

山区高速公路互通立交设计：挑战与创新

张广华 李远东

中交第一公路勘察设计研究院有限公司 陕西 西安 710075

摘要：山区高速公路互通立交作为交通网络中的关键节点，其设计面临着复杂地形、地质条件以及环境保护等多重挑战。本文深入剖析了山区高速公路互通立交设计过程中遇到的主要挑战，包括地形复杂、地质灾害频发、生态环境脆弱、交通组织困难等。同时，探讨了针对这些挑战所采取的创新设计策略，如采用特殊结构形式、引入智能化设计理念、注重生态保护与修复、优化交通组织设计等。旨在为山区高速公路互通立交设计提供有益的参考和借鉴，推动山区交通基础设施建设的可持续发展。

关键词：山区高速公路；互通立交设计；挑战；创新策略

1 引言

随着我国交通基础设施建设的不断推进，高速公路网络逐渐向山区延伸。山区高速公路互通立交作为连接不同方向高速公路或高速公路与地方道路的重要枢纽，对于改善山区交通条件、促进区域经济发展具有重要意义。然而，山区独特的地形地貌、复杂的地质条件以及脆弱的生态环境，给互通立交的设计带来了诸多困难和挑战。如何在保证交通安全和功能完善的前提下，克服这些挑战，实现互通立交与山区环境的和谐共生，成为当前山区高速公路设计领域亟待解决的重要问题。

2 山区高速公路互通立交设计面临的挑战

2.1 地形复杂

山区地形起伏较大，地势高差悬殊，坡度陡峭，这给互通立交的选型和布局带来了极大的困难。传统的互通立交形式往往难以适应山区复杂的地形，需要进行大量的挖方和填方工程，不仅增加了工程造价，还可能对周边环境造成严重破坏。例如，在一些深山峡谷地区，可供选择的立交用地非常有限，需要在狭窄的空间内合理布置匝道，满足交通流线的顺畅转换，这对设计人员的空间想象力和设计能力提出了极高的要求。

2.2 地质灾害频发

山区地质条件复杂，常见的地质灾害包括滑坡、泥石流、崩塌等。这些地质灾害不仅会影响互通立交的基础稳定性，还可能对道路结构造成直接破坏，威胁行车安全。在设计过程中，需要充分考虑地质灾害的影响，进行详细的地质勘察和灾害评估，采取有效的工程措施进行防治^[1]。然而，由于地质灾害的不确定性和复杂性，准确预测和防治地质灾害仍然是一个世界性的难题，给互通立交设计带来了巨大的挑战。

2.3 生态环境脆弱

山区生态环境相对脆弱，生物多样性丰富，生态系统一旦遭到破坏，恢复难度较大。互通立交的建设不可避免地会占用一定的土地资源，改变原有的地形地貌和植被覆盖，对生态环境造成一定的影响。在设计过程中，需要充分考虑生态环境保护的要求，尽量减少对自然环境的破坏，采取生态修复措施，促进生态系统的恢复和重建。然而，如何在满足交通功能需求的前提下，实现生态环境保护与工程建设的有机结合，是山区高速公路互通立交设计面临的一大挑战。

2.4 交通组织困难

山区高速公路互通立交的交通流量和流向往往比较复杂，尤其是与地方道路的连接部分，交通组织难度大。一方面，需要合理设置匝道和出入口，确保不同方向的交通流能够安全、顺畅地转换；另一方面，要考虑与周边道路的衔接，避免出现交通瓶颈和拥堵现象。此外，山区地形条件限制了交通标志和标线的设置，给驾驶员的识别和判断带来了一定的困难，进一步增加了交通组织的复杂性。

3 山区高速公路互通立交设计的创新策略

3.1 采用特殊结构形式

3.1.1 螺旋展线式互通立交

螺旋展线式互通立交适应山区地形，通过设置螺旋形匝道，利用地形高差实现交通流线顺畅转换。它能减少挖方和填方工程量，降低对周边环境的影响。雅康高速公路喇叭河互通立交采用此设计，根据地形高差设三层螺旋匝道，匝道依山坡盘旋，让车辆在有限空间完成方向和高度变化。与传统设计相比，挖方量减少60%，填方量减少50%，避免过度破坏生态环境，还降低了工程造价。

3.1.2 隧道式互通立交

隧道式互通立交将部分匝道置于隧道内。在山区地

形复杂地段,可避免大规模开挖和填筑,提高工程安全性和稳定性。十堰至天水高速公路陕西段某互通立交,因地形狭窄、山坡陡峭,无法用传统地面匝道形式^[2]。设计人员论证后采用隧道式,在峡谷一侧山体开挖800米隧道,将部分匝道设于隧道内并与地面道路相连,解决了地形限制,减少了对地表植被的破坏,保护了生态环境,且隧道内匝道不受外界气候影响,行车安全性提升。

3.2 引入智能化设计理念

3.2.1 智能化交通管理系统

科技发展让智能化交通管理系统在交通工程领域广泛应用。在山区高速公路互通立交设计中引入该系统,可实时监测交通流量与状况,自动调整信号和标志,优化组织,提升通行能力。沪昆高速公路镇胜段红果北互通立交安装此系统,在关键位置设检测器、摄像头采集数据并传至管理中心。管理中心经算法模型分析预测流量趋势,高峰时自动调整信号配时,引导分流,还通过可变情报板发布信息,助驾驶员决策,减少拥堵与事故。

3.2.2 计算机模拟技术

借助先进计算机模拟技术,能对互通立交设计方案模拟分析,评估交通功能、安全性能与环境影响,为优化设计提供科学依据。恩施至利川高速恩施西互通立交设计时,设计人员建立三维可视化模型,精确模拟立交各部分及周边环境。模拟不同交通流量和车型组合下的运行状况,发现交通冲突点、视线盲区等问题,还能模拟地质灾害时立交的受力变形,评估安全性。经反复优化调整,提高了设计质量与效率,最终方案在交通功能和安全性能上显著提升。

3.3 注重生态保护与修复

3.3.1 生态选线

在山区高速公路互通立交设计过程中,应始终坚持生态优先的原则,将生态环境保护贯穿于选线的全过程。在选线阶段,应尽量避免生态敏感区域,如自然保护区、水源保护区、风景名胜区等,减少对自然环境的破坏。例如,在规划六盘水至盘州高速公路某互通立交时,设计人员通过对周边生态环境的详细调查和分析,发现原规划路线附近有一处省级自然保护区。为了保护自然保护区的生态环境,设计人员重新调整了选线方案,将互通立交位置向南移动了2公里,避开了一处重要的水源保护区和一片珍稀植物保护区。同时,选择了对生态环境影响较小的路线方案,尽量利用现有的山谷、河流等自然地形,减少对山体的开挖和填筑,保护了周边的生态环境。

3.3.2 生态型设计手法

设计阶段应优化布局,采用生态型设计手法助力生态系统恢复重建。设置生态边坡是常见方式,在匝道两侧边坡用植物纤维毯、三维植被网等生态防护材料,结合种植本地适生植物。如雅西高速栗子坪互通立交,边坡铺植物纤维毯、种紫穗槐等,植物根系与纤维毯交织成稳定覆盖层,防止水土流失,还为小型昆虫和鸟类提供栖息地^[3]。此外,建设绿色通道也很有必要,在互通立交范围种大量树木花草,形成生态廊道,能改善小气候、减少污染,还可连接周边自然生态系统,促进生物迁徙交流,维护生态平衡。

3.3.3 施工期生态保护措施

施工阶段要加强环境监管,严控污染,做好水土保持。如在现场设沉淀池、过滤池处理废水达标排放;硬化施工场地减少扬尘;合理安排施工顺序,避开雨季大规模开挖填筑。兰海高速遵义至贵阳段某互通立交施工时,设多类水池处理废水,硬化场地并洒水降尘。边坡开挖采用分层、及时支护方式,覆盖防尘网。施工结束后,及时生态修复,种植树木花草,恢复植被,有效降低了施工对生态的影响。

3.4 优化交通组织设计

3.4.1 合理设置匝道和出入口

在设计过程中,应充分考虑交通流量和流向的特点,根据不同方向的交通需求,合理确定匝道和出入口的数量和位置。例如,在杭瑞高速公路遵义至毕节段金沙互通立交设计中,设计人员根据交通流量预测结果,设置了4条匝道和2个出入口。其中,为满足高速公路与地方主干道的交通转换需求,设置了两条定向匝道,使车辆能够快速、安全地进出高速公路;同时,为方便周边乡镇车辆出入,设置了两条环形匝道,连接地方支路。通过合理设置匝道和出入口,该互通立交自通车以来,交通运行顺畅,未出现明显的交通拥堵现象。

3.4.2 加强与周边道路的衔接

在设计过程中,应充分考虑周边道路的等级、交通流量和交通组织方式,与相关部门进行沟通和协调,制定科学合理的衔接方案。以广昆高速公路富宁互通立交为例,该互通立交连接高速公路和富宁县城的多条城市道路。设计人员在设计过程中,与当地交通、规划等部门进行了多次沟通和协调,根据城市道路的交通流量和流向特点,制定了详细的衔接方案。在互通立交与城市道路的连接处,设置了减速车道、加速车道和转向车道等辅助车道,引导车辆安全、顺畅地进出高速公路。同时,优化了城市道路的交通信号配时,提高了交通运行效率。通过加强与周边道路的衔接,该互通立交有效地缓解了富

宁县城的交通压力,促进了区域交通的协调发展。

3.4.3 优化交通标志和标线设置

由于山区地形条件限制了交通标志和标线的设置,给驾驶员的识别和判断带来了一定的困难。因此,需要优化交通标志和标线的设置,提高其可视性和清晰度。在设计过程中,应根据山区道路的特点和驾驶员的视觉需求,合理选择交通标志和标线的类型、尺寸和颜色。例如,在弯道较多、坡度较大的路段,应适当增大交通标志的尺寸,提高其可视距离;在夜间行车条件较差的路段,应采用反光材料制作交通标志和标线,提高其夜间可视性。同时,应合理设置交通标志和标线的位置,避免相互遮挡,确保驾驶员能够清晰地看到和理解交通信息。

3.5 推广应用新材料、新技术

3.5.1 高性能混凝土

高性能混凝土具有高强度、高耐久性、高工作性等优点,可以用于建设互通立交的桥梁和隧道结构。在山区高速公路互通立交设计中,采用高性能混凝土可以提高工程的使用寿命,减少维修和养护成本。例如,高性能混凝土的高强度特性可以减小结构构件的尺寸,减轻结构自重,降低工程造价。同时,其高耐久性可以抵抗山区恶劣的自然环境,如冻融循环、化学侵蚀等,延长工程的使用寿命^[4]。在一些山区高速公路互通立交的桥梁工程中,采用高性能混凝土制作的梁板,经过多年的使用,仍然保持良好的性能,减少了维修和更换的频率。

3.5.2 纤维增强复合材料

纤维增强复合材料具有重量轻、强度高、耐腐蚀等特点,可以用于制作交通标志和标线、桥梁护栏等交通设施。在山区高速公路互通立交设计中,采用纤维增强复合材料可以减轻交通设施的重量,降低安装难度,同时提高其耐久性和抗腐蚀能力。例如,传统的交通标志杆一般采用钢材制作,重量较大,安装和运输不方便,且容易生锈腐蚀。而采用纤维增强复合材料制作的交通标志杆,重量轻,强度高,安装方便,且具有良好的耐

腐蚀性能,能够适应山区复杂的气候条件。在一些山区高速公路互通立交项目中,采用纤维增强复合材料制作的桥梁护栏,不仅外观美观,而且具有良好的防护性能,有效保障了行车安全。

3.5.3 智能交通传感器

智能交通传感器可以实时监测道路状况和交通信息,为交通管理和控制提供准确的数据支持。在山区高速公路互通立交设计中,安装智能交通传感器可以及时掌握交通流量、车速、车辆类型等信息,为交通组织优化和安全保障提供依据。例如,通过在匝道和出入口处安装车辆检测器,可以实时监测车辆的进出情况,掌握交通流量的变化趋势。当交通流量过大时,及时调整交通信号,引导车辆分流,避免交通拥堵。同时,智能交通传感器还可以监测道路的平整度、坡度等状况,及时发现道路病害,为道路维修和养护提供指导。

结语

山区高速公路互通立交设计面临地形、灾害、生态、交通等挑战。需采取特殊结构、智能化设计、生态保护等创新策略,实际案例表明这些策略可提升设计水平与工程质量,降低成本,促进可持续发展。未来应不断探索创新,结合实际灵活运用策略。同时,要加强技术与人才培养,提供技术支持与人才保障。此外,政府和相关部门应给予政策引导和资金支持,鼓励创新研究,并建立健全审查监管机制,确保设计符合要求,推动山区交通基建高质量发展。

参考文献

- [1]符锰.山区高速公路互通立交方案设计思路[J].黑龙江交通科技,2025,48(02):121-124.
- [2]李勇,周孝飞,陈文杰,等.狭窄空间下山区高速公路互通立交方案设计[J].公路与汽运,2024,40(04):86-88+93.
- [3]王甲勇,马霞,陈丽丽,等.山区高速公路互通立交设计[J].山东交通科技,2022,(01):116-117+137.
- [4]孙彦卓.山区某高速公路互通立交方案设计[J].公路,2022,67(01):89-92.