

山区高速公路互通式立交设计与选型

朱俊迪

中设科欣设计集团有限公司金华分公司 浙江 金华 321000

摘要：山区高速公路互通式立交设计需平衡地形适应性、功能需求与生态保护。通过螺旋展线、定向匝道等形式适配复杂地形，结合地质条件采用差异化结构处理，如岩质边坡用锚杆挡墙、软基区用桩基础。选型需区分枢纽型与服务型功能，枢纽型侧重快速转换，服务型兼顾地方便利，同时融入景观协调与生态防护技术。多维度整合设计思维，使互通式立交成为交通载体与自然过渡节点，保障通行能力与区域生态完整。

关键词：山区高速公路；互通式立交；设计；选型

引言

山区高速公路建设中，互通式立交是关键节点，但其设计面临地形复杂、地质多样、生态敏感等挑战。常规设计方案难以适配山区特殊条件，需创新设计与选型方法。本文聚焦山区环境，探讨互通式立交在地形地质适应、线形优化、安全保障等方面的设计要点，分析结合功能、地形、经济及环境的选型方法，旨在为提升山区互通式立交的工程适用性与生态协调性提供思路。

1 山区高速公路互通式立交概述

山区高速公路互通式立交的设计需兼顾地形复杂性与交通功能需求，其布局往往突破常规平交模式，呈现出依山就势的立体形态，通过多层次匝道系统实现主线与被交道路的高效转换，同时最大限度减少对山体植被的扰动。这种特殊环境下的工程形态，要求平面线形设计与纵坡控制形成动态平衡，例如在深切峡谷区域，可采用螺旋展线式匝道衔接上下行主线，既满足规范要求的最大纵坡限制，又利用地形高差缩短匝道长度，降低工程填方量。互通式立交的结构选型需结合地质条件差异化处理，对于岩质边坡路段，可采用锚杆挡墙配合悬臂式桥台，减少开挖范围的同时增强结构稳定性，而在软土地基分布区，则需通过桩基础与路基换填技术控制工后沉降，确保匝道与主线衔接处的平顺性。枢纽型互通与服务型互通的功能划分在此类场景中更为突出，前者需通过定向匝道实现高等级道路间的快速转换，减少交织冲突，后者则需靠近村镇节点设置，采用半苜蓿叶式或菱形方案，兼顾地方车辆进出便利性与主线通行效率。景观协调性设计成为山区互通式立交的隐性要求，匝道曲线半径的选择需与周边山体轮廓形成视觉呼应，边坡防护工程可采用生态袋植生技术，使混凝土结构与自然植被逐步融合，夜间照明系统则需控制眩光角度，避免对沿线野生动物栖息环境造成干扰。这种多维度设

计思维的整合，使得山区互通式立交不仅是交通转换的工程载体，更成为连接自然地貌与人工构造物的过渡节点，在满足通行能力的同时，维系着区域生态系统的完整性。

2 山区高速公路互通式立交设计要点

2.1 地形与地质适应性设计

山区地形复杂多变，山峦起伏、沟壑纵横，地质条件也极为多样，从坚硬的岩石到松散的土体，从稳定的地层到潜藏断层、滑坡等地质灾害隐患区域。在进行互通式立交设计时，需对地形地质进行深入勘察与分析。针对陡峭山坡，可采用螺旋式或环形匝道设计，利用地形高差，以较小的占地面积实现匝道的展线与坡度调整，避免大规模的山体开挖，减少对自然地形的破坏，降低滑坡、泥石流等地质灾害发生风险^[1]。若遇岩质较好区域，可考虑采用悬臂式、扶壁式挡墙等结构形式，充分发挥岩体的承载能力，减小基础工程规模；在软土地基区域，则需通过深层搅拌桩、CFG桩等复合地基处理技术，或采用桩基础，提高地基承载能力，控制工后沉降，确保互通式立交结构的稳定性与耐久性。在沟谷地带设置互通时，应合理规划桥梁跨径与桥台位置，避免压缩沟谷行洪断面，保障排水通畅，同时优化桥梁基础形式，适应沟谷复杂地质条件。

2.2 线形设计

山区高速公路互通式立交的线形设计需兼顾行车安全、舒适与地形适应。平面线形方面，匝道曲线半径选择需综合考虑设计速度、车辆行驶轨迹及地形限制。在地形允许情况下，尽量采用较大半径曲线，减少车辆行驶时的离心力，提高行车舒适性；对于受地形约束的地段，可采用卵形曲线、复合曲线等组合形式，实现不同半径曲线间的平滑过渡，保证车辆行驶顺畅。缓和曲线设置应根据匝道线形变化情况精确确定长度与参数，确

保车辆在变速行驶过程中能平稳完成曲率过渡。纵面线形设计要严格控制纵坡坡度与坡长,避免出现过长陡坡或连续陡坡,防止车辆行驶过程中出现动力不足或制动失效情况。对于爬坡匝道,可采用变坡设计,在开始爬坡段设置较小纵坡,便于车辆加速,中间段适当加大纵坡以有效利用地形高差,接近终点段再减小纵坡利于车辆平稳减速。竖曲线设计应结合平曲线,达成平面曲线涵盖竖曲线这样的良好组合,保证驾驶员有足够视距,提升行车安全性。在主线与匝道连接部位,需精心设计变速车道长度与渐变率,使车辆能安全、顺畅地完成加速与车道转换操作。

2.3 交通安全性设计

山区高速公路互通式立交交通环境复杂,交通安全设计至关重要。视距设计要充分考虑山区地形对视距的遮挡影响,在弯道、匝道出入口等关键位置,通过合理调整线形、清除障碍物、设置反光镜等措施,确保驾驶员拥有充足的行车视距,提前发现交通状况并做出反应。交通安全设施方面,在匝道外侧、分流合流处、陡坡路段等危险区域,应设置高强度、防撞性能良好的护栏,如混凝土护栏、波形梁钢护栏等,对失控车辆起到有效阻挡与导向作用;在互通范围内设置清晰、醒目的交通标志与标线,包括指示标志、禁令标志、警告标志及车道分界线、边缘线等,引导车辆正确行驶,规范交通秩序。考虑到山区夜间行车视线不佳,合理布置照明设施,保证互通区域有足够光照度,且避免眩光影响驾驶员视线。针对山区特殊气候条件,如暴雨、大雾等,在设计时可预留气象监测设备安装位置,以便实时监测气象信息,通过可变信息板及时向驾驶员发布恶劣天气预警与交通管制信息,提前采取防范措施,降低交通事故发生概率^[2]。

2.4 排水与防护设计

山区降雨量大且集中,地形起伏导致汇水速度快,因此互通式立交排水设计极为关键。地表排水方面,在匝道、路基边缘设置完善的边沟、排水沟,将路面雨水迅速引至排水系统;合理设置截水沟,拦截山坡上方来水,避免对互通区域造成冲刷。排水系统设计要精确计算汇水面积与流量,确保排水能力满足最大暴雨强度下的排水需求,防止积水影响行车安全。地下排水方面,对于地下水位较高区域,设置盲沟、渗井等设施,降低地下水位,减少地下水对路基、基础的侵蚀破坏。边坡防护是保障互通式立交稳定的重要措施,对于土质边坡,采用植草、浆砌片石护坡、土工格栅加筋土护坡等形式,利用植被根系固土或工程结构增强边坡稳定性;

岩质边坡则可采用锚杆锚索支护、喷射混凝土防护等方法,防止岩石风化、剥落,确保边坡长期稳定。在容易发生泥石流、滑坡等地质灾害区域,设置抗滑桩、挡土墙等支挡结构,拦截和阻挡泥石流,增强土体稳定性,保障互通式立交在复杂地质条件下的安全运营。

3 山区高速公路互通式立交选型方法

3.1 结合功能需求选型

(1) 枢纽型互通需聚焦高等级道路间的快速转换效率,其选型应优先保障定向匝道的连续通行特性,通过无交织、无冲突的线形设计实现交通流的高效分流与合流,此类场景下的选型需匹配主线设计速度,采用全定向或半定向组合式方案,使长距离过境交通无需减速即可完成转向操作,同时避免与地方交通流产生路径交叉,确保路网整体通行能力的最大化释放。(2) 服务型互通的选型需以地方交通进出便利性为核心考量,其方案应靠近城镇、产业园区等交通发生源,采用集散车道与主线分离的设计逻辑,通过菱形或部分苜蓿叶式等形式缩短地方车辆的绕行距离,匝道设计需兼顾小型客车与货运车辆的通行特性,在转向角度与纵坡设置上平衡不同车型的操作需求,使服务功能与主线通行效率形成动态适配^[3]。(3) 兼具枢纽与服务功能的复合型互通,选型时需构建分层级的交通组织模式,将高优先级转向车流通过上层定向匝道快速疏散,低优先级地方车流通过下层环形或半环形匝道有序集散,通过空间分层减少不同功能交通流的相互干扰,使单一互通节点既能满足路网间的战略转换需求,又能承接区域内的日常出行服务。

3.2 依据地形地质条件选型

(1) 在深切峡谷地形区,互通选型需充分利用地形高差实现立体展线,可采用螺旋式匝道与桥梁组合方案,通过匝道的竖向盘旋消化高程差,配合大跨度桥梁跨越沟谷,减少对峡谷两侧山体的开挖扰动,同时利用峡谷气流特性优化匝道线形走向,降低强风环境对行车稳定性的影响,使结构布局与峡谷空间形态形成有机呼应。(2) 岩质边坡分布区的互通选型应注重结构与岩体的协同受力,优先采用锚杆挡墙与短肢剪力墙组合的桥台形式,使匝道基础直接嵌入稳定岩层,通过结构与岩体的刚性连接减少开挖范围,在曲线匝道段落可利用岩体天然整体性设置局部隧道式匝道,将人工构造物融入山体内部,降低边坡防护工程规模。(3) 软土地基与岩溶发育区的选型需强化基础形式的适应性,采用桩基础与筏板承台组合结构承载匝道荷载,通过桩体穿越软弱层或岩溶空洞直达稳定持力层,在匝道平面布置上选择小半径曲线减少对软土区域的占用,配合路基注

浆技术填充岩溶裂隙,使结构选型与地质缺陷形成针对性的解决方案,保障互通节点的长期结构稳定。

3.3 考虑经济性与可行性选型

(1) 选型过程中需建立全生命周期成本评估框架,不仅关注初期建设成本,还需纳入运营阶段的养护费用与风险成本,例如在地形复杂区域选择环形匝道虽可能增加初期桥梁建设投入,但可减少后期边坡治理的反复维护,而采用简单菱形方案虽初期成本较低,但若因地形限制需大规模填方,可能导致后期沉降处理费用剧增,需通过成本动态平衡确定最优方案。(2) 施工可行性是选型的隐性约束条件,需结合区域施工资源与技术能力确定方案,在缺乏大型吊装设备的山区,避免选择大跨度连续梁桥作为匝道跨越结构,可改用预制装配式简支梁结构降低施工难度,对于地质勘察揭示的深埋不良地质体,若处理技术超出常规工程经验,应调整互通选型避开该区域,通过方案适应性调整确保施工过程的可控性。(3) 材料运输条件对选型的影响需提前预判,在运输通道狭窄的山区,避免采用需现场浇筑的大体积混凝土结构,优先选择模块化预制构件通过小型运输设备分段运送至现场拼装,同时结合当地建材资源选择结构形式,如附近有充足石材可采用浆砌片石挡墙替代混凝土挡墙,通过材料本地化降低运输成本,使选型方案与区域建设条件形成经济适配^[4]。

3.4 注重与环境协调选型

(1) 互通选型需构建与山体轮廓的视觉协调关系,匝道曲线半径的变化节奏应匹配周边山峦的起伏韵律,在凸形山体区域采用外凸式曲线匝道,使人工线形与自然地形的凸向形成呼应,在凹形山谷地带则采用内凹式曲线,通过空间形态的顺势延续减少视觉突兀感,同时控制匝道最大填土高度,使其低于周边山体坡脚线,避免形成视觉上的压迫感。(2) 生态敏感性区域的选型

需建立避让优先原则,在野生动物迁徙通道附近,优先选择菱形互通减少匝道对栖息地的切割,通过缩短匝道总长度压缩工程占地范围,配合设置生态廊道与植被过渡带,使互通节点成为生态系统的连接媒介而非阻隔屏障,在珍稀植物分布区则采用高架式匝道跨越,将地面空间完整保留给原生植被群落。(3) 声环境与光环境协调需融入选型细节,在临近自然保护区的互通选型中,避免采用连续小半径曲线导致车辆频繁鸣笛,通过优化线形减少驾驶操作干扰,夜间照明系统的布置需随匝道路走向动态调整角度,使光线集中于路面区域,在靠近林地的段落采用低照度LED光源,通过选型细节的优化降低人工环境对自然生态的干扰强度。

结语

综上所述,山区高速公路互通式立交设计与选型突破传统模式,构建了地形地质适配、功能分级、生态融合的多维体系。创新采用动态平衡设计思维,将结构选型与地形高差、地质特性深度耦合,通过功能分层实现交通流高效组织。未来可进一步探索智能化勘察技术与生态工法的结合,让互通式立交在满足交通需求的同时,更精准地融入自然,成为山区可持续交通建设的典范。

参考文献

- [1]王锦涛.山区高速公路互通式立交设计与选型[J].交通世界(中旬刊),2021(11):87-88.
- [2]李海明.山区高速公路互通式立交选址、选型设计方案探讨[J].科技创新与应用,2022,12(3):91-93.
- [3]贺鹏.山区高速公路互通式立交设计要点探析[J].精品,2020(2):230.
- [4]赵启越.山区高速公路互通式立交设计方案研究[J].现代工程科技,2024,3(10):37-40.