于路线设计的重要组成部分。传统的边坡设计把工程安全放在首位,大量使用圬工防护,虽然可以保证边坡的短期稳定,但是在生态、景观方面存在明显的不足。现代边坡设计要将生态防护和工程防护结合起来,在保证边坡稳定的基础上,尽可能地恢复植被覆盖。

生态防护技术的选择要依据边坡的坡度、岩土性质、气候条件等各方面。对于土质边坡、强风化岩质边坡,可以采用客土喷播、植生袋、生态格宾网等生态防护技术,依靠植物根系的锚固作用来提高浅层稳定性,恢复植被覆盖。对稳定性差的岩质边坡采用锚杆框架梁、主动防护网等工程防护措施和生态恢复措施相结合的方法。边坡生态恢复的植物选择要选用乡土物种,不能引进外来物种引发生态风险。

4.3 路域景观与行车体验的融合

山区公路不但是交通运输的通道,更是展示区域自然、人文景观的窗口。在路线设计时要考虑路域景观的营造,把公路融入周边的山水环境中。景观设计内容包含路侧绿化、休息区景观、隧道洞口景观、桥梁景观等各个方面。

路侧绿化设计要重视植物配置的层次性以及季相变化,塑造出具有地域特色、具有绿色廊道效应的景观。视线开阔的地方要留出观景视廊,设观景平台,使驾乘人员在安全停车的情况下观赏沿线的自然风光。隧道洞口景观设计要注重和山体环境的协调,不能有生硬的人工痕迹。桥梁结构形式要简明大方,色彩选择要与周围环境相协调。

5 山区公路路线安全设计

5.1 基于运行安全的线形评价

山区公路线形安全问题要放在首位考虑。在山区条件下,由于地形条件的限制,线形指标较低,所以更需要对设计方案的安全性做系统的评价。按照运行速度的线形评价是一种有效的办法,对车辆连续路段运行速度加以预测并加以检查,就能找到潜在的线形安全隐患。运行速度的突变点是事故的高发部位,这些部位应该成为线形优化的重点对象。当预测出的运行速度和设计速度有较大差别时,应该按照运行速度对有关技术指标进行校核。对安全评价中发现的问题,在设计方案中予以解决,防止安全隐患在运营阶段出现。

5.2 连续长下坡路段的安全设计

山区公路连续长下坡路段是事故高发路段。长下坡路段的主要安全风险是货车制动系统过热造成的制动失效。对于这个问题,在路线设计上要控制平均纵坡和坡长,当纵坡超过一定值时,应限制坡长或者在适当位置设置缓坡段。设置避险车道

是长下坡路段的安全措施之一,避险车道的位置应根据地形条件、路段纵坡分布合理确定,避险车道的长度、坡度要满足设计车辆的制动要求。避险车道入口处应设置醒目的警示标志和引导设施,保证失控车辆能顺利进入。另外,在长下坡路段还要在适当的位置设置降温池或者加水点,给货车提供制动系统降温的条件。

5.3 视距保障与交通工程设施

视距属于保证行车安全的基本条件之一。山区公路受地形、线形等条件的影响,视距不足的现象较多。路线设计时应保证停车视距满足要求,在条件受限的路段可以采用会车视距或者超车视距作为补充。在弯道内侧有遮挡视线的障碍物时,可以通过开挖视距台、改变线形或者设置凸面镜等方式来改善视距条件。交通工程设施的设置是改善山区公路安全性的又一重要手段。在急弯、陡坡、连续弯道等危险路段,要设置完善

的警告标志、限速标志、导向设施。视距不足时设置禁止超车标志,防止强行超车造成的交通事故。路侧护栏的设置要根据路侧危险程度来定,边坡高、临水临崖等危险路段要设置相应的护栏。

6 结语

山区复杂的地形条件下,公路路线优化设计属于一项系统的工程。本文从地形特征分析、路线选线方法、线形设计优化、生态协调融合和安全设计等几个方面对山区公路路线优化设计技术进行了系统的分析。山区公路路线优化要以地形适应性为基础,运行安全为约束,生态协调为目标,建立综合设计体系。数字高程模型、地理信息系统等技术方法给地形分析、路线选线提供强有力的工具支持,运行速度线形评价方法给方案安全性量化评价提供技术手段,生态防护、景观融合设计给路线方案环境协调性提供保障。

参考文献:

- [1] 李子龙,曹娅利,鲍学英,等.基于设计的山区铁路钢桁梁桥与环境耦合研究[J].铁道工程学报,2025,42(3):102-109.
- [2] 孙杰,班午东.基于地形地貌的山区高速公路选线技术与路线优化设计[J].四川水泥,2025(6):217-219.
- [3] 潘发吉.基于 BIM 技术的山区公路复杂路段路线优化设计[J].人民公交,2025(4):134-137.
- [4] 蓝梓濠.BIM 技术在某高速公路建设中的应用研究[J].工程技术研究,2024,9(19):55-57.