

四岔十字形枢纽互通立交方案设计及比选

徐瑞鹏

[苏交科集团(甘肃)交通规划设计有限公司, 甘肃 兰州 730030]

摘要: 枢纽互通式立交应满足高速公路之间交通流转换的功能需要, 因此, 要根据其在路网中的交通功能, 结合交通量、地形条件、技术指标、工程规模、服务水平等控制性因素进行多方案设计及比选。以广西省桂林外环高速与G72泉南高速枢纽互通设计方案为例, 从项目的功能定位、建设必要性、交通量预测等多角度分析方案一(单环式变形苜蓿叶形)与方案二(对角象限双环式变形苜蓿叶形)的优劣, 通过综合比选, 确定选用方案一, 即单环式变形苜蓿叶形枢纽互通立交为最终方案。

关键词: 十字形枢纽互通立交; 桂林外环高速; G72 泉南高速; 灵川北枢纽; 互通立交方案设计

中图分类号: U412.352

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)01-0024-05

Design and Comparison of Four-fork Cross-shaped Junction Interchange Scheme

XU Ruipeng

[JSTI Group (Gansu) Transportation Planning and Design Co., Ltd., Lanzhou 730030, China]

Abstract: The junction interchange should meet the functional needs of traffic flow conversion among expressways. Therefore, according to its traffic function in the road network, combined with the traffic volume, topographic conditions, technical indicators, engineering scale, service level and other controlling factors, the multi-scheme design should be compared and selected. Taking the design scheme of junction interchange between Guilin Outer Ring Expressway and G72 Quannan Expressway in Guangxi Province as an example, the advantages and disadvantages of Scheme 1 (single-ring cloverleaf shape) and Scheme 2 (diagonal quadrant double-ring cloverleaf shape) are analyzed from the multiple perspectives such as function positioning, construction necessity and traffic volume prediction of the project. Through comprehensive comparison and selection, it is determined that Scheme 1 (single-ring cloverleaf shape) is the final scheme of interchange.

Keywords: cross-shaped junction interchange; Guilin Outer Ring Expressway; G72 Quannan Expressway; North Lingchuan Junction; interchange scheme design

0 引言

根据《广西高速公路网规划(2018—2030)》^[1], 桂林外环高速公路为城市过境线, 分别环绕串联“纵3线”G65包茂高速、“横2”规划桂林—灌阳—江永高速公路、桂林至柳城高速公路、“纵6线”G72 泉南高速, 路线规划里程全长约123 km。

本项目是桂林高速公路网规划“二环”的重要“一环”, 项目的建设将在极大程度上完善桂林市域的环射交通体系, 有效提升内环及外环的交通运输联动功能, 进一步提升桂林市区域内交通的沟通能

力, 扩大交通运输水平, 优化过境通道, 方便区域内交通互通互联。

本项目将进一步支撑桂林旅游胜地扩张发展建设, 针对桂林国际旅游胜地建设的交通短板, 突出完善环射体系, 构成景区全面辐射网, 构建内外互联、区域互通、高效衔接的公路网, 大力推进与重点旅游景区相衔接的能力, 进一步提升桂林在国际国内旅游市场的影响力和竞争力。

1 工程概况

桂林外环高速公路起于桂林市临桂区会仙镇和六塘镇交界处的包茂高速, 起点桩号K6+878.255, 与G65包茂高速设置六塘枢纽相接(预留枢纽落地条件), 路线自东向西, 上跨S302后设置会仙服务区, 向西进入永福县罗锦镇(设置罗锦互通); 在永福镇

收稿日期: 2024-02-28

作者简介: 徐瑞鹏(1991—), 男, 硕士, 工程师, 从事公路路线总体及互通立交设计工作。

与苏桥镇中间折向西北跨越衡柳快铁、洛清江、湘桂铁路、G72 泉南高速(设置苏桥枢纽);之后自南向北,沿桂林经济技术开发区西侧布线(设置经开区互通),进入临桂区两江镇、跨越S22 桂河高速(设置临桂西枢纽),路线向北沿着两江镇、两江国际机场西侧的西登山山脚布线,过茶洞乡(设置茶洞互通),继续沿着西登山山脉前行进入五通镇;下穿贵广高铁后在五通镇北侧转向东连续跨越洛清江、G321、G76 夏蓉高速(设置五通枢纽),之后向东进入灵川县公平乡(设置公平互通)、潭下镇(设置潭下互通),前行跨越甘棠江;折向东南在灵川镇与三街镇中间穿过,连续跨越 G72 泉南高速(设置灵川北枢纽)、湘桂铁路、G322(设置三街互通)、漓江,在陈白田村附近与在建的桂钟高速相接(设置灵川东枢纽),而后沿山坡展线向南进入叠彩区,在叠彩区大河乡上阳家村接入桂林绕城高速(设置叠彩东枢纽),并向西延伸落地至本项目终点,终点桩号 K129+938.641。路线全长 123.060 km。

项目工程位置示意图见图 1。



图 1 项目工程位置示意图

本文结合桂林外环高速与 G72 泉南高速交叉的灵川北枢纽互通工程方案的实践经验,总结了四岔十字形枢纽互通方案设计的思路 and 选择,希望能为类似工程提供参考。

1.1 地形地貌

桂林外环高速位于广西桂林市西南地区,经过桂林市临桂区会仙镇,永福县罗锦镇、苏桥镇,临桂区两江镇。路线起始段和终点段地势高,中间段地势低,地表略有起伏,山势总体呈南北向。

根据路线沿线地貌的成因类型、形态组合特征

和标高,项目区可划分 7 种地貌类型,分别为溶蚀构造峰林谷地地貌、构造侵蚀剥蚀中低山地貌、构造侵蚀剥蚀低山丘陵地貌、构造侵蚀剥蚀丘陵地貌、溶余堆积地貌、河流阶地地貌、山前坡洪积群地貌。

1.2 水文

1.2.1 地表河流

桂林外环高速区内的地表河流主要为洛清江。洛清江在临桂县境内称为义江,发源于宛田乡,流经宛田、中庸、五通、保宁,入渡头,往下直贯两江,从两江高塘村出境入永福县境,在苏桥镇潦潭流入永福县,在县内由东北向西南流经县的东部,经苏桥镇、桃城乡、永福镇、广福乡,出县境。上段和中段河床较平,水流平缓;下段沿山谷而流,滩多流急。洛清江纵贯临桂、永福、鹿寨 3 县,流域面积 7 602 km²,多年平均年径流量 8.14×10⁹ m³,河长 275 km。

1.2.2 地下水

根据区域地下水赋存和运移特征,桂林外环高速区域内地下水可分为第四系松散岩类孔隙水、碎屑岩基岩裂隙水、碳酸盐岩类岩溶水、构造裂隙水 4 大类。区域上以碳酸盐岩类岩溶水为主,碎屑岩基岩裂隙水只在局部区段带状分布,松散岩类孔隙水仅在低洼地带第四系覆盖层较厚的区域分布,构造裂隙水仅分布在断裂和褶皱区域。其中碳酸盐岩类岩溶水又可划分出纯碳酸盐岩裂隙溶洞水和碎屑岩夹碳酸盐岩溶洞裂隙水等 2 个亚类,其富水性等级可划分为丰富、中等和贫乏 3 类。

1.3 气象

本区位于低纬度地区,属于亚热带季风气候。气候温和,雨量充沛,无霜期长,光照充足,热量丰富,夏长冬短,四季分明且雨热基本同季。三冬少雪,四季常花,有“五岭皆炎热,宜人独桂林”的美称。

气温:多年平均气温 19.1℃,历史最高气温 40℃,历史最低气温-5℃;1、2 月最冷平均气温在 9℃左右,最低气温偶尔降到 0℃以下,7、8 月最热平均气温在 28℃左右。

降水:多年平均年降雨量 1 686.5~2 182.5 mm,最高 2 910.9 mm,最低 1 342.3 mm;年内降水分布不均,4~7 月降水最多,占全年降水量的 62%,4 月最长连续降雨 17 d;11 月至次年 2 月降水量最少,占全年降水量的 14%。

2 主要技术标准

主线技术指标:本枢纽互通范围内主线采用双向 4 车道高速公路标准,120 km/h 的设计速度,整体

式路基宽度为26.5 m,互通主线范围为K108+800~K110+528.546;区段内最小圆曲线半径 $R=2\,200$ m,最大纵坡 $i_{\max}=0.922\%$,最小凹形竖曲线半径 $R=18\,000$ m,最小凸型竖曲线半径 $R=61\,000$ m,满足互通布设规范《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)、《公路路线设计规范》(JTG D20—2017)、《公路立体交叉设计细则》(JTG/T D21—2014)、《高速公路改扩建设计细则》(JTG/T L11—2014)的要求。

被交路技术指标:G72泉南高速现状路基宽度为26 m,设计速度为120 km/h。根据《广西壮族自治区高速公路网规划(2018—2030年)》,G72泉南高速(桂林北段)规划4改8项目,目前正在进行初步设计,技术标准双向8车道,设计速度为120 km/h,路基宽度为42 m。G72泉南高速互通范围内最小圆曲线半径 $R=2\,000$ m,最大纵坡 $i_{\max}=0.907\%$,最小凹形竖曲线半径 $R=21\,000$ m,最小凸型竖曲线半径 $R=30\,964$ m,满足以上互通布设规范要求。

匝道技术指标:互通匝道设计速度为40 km/h,标准横断面采用宽9 m的Ⅰ型单向单车道和宽10.5 m的Ⅱ型单向双车道,最小圆曲线半径 $R=60$ m。

灵川北枢纽互通主线侧以及被交路G75泉南高速上下行线方向的匝道均采用单车道出入口的变速车道,减速车道采用直接式,变速段长度 $L_1\geq 145$ m,渐变段长度 $L_2=100$ m;加速车道采用平行式,变速段长度 $L_1'\geq 230$ m,渐变段长度 $L_2'=90$ m。

3 交通量预测

根据前期工可研究的交通量预测结果,灵川北枢纽在2044年转向交通量(AADT)共计19 517 pcu/d,其中外环起点—桂林市区方向为2 951 pcu/d,桂林市区—外环终点方向为4 769 pcu/d,外环起点—兴安方向为5 402 pcu/d,外环终点—兴安方向为6 395 pcu/d。设计小时交通量系数 $K=0.125$,方向不均匀系数 $D=0.51$ 。换算成设计小时交通量(DDHV)后分别为:外环起点—桂林市区方向为188 pcu/h,桂林市区—外环终点方向为304 pcu/h,外环起点—兴安方向为344 pcu/h,外环终点—兴安方向为408 pcu/h。除交通量相对较小的外环起点—桂林市区方向外,其余3个方向往返交通量相差不大,且4个方向转向交通量均不大。

2044年预测转向交通量示意图见图2。

由图2可知:本枢纽互通各方向转向交通量相对较小,单向交通量均满足单车道变速车道通行能

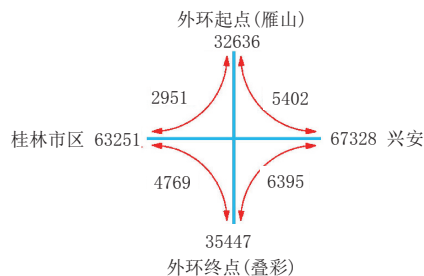


图2 灵川北枢纽2044年预测转向交通量示意图(单位:pcu/d)

力的要求,各方向设计小时交通量DDHV均小于1 000 pcu/h;左转弯匝道可选用环形、外转弯半直连式或迂回型半直连式,结合地形地物等因素后综合确定互通方案。

4 互通立交方案设计

4.1 布设原则

(1)互通立交的选址应以现有公路网或已批准的规划为依据,选择对周围环境和居民影响小、占地少、对其他设施(如水利和电力设施、既有公路、铁路等)干扰小、便于实施、相交道路平纵线形指标较好的位置。

(2)互通式立交型式的选择应根据相交公路等级、服务功能、交通量分布,综合考虑地方规划、现场条件、投资成本、经济效益和美学效果等因素,在多方方案比选的基础上合理选定。当2条高速公路交叉时,根据交通量和地形确定互通型式;当高速公路与等级较低的公路交叉时,一般选用形式简单、适用的喇叭型互通立交。

(3)在满足使用功能并保证行车安全方便的前提下,充分利用地形,合理运用匝道线形指标,严格控制工程规模,减少对基本农田的占用,降低工程造价。

(4)互通匝道出入口作为事故高发区,在设计中要严格控制连接部位置的平面线形设计、纵面指标协调和标志标牌示意等,顺应驾驶员的行车习惯,储备一定的容错空间,合理降低事故风险。

(5)做好立交区的景观绿化工程设计和排水系统设计等。

4.2 主要控制因素

灵川北枢纽是新建桂林外环高速公路在既有G72泉南高速公路上新增设的枢纽互通,该节点主要控制因素有如下几点。

(1)被交路G72泉南高速现状路基宽度为26 m,设计速度为120 km/h,目前正在进行改扩建(4改8)

初步设计,技术标准为双向 8 车道,设计速度为 120 km/h,路基宽度为 42 m,互通方案设计需结合泉南高速改扩建设计一并进行。

(2)互通区内分布有大量基本农田,互通方案布设需尽量考虑避让。

(3)互通区内散落分布沿线村庄,需采用合理互通方案来减小征地拆迁工程量。

4.3 方案选型

桂林外环高速与 G72 泉南高速为四岔交叉,常见的互通型式有直连式、涡轮形、完全苜蓿叶形和变形苜蓿叶形,其特点和选用条件如下:

(1)当四岔交叉各转弯交通量均大于或等于 1 500 pcu/h 时,宜采用左转弯匝道均为内转弯半直连式的直连式互通式立体交叉。而灵川北枢纽各左转弯匝道的交通量均较小,因此不宜选用此型式。

(2)当四岔交叉各左转弯交通量大小相当,且小于 1 500 pcu/h 时,可采用左转弯匝道均为外转弯半直连式的涡轮形;当各转弯交通量均小于单车道设计通行能力时,可采用 4 条左转弯匝道均为环形的完全苜蓿叶形。而灵川北枢纽各左转弯匝道交通量均远小于单车道设计通行能力,若采用涡轮形方案,通行能力富余较多且规模较大,工程经济性较差;若采用完全苜蓿叶形,需增设 4 条集散道,既增大工程规模,且部分左转弯匝道通行能力较低。因此经综合考虑后,舍弃涡轮形和完全苜蓿叶形方案。

(3)综合考虑灵川北枢纽互通各转向交通量、控制因素和整体工程规模的要求,最终确定采用变形苜蓿叶形方案。至于具体是采用单环式还是对角象限双环式,需进行方案比选论证后才能确定。

4.4 方案设计

灵川北枢纽所处区域属山前冲洪积倾斜平原地貌,地形起伏不大。根据现场调查,该区域未见不良地质和特殊性岩土发育,主要为软弱土。钻孔揭露显示,区域内覆盖层厚约 6.6 m,未揭穿,主要为碎石、黏土、粉质黏土;未见明显断裂、褶皱等构造,处于较稳定状态,整体稳定性较好。

灵川北枢纽互通是 2 条高速公路的转换节点,虽然预测的整体转向交通量不大,但交通转换功能是需要优先考虑的,交通流的转换形式需要对今后的路网转换需求有更高的兼容性和冗余度,因此互通选型中宜优先考虑适应交通转换的方案;此外根据交通量预测结果,互通匝道单向交通量均满足单车道变速车道通行能力的要求,因此匝道宜采用单车

道出入口的变速车道,之后部分匝道渐变为 II 型单向双车道匝道标准断面,以满足相关规范的要求。这样既能合理控制工程规模,又能有效提升通行效率;同时由于该节点主线与被交路交叉角度较小,从布设条件上看,环圈匝道布设的自由度较低,宜布设在锐角象限为佳。综合上述情况分析,该节点布设如下 2 个方案进行同深度比选。

4.4.1 方案一(单环式变形苜蓿叶形)

方案一采用单环式变形苜蓿叶形枢纽。兴安—外环终点、外环起点—兴安、外环终点—桂林市区这 3 个方向的交通量相对较大,且相差不多,虽然采用环形匝道也能满足通行能力要求,但考虑到远期路网转换的需求,同时避免对南侧象限基本农田和散落村庄的侵占,将左转弯匝道(D、F、B)设置为半直连式,并考虑超车之需由单车道变速车道渐变为双车道匝道,这样既能提高其通行能力,也能减小征地拆迁规模。桂林市区—外环起点方向交通量相对较小,因此将左转弯匝道(H)设置为单车道环形匝道,这样既能满足其通行能力要求,也能控制整体工程规模。所有右转弯匝道(A、C、E、G)均采用直连式单车道匝道。

灵川北枢纽互通方案一平面示意简图和总体图见图 3、图 4。

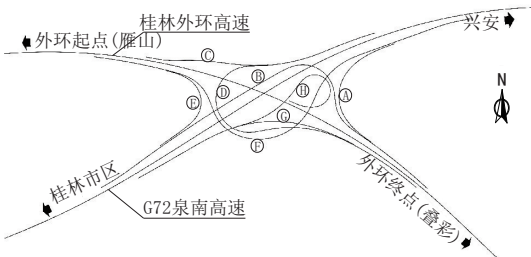


图 3 灵川北枢纽互通方案一平面示意简图

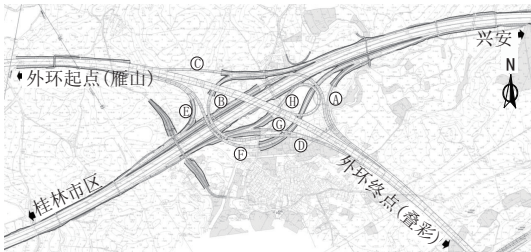


图 4 灵川北枢纽互通方案一平面总体图

方案一优点:匝道整体平面指标均较高,更有利于交通流快速转换;征地拆迁规模较少。

方案一缺点:桥梁以及整体工程规模较大;基本农田占用较多。

4.4.1 方案二(对角象限双环式变形苜蓿叶形)

方案二采用对角象限双环式变形苜蓿叶形枢

组。由于主线与被交路交叉角度较小,为缩短匝道长度,减小工程规模,桂林市区—外环起点和兴安—外环终点2个方向的左转弯匝道(H、D)均采用单车道环形匝道;外环终点—桂林市区和外环起点—兴安2个方向的左转弯匝道(B、F)采用半直连式,并考虑超车之需由单车道变速车道渐变为双车道匝道,以有效提高其通行能力;所有右转弯匝道(A、C、E、G)均采用直连式单车道匝道。

灵川北枢纽互通方案二平面示意简图和总体图见图5、图6。

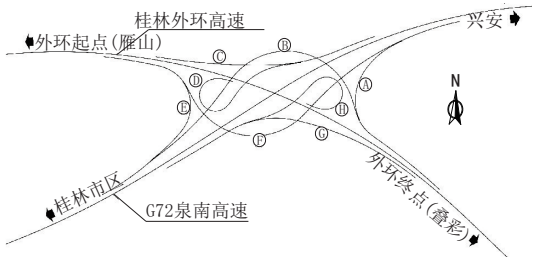


图5 灵川北枢纽互通方案二平面示意简图

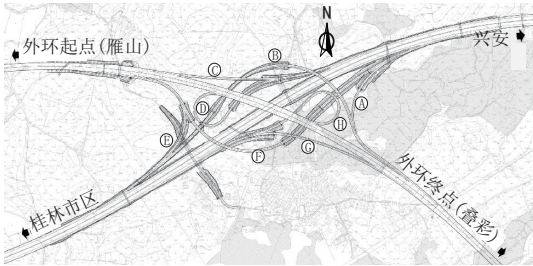


图6 灵川北枢纽互通方案二平面总体图

方案二优点:匝道里程、桥梁以及整体工程规模较小;基本农田占用较少。

方案二缺点:兴安—外环终点为主流向,左转弯匝道采用环形的平面指标较低,高速间交通转换功能较差;占地和拆迁量较大。

4.5 方案比选

灵川北枢纽互通主要工程数量对比和互通方案比较结果见表1、表2。

灵川北枢纽2个方案的匝道里程长度分别为方案一5 811.670 m,方案二5 379.370 m;匝道最小圆曲线半径均为环形匝道的60 m,方案一共计1处,方案二共计2处;匝道最大纵坡方案一为3.8%,方案二为4%。

综上所述,灵川北枢纽方案一虽然匝道里程较长,整体工程规模较大,但主流向匝道平面指标较高,交通适应性更好,作为高速路网中通道型的转换节点,交通转换功能更为突出;方案二为了减小整体工程规模和基本农田占用,导致主流向匝道平面指标较低,交通流转换效率较差,不利于该节点交通转

表1 灵川北枢纽互通主要工程数量对比表

工程项目	方案一(单环式变形苜蓿叶形)	方案二(对角象限双环式变形苜蓿叶形)	方案一与方案二之差
匝道长度/m	5 811.67	5 379.37	432.30
匝道桥梁长/m	2 820.12	2 677.70	142.42
主线桥梁长/m	1 391.5	1 321.0	70.5
挖方/万 m ³	13.20	2.23	10.97
填方/万 m ³	33.73	27.20	6.53
拆迁/m ²	2 337	3 841	-1 504
占地/hm ²	25.15	29.30	-4.15
主体工程占用基本农田/hm ²	4.80	4.32	7.20
工程建安费/万元	39 440.47	38 547.01	893.46

表2 互通方案比较表

项目	方案一(单环式变形苜蓿叶形)	方案二(对角象限双环式变形苜蓿叶形)	比较结果
工程规模	大	小	差异不大
交通转换功能	好	一般	差异较大
拆迁情况	少	多	差异较大
基本农田占用情况	多	少	差异不大

换功能的发挥。因此,本次设计推荐采用方案一,即单环式变形苜蓿叶形枢纽。

5 结 语

灵川北枢纽互通为典型的四岔交叉十字形枢纽互通,实现桂林外环高速与G72泉南高速(桂林北段)之间的交通转换,是通道型路网中的重要分流转换节点,因此互通方案的择取尤为重要,既要考虑具体的工程规模、技术指标、行车舒适安全性等影响因素,也要达到相应的服务水平,满足其在路网中的交通功能。在互通方案的选型和设计过程中,要注意合理判别需要优先考虑的控制因素,如交通转换功能、地形地物条件、工程规模限制等。设计侧重点选取的不同,将在很大程度上影响最终互通方案型式的确定,而且应发散思维,在常规互通型式的基础上构想其他的异形互通型式,来满足日益复杂的设计要求。同时互通立交作为公路工程中的典型构造物,在设计过程中应融入美学设计理念,使互通立交在满足使用功能的前提下也能成为一项景观设计,给人赏心悦目之感。

参考文献:

[1] 广西壮族自治区人民政府.《广西高速公路网规划(2018—2030年)》新闻发布会[EB/OL]. (2018-11-13) [2024-02-08]. <http://www.gxzf.gov.cn/xwfbhzt/gxgsglwgh20182030xwfbh/>.