

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2023.04.049

特殊地形条件下某枢纽互通方案研究

王杰,贺亚军

(四川省交通勘察设计研究院有限公司,四川 成都 610000)

摘要:该文结合G4216线金阳至宁南段高速公路项目的重要节点——芦稿枢纽互通的方案研究过程和结论,探讨在地形条件复杂、功能需求较高的条件下枢纽互通立交选形的思路和方法,旨在为更多的山区高速公路,在“Y”字形三山夹两河的特殊地形条件下的枢纽互通立交方案设计提供一定的参考。芦稿枢纽互通区位受金沙江及其支流强烈切割,谷底狭窄,横坡极陡,工程建设条件恶劣,同时在有限空间内还要满足高速公路间枢纽转换及落地功能的特定需求,受控因素较多,在桥隧比高达92.4%的主线设置枢纽互通其明线段落极其受限,匝道接线位置受主线特大桥(连续刚构)控制,且相接高速公路的高程高于两项目交叉点40 m,接地平交口高程低于交叉点62 m。该文通过多角度、全过程的系统性回顾梳理,总结在复杂地形条件下,有序地把握控制因素,恰当地甄选合理方案,并不断优化蜕变的设计经验,能够为类似地形条件下的枢纽互通方案设计提供新思路。

关键词:枢纽互通;方案研究;方案比选;复杂地形;高差

中图分类号:U412.352

文献标志码:A

1 工程概况

G4216线金阳至宁南段高速公路^[1](以下简称“该项目”)位于川、滇两省省界金沙江一带,该项目的建设将缩短川南经济区与攀西经济区的时空距离,对推动社会进步、促进区域经济发展和扶贫开发具有积极的作用。

该项目分别在芦稿、春江设置枢纽互通与昭西高速(G7611)^[2]连接,共用16 km长的高速主线。该项目与昭西高速公路路基宽度均为25.5 m,双向四车道,设计速度80 km/h,周边路网情况见图1。



图1 项目区周边路网

设置的芦稿枢纽互通(以下简称“该互通”)是昭

西高速与该项目的重要节点,不仅完成四川金阳、宁南、西昌3个方向的交通转换,而且提供服务芦稿周边片区上下高速的重要功能。该枢纽距金阳方向互通约8 km,距宁南方向互通约16 km,距西昌方向互通约26 km。

2 研究方案

2.1 区域现状及控制因素

该互通位于高中山区,山势陡峻,芦稿林河与仁义河穿插其间,两个河流之间形成单薄的分水岭,地形被两条河流切割为“Y”字形,属于构造侵蚀型高山峡谷地貌区和河谷地貌区。工程区内主要的控制因素有:地形、地质条件复杂,路线高差大,高速主线明线短,控制性结构物多。

芦稿林河为金沙江左岸一级支沟,区内受金沙江切割作用强烈,沟壁陡直,谷底狭窄,谷坡陡峻,沟谷两侧自然坡度为30°~65°。区内地方道路为县道XW48,沿河谷坡脚延伸。在河谷两侧高位危岩尤为发育,直接威胁工程建设安全,复杂的地形、地质条件直接影响互通方案的布设。

收稿日期:2022-12-14(修改稿)

作者简介:王杰,男,大学本科,工程师.E-mail:280814514@qq.com

该项目路线呈南北走向,互通区主线沿河谷布设,纵坡较为平缓。相衔接的被交道路为昭西高速,路线呈西北至东南走向,总体走势一路下坡至该项目。在该互通北侧昭西高速设 12.685 km 的金阳特长隧道,隧道内采用 +1.95%/9 270 m 和 -1%/3 490 m 的人字坡,出洞后通过 1.36 km 明线段降坡至该项目,明线纵坡 -3.95%,隧道洞口距离与两项目交叉点高差达 40 m。同时该互通区高速主线与地方道路高差也极大,在两高速交叉节点与地方道路高差达 62 m,可见高差大是制约互通布设的另一因素。

由于该项目位于四川盆地、青藏高原、云贵高原所围成的过渡区内,特殊的地形地质条件导致该段高速主线桥隧比高达 92.4%,其中隧道比 73.9%。同时该互通起止分设长 6.7 km、7.3 km 的隧道,明线段落长 2 km,其中包含一座墩高约 110 m、长度 1.2 km 的特大桥,因此明线短、控制性结构物多是制约互通布设的又一因素。互通区地形条件及项目情况见图 2。



图 2 互通区地形条件

2.2 方案拟定

由上分析可知,互通区具有功能需求高、地形地质差、接线高差大、主线明线短、立交选型难的特点。基于这些控制因素,初步拟定 4 个角度的方案设计思路:

- (1) 考虑到需要满足枢纽+落地的功能,且地形条件受限,是否具有分设互通逐个满足其功能需求的可能^[3-4]。
- (2) 考虑集中设置综合性复合枢纽,单一完成功能需求^[5]。
- (3) 对于集中设置复合性枢纽能否充分适应地形地质条件,做出单点多方案的比选。
- (4) 针对高差大的最主要受控因素,考虑以何种有效的方式解决,并充分融入方案设计中。

3 总体方案研究

根据预测远景年限交通量(2043年,图3),芦稿枢纽互通为枢纽功能、芦稿互通为落地功能,显示该互通各转向交通量相差较大,2043年枢纽匝道昭通—西昌单向设计小时交通量为 1 233 pcu/h,西昌—金阳单向设计小时交通量为 421 pcu/h,芦稿落地匝道各方向交通量均较小,最大不足 190 pcu/h。在枢纽功能的需求中,昭通至西昌向为主流交通,其他各转向交通量较小;在落地的需求中,金阳至芦稿向为主流交通,但总体来看各转向交通量均较小。

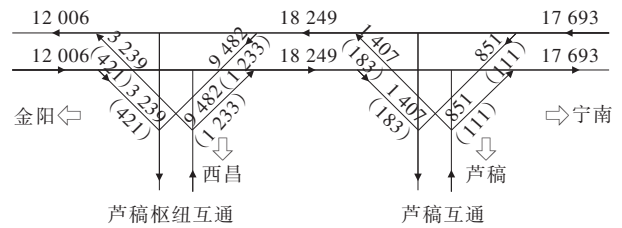


图 3 2043年互通交通量(单位:pcu/d, 括号内数据单位:pcu/h)

由于互通区主线前后受隧道洞口控制^[6],且明线段多为高墩特大桥,主线的平面位置及纵面高程都不能较大范围调整,因此无论分设方案还是合设方案其枢纽交叉点都相对受控,且互通的布设均应该合理考虑出入口与隧道净距的要求^[7],分合流节点与主桥结构物的关系,顺应地形设计方案。

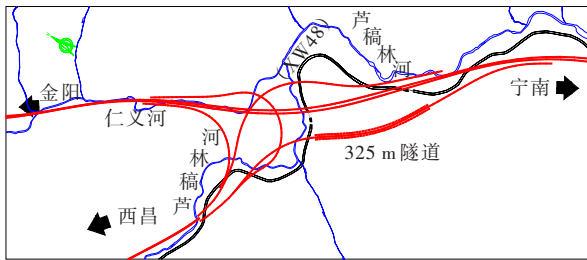
3.1 分设方案

互通方案 1 采用 T 形枢纽 + T 形互通,见图 4。总体思路为:在两沟交汇处布设 T 形枢纽互通完成高速间交通转换,受高墩特大桥位置控制,只能在宁南侧隧道群间布设落地互通服务地方上下高速。如此既避免了在地形复杂地区修建复合枢纽互通,又能有效地降低建设规模。

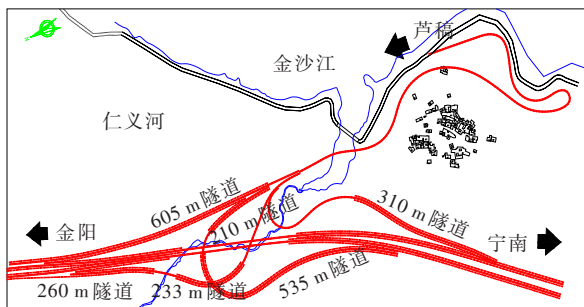
提出分设方案主要考虑到复合方案交通流线较为复杂,不如单个互通简洁。经过深入论证,发现分设方案实施较为困难,存在以下难点:

- (1) 落地互通仅能在连续隧道间 300 m 明线段布设,均不能保证隧道出入口安全距离,且出入口将设置在隧道内,可实施性较低。
- (2) 落地互通匝道基本由隧道构成,在长大隧道内分合流不利于驾乘安全。

(3) 该段主线明线位于山间沟谷,沟壁极为狭窄,桥隧相接处施工难度极大,且沟内上游高位危岩发育,多条匝道穿插于沟谷有极大的安全隐患。



(a) 枢纽功能互通



(b) 落地功能互通

图4 方案1

3.2 合设方案

鉴于分设方案可行性极低,只能将落地互通在枢纽互通位置进行合设,形成复合互通。互通方案2采用半直连+环形,见图5。该方案主要考虑到主流向匝道平面布设,两匝道按高速公路延续段设计,路基宽度12.75 m,设计速度60 km/h,平纵指标较高,主流交通运行更顺畅快捷;不足之处为金阳至芦稿方向匝道绕行较远;受地形限制,互通范围存在3处高度为45~50 m的挖方边坡,主线需设置一处205 m的棚洞,且存在两处匝道隧道。另外该互通方案整体布置较为复杂,交通流线较为紊乱。为减少工程施工及运营风险,互通方案简洁美观仍具有优化空间。

互通方案3采用对角象限双环式变异苜蓿叶,见图6。由于落地互通平交口地面高程为666 m,而被交高速高程约728 m,高差达60 m,因此优先考虑落地匝道布设问题,通过延伸昭西高速主线贯通连接线,并沿山体坡面展线降坡接县道XW48。其次考虑主流匝道线位布置,为克服山体地形,主流右转匝道设置一处325 m隧道穿越,其余匝道按常规形式设置,该互通方案为3层立交,因为昭西高速高程较高为最上层,匝道下穿昭西高速为第二层,该项目主线

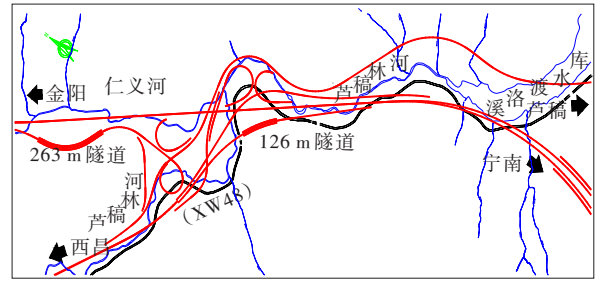


图5 方案2

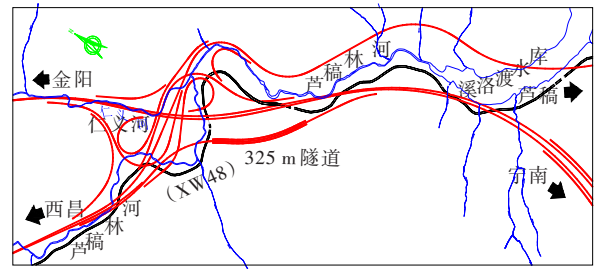


图6 方案3

为最底层。提出该方案主要考虑到采用常规的互通形式即“十字”带落地,主流向匝道按匝道设计,路基宽度10.5 m,设计速度60 km/h,平纵指标相对较高,满足交通转换功能需求。存在两处高度为45~50 m的挖方边坡,一处匝道隧道。虽然互通方案3较方案2有一定优势,但仍然存在一些不足:对于双向主流匝道均存在小交通流匝道位于内侧流出的问题,不符合驾乘人员的行驶习惯,容易引起误行甚至倒车等行为。

互通方案4仍采用对角线形双环式变异苜蓿叶枢纽,见图7。在方案3的基础上,再着重分析主流方向匝道,将昭西高速主线直接贯通的落地匝道进行局部优化调整,改为在次流匝道上流出流入,形成主流匝道位于内侧,次流匝道在外侧分合流的出线方式。

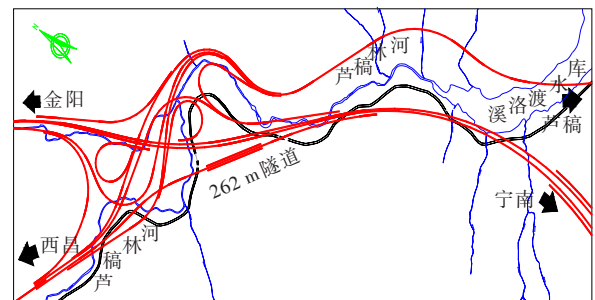
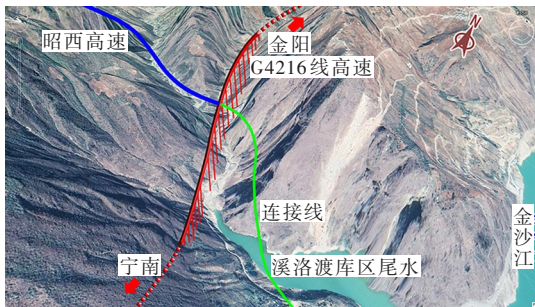


图7 方案4

互通方案4在各交通流向都较为顺适,但和方案2、3有着同样的可实施性差的问题,各匝道特别是连

接线上特大桥基本为陡坡桥(最大墩高 87 m),见图 8。从现场调查来看,为设置一组桥墩不仅需要开挖极陡的边坡辅以防护,且坡口难以收坡,而且如此大比例的陡坡桥墩基本无施作条件,坡体高处还存在不可监测的高位危岩,建设难度较大运营风险极高,同时其收费站的建设将拆除灯厂村,社会影响大。另外,由于方案连接线必须跨越溪洛渡水库,需在库区修建桥墩存在政策性障碍。因此该方案应该再作优化。



(a) 连接线区域三维地形



(b) 连接线侧陡立边坡

图 8 连接线区段地貌情况

互通方案 5 采用“π”字形异形枢纽,见图 9。首先考虑的是对连接线进行优化,避免因跨越水库而形成政策性障碍,通过调整连接线节点位置,向上游移动至互通主体范围内。这样不仅平交口高程抬升约 40 m,有效减短了连接线长度,降低了陡坡桥的比例,而且避免了跨越库区。另外,依据地形条件,通过分设两处环形匝道于较为空旷的河谷和低矮单薄的分水岭处,各形成两处左转匝道服务于枢纽转换和落地。整体来看部分匝道线形指标较方案 4 都有所提高。但该方案仍具有一些缺陷:① 对于宁南至西昌向主流匝道只能满足 50 km/h 的设计速度,平面指标偏低,西昌至宁南向匝道仍存在一处隧道;② 两条主流匝道均存在小交通量左入的问题,对行车不利。

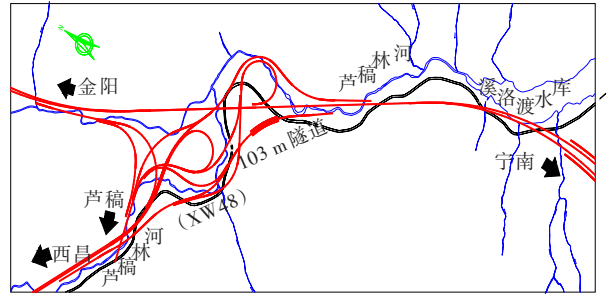


图 9 方案 5

互通方案 6 采用 B 形喇叭+T 形枢纽组合,见图 10。遵循方案 5 的设计思路,保持连接线向上游移动至互通主体范围内的位置。然后取消一处位于河谷宽缓处的环圈匝道,调整为半直连式匝道下穿高速主线,并依托既有三山夹两河一山“Y”字形的特殊地形条件,合理布局互通,偏移设计方案重心于西北侧,充分利用位于低矮单薄的分水岭,将互通各匝道利用环形向其收拢。这样不仅增加了路基长度,减小了互通区桥梁规模,而且可开挖单薄的分水岭形成平台进行桥梁吊装,解决场地局促的问题,为后续施工提供了条件。另外,对原来紧靠笔陡山体的匝道,通过调整与山体的距离,减少陡坡桥的布设,躲避了部分坡面危岩,同时也减小了对山脚既有道路的干扰,取消了主线和匝道隧道。该方案也具有一定的不足:由于平交口节点的变化,使该方案落地至芦稿镇的路径较为绕行。

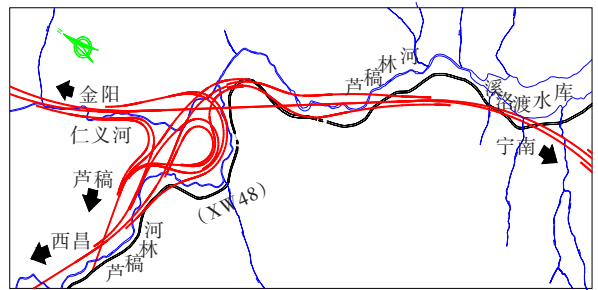


图 10 方案 6

4 方案选择

4.1 交通功能

在整体交通功能上,方案 1、4 最优,方案 6 适中,方案 2、3、5 存在流线复杂,左入左出等问题。

4.2 技术指标

总体来看方案 1、6 指标较高,其他方案低指标环形匝道较多平面指标偏低,主流交通向,方案 1、2 指

标高,方案6适中,方案3、4、5相对偏低。

4.3 建设条件及控制因素

针对该互通设置的客观建设条件,并结合互通的主要控制因素,对各方案定性分析对比见表1。

总体来看,在建设条件和把握控制因素方面,方案6最优,方案1最差。

4.4 连接线方案比较

鉴于在各方案中连接线的布设是影响该互通方案的重要比选条件,且各方案可归纳为3种布设形式,针对各方案进行对比见表2,总体来看,短线方案优势明显。

4.5 工程规模

6种方案主要工程规模对比见表3,总体来看,方案6工程规模最小。

表1 建设条件及控制因素比较

方案	利用地形	躲避危岩	对控制性结构物影响	建设条件
1	差	良	差	差
2	良	良	良	差
3	良	良	良	差
4	良	良	良	差
5	良	良	良	良
6	优	优	良	优

表2 连接线方案比较

方案	位置(主要服务对象/人)	服务平均距离/km	建设条件	运营风险	工程规模/亿元	备注
分设方案	芦稿镇(3 824)	2.2	差	高	0.402	方案1
长线方案	芦稿镇(3 824) 派来镇(7 000)	1.2 / 7.5	差	高	1.928	方案2、3、4
短线方案	芦稿镇(3 824) 派来镇(7 000)	3.8 / 4.6	优	低	0.113	方案5、6

注:主要服务对象人口为2017年统计数据。长线方案服务加权平均距离5.2 km,短线方案服务加权平均距离4.3 km。

表3 互通立交方案工程规模比较

方案	匝道总长/ m	匝道最小半径/ m	(桥梁长度/数 量)/(m/座)	(隧道长度/数 量)/(m/座)	连接线长度 /m	建安费 /亿元
1	6 520	80.00	4 258/11	2 478/7	1 255	—
2	7 848	45.00	10 796/20	565/3	2 130	18.035
3	6 736	45.00	9 534/18	465/2	2 130	17.757
4	7 600	45.00	9 303/21	460/2	2 130	15.589
5	6 125	51.75	7 925/21	0	100	15.435
6	5 648	51.75	6 962/19	0	100	14.283

注:方案1主线为连续隧道,与其他方案非同起止点,不具有投资比较意义,不做投资比较。

4.6 比选结论

通过上述5个层面的综合比较分析,在不考虑连接线布设的情况下,方案4、5具有较高的比选价值。但考虑到连接线布设,虽然方案5节点距离芦稿镇比方案4远2.6 km,但是从带动片区的着眼点看,能辐射更大的地方,上下高速也更均衡。因此方案6在方案比选中具有对地方带动作用强、建设条件好、运营风险低、投资规模小的特点,最终选择具有优势的方案6。

互通立交方案比选的评价指标众多,同时比选方法也较多,诸如技术经济比较法、效益/成本比较法、方案排队法等一系列科学化体系,利用不同评价体系客观分析互通方案值得进一步深入研究。

5 结语

该互通方案已通过各阶段方案评审进入实施阶段,经工程规模对比,最终该互通方案6投资较前阶段降低约1.5亿元,可见在特殊地形条件下互通方案的选择对工程投资有着极大的影响。通过全过程的系统性回顾梳理发现,在复杂控制条件下随着设计的深入,基础资料的逐渐完善,有序地把握控制因素,对方案不足之处不断地优化蜕变,最优的互通方案脉络逐渐清晰。而在逐渐优化调整的过程中,该互通采用充分利用有限地形、异化匝道连接、把握主

DOI: 10.14048/j.issn.1671-2579.2023.04.050

闵孝枢纽互通改建设计研究

胡甜¹, 谭细明¹, 易学斌¹, 韦慧²

(1. 中交第二公路勘察设计研究院有限公司, 湖北 武汉 430056; 2. 长沙理工大学 交通运输工程学院, 湖南 长沙 410114)

摘要:以闵孝枢纽互通立交改造设计为依托,分析闵孝枢纽互通初次改造后仍存在交通事故频发技术方案方面的问题,并提出相应的再次改造方案建议。互通设计细则中关于双车道采用单车道变速车道时的设计要点只明确过渡段60 m的距离要求,却未说明行车道渐变与硬路肩渐变是否在同一路段完成。闵孝枢纽互通初次改造设计时将行车道和硬路肩渐变分开在不同路段范围完成时,虽然满足规范加宽渐变率和最短过渡段距离的要求,但由于不符合驾驶员的驾驶心理,导致交通事故频发。此次互通改造实践表明:匝道设计中双车道采用单车道变速车道设计时渐变段应将车道宽度渐变与硬路肩渐变放在同一路段完成,而不应分开设置。

关键词:高速公路; 枢纽互通; 匝道; 改扩建; 连接部

中图分类号: U491

文献标志码: A

0 引言

高速公路枢纽互通式立交设计复杂,匝道多次交叉,设计速度较一般互通大,运营期间通常更容易出现交通事故。国内外学者对于互通区内交通安全作

了大量研究工作,邓国忠等^[1]基于怀鲁枢纽互通事故现场实测数据,对事故类型进行了分类,并分析了互通立交安全性影响的因素,重点关注了匝道的运行速度和匝道的平纵面指标;杨丰羽等^[2]在高速公路互通立交工程实例的基础上从设计角度分析了运行速度及驾驶行为对交通事故造成的影响;胡甜等^[3]从原有

要控制因素、优化突出主流交通流向、弱化次要交通指标、灵活选取平交节点等一系列举措,优化后的方案不仅提升了平面线形指标,降低了施工难度,并且投资规模也大幅度降低。

依据目前交通建设形势,山区高速公路的建设越来越多,更多的山区高速公路逐渐串联成网。因此在复杂地形条件下,面临接线高差大、明线距离短、功能需求高等多制约因素,是西部山区高速公路越来越凸显的问题。通过对该互通多角度、全过程的梳理总结,可为更多的山区高速公路,特别是“Y”字形三山夹两河的特殊地形条件下的复合式枢纽互通立交方案设计提供一定的参考。

参考文献:

[1] 四川省交通勘察设计研究院有限公司.G4216线金阳至

宁段段高速公路JN1标段施工图设计[Z],2020.

[2] 中交第一公路勘察设计研究院有限公司,四川省交通勘察设计研究院有限公司.G7611线昭通(川滇界)至西昌段高速公路A1标段初步设计[Z],2019.

[3] 梁海文.特定复杂条件下枢纽互通式立交方案研究[J].中外公路,2018,38(4):333-336.

[4] 谢琪.福州市二环路白湖亭立交工程方案研究[J].中外公路,2017,37(1):286-291.

[5] 周艳丽.复杂条件下互通式立交方案研究[J].中外公路,2010,30(2):264-267.

[6] 中交第一公路勘察设计研究院有限公司.公路路线设计规范:JTG D20—2017[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.

[7] 中国公路工程咨询集团有限公司.公路立体交叉设计细则:JTG/T D21—2014[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2014.

收稿日期:2021-05-21

基金项目:湖南省教育厅科学研究项目优秀青年项目(编号:20B039)

作者简介:胡甜,男,硕士,高级工程师.E-mail:hutian0802@163.com