

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2023.02.001

伏牛山区高速公路收费型互通式立交设计流程研究

张杰,杨青,柴啸龙

(河南省交通规划设计研究院股份有限公司,河南 郑州 450000)

摘要:目前河南省在建高速公路主要集中于西部伏牛山区,如:尧栾西高速、西淅高速、滢栾高速、栾卢高速等,该类项目的显著特点是地形条件复杂、设计难度大、工程规模大,特长隧道、特大桥梁云集。在这种复杂条件下,如何合理布设互通式立交,保证工程方案最优,成为项目设计成功与否的关键点。该文总结近几年伏牛山区高速公路收费型互通立交典型特征,提出设计准备、控制因素分析、方案拟定、确定最优方案4个阶段的设计流程,并通过对河南省栾卢高速公路上的鸡冠洞互通进行阶段化设计过程分析。

关键词:山岭区高速公路;收费型互通式立交;典型特征;设计流程

中图分类号:P217

文献标志码:A

收费型互通式立体交叉是高速公路设计的重要组成部分,作为高速公路的门户吞吐着沿线交通流量,形成了区域交通中心。目前设计常用的有单喇叭形、半定向Y形、梨形、三岔菱形等形式,构型简单且易形成;但随着中国经济的高速发展,高速公路的互通布设条件越来越复杂,特别是山区地形复杂路段,如何准确地布设最佳方案是广大设计人员面临的一大难题。近年来,许多学者从不同方面对山区互通布设进行了深入的研究^[1-5],对其特点总结如下:
① 选址困难,布设场址主要受地形、地质、河流、沟谷、矿产、规划、主线技术指标等因素控制,在既定走廊带10~20 km范围内互通位置具有唯一性;② 山区互通形式呈多样化,单喇叭形、变形式、T形和梨形等

都有分布;③ 沿线桥梁、隧道大型构筑物云集,对互通方案影响大。本文以河南省伏牛山区的尧栾、栾卢等高速公路收费型互通立交设计方案为研究载体,总结伏牛山区高速公路收费型互通立交的分布典型特征,提出详细的设计流程,并对已完成的鸡冠洞互通式立交设计流程进行实例分析。

1 豫西伏牛山区高速公路收费型互通式立交典型特征

对豫西伏牛山区尧栾、栾卢高速公路收费型互通式立交设计方案进行相关统计,结果如表1所示。

表1 豫西伏牛山区高速公路收费型互通设计特点分析结果

互通名称	互通类型	分布位置	最大转弯交通量/(pcu·h ⁻¹)	主线至被交道高差/m	主匝道展线长度/m	平均纵坡/%	桥隧构造物
尧山互通	变异T形	傍山型	227	80	2 676	2.99	辛庄特大桥
车村互通	A形单喇叭	傍山型	248	28	1 402	2.00	
白云山互通	单喇叭+服务区	傍山型	273	48	1 558	3.08	
龙峪湾互通	变异单喇叭	傍山型	188	44	1 574	2.80	土门隧道
鸡冠洞互通	变异单喇叭	傍山型	349	55	2 121	2.59	箭口山隧道、竹园隧道
栾川西互通	B形单喇叭	傍山型	236	30	1 365	2.20	陶湾特大桥
天河大峡谷互通	B形单喇叭	山谷型	195	25	1 375	1.82	牛栾村隧道
熊耳山互通	半互通+U形弯	山谷型	37	3	351	0.85	象君山隧道
卢氏南互通	单喇叭+服务区	山顶型	268	50	1 847	2.71	小干村大桥

收稿日期:2022-01-04

作者简介:张杰,男,硕士,工程师.E-mail:547471791@qq.com

由表1可知:

(1) 豫西伏牛山区收费型互通立交主要以单喇叭形为主,其他方案有变形式、T形和U形转弯等形式。另外,考虑到互通与服务区场区均需要较大面积的开阔地带,而山区可供选择的场址屈指可数,从而使互通和服务区合建成为主要设计形式之一,如:卢氏南服务区和白云山服务区。

(2) 豫西伏牛山区高速公路互通整体交通量相对较小,靠近栾川县城的鸡冠洞互通交通量最大(349 pcu/h),因此设计时山区互通规模不宜太过豪华。

(3) 山区高速公路路线基本处于高位,而对应国道省道基本沿地势布设沟谷低位,这导致两者之间有较大高差。统计结果表明:豫西伏牛山区互通主线与被交道高差分布为20~50 m,个别互通达到80 m以上,高差直接决定了匝道的展线长度。

(4) 根据公路主线布设位置不同,可将互通划分为山脚型、傍山型、山顶型、峡谷型4类。由表1可知:豫西伏牛山区互通主要以傍山型为主。傍山型互通主要是指布设于山前台地位置的互通,该区域内主要以鸡爪地形为主,沟谷发育较多,方案布设需巧借台地地形,如:匝道可利用现有沟谷的主线构造物进行下穿,但应注意避免占压原有沟谷的过水通道,避免大面积汇水造成道路损坏;山脚型互通布设时喇叭头应尽量外移,避免过深开挖坡脚,影响山体稳定性;山顶型互通往往存在与连接道路高差大的典型特点,布设难点在如何进行主匝道展线设计;峡谷型互通是布设空间最为困难的类型,狭窄通道内有主线、被交道、河流等多种控制因素,设计时应综合处理好各个因素之间的矛盾。

(5) 豫西伏牛山区高速公路显著特点就是沿线桥梁隧道大型构筑物云集,对区域内高速公路桥隧比统计结果如表2所示。

表2 豫西山区高速公路桥隧比统计

项目	桥隧比/%
嵩栾高速	47.00
尧栾高速	52.30
栾双高速	69.30
栾卢高速	77.10
西渐高速	49.10
二广联络线	32.60
连霍呼北高速联络线	35.88

由表2可知:豫西伏牛山区高速公路桥隧比绝大多数超过40%,而这些桥、隧构造物往往对互通布设有较大影响。如:一般山区高速公路桥梁多位于峡谷内,具有高差大、地形陡峭等特点,互通布设时常出现大量分岔、变宽类型桥梁,这给设计、施工均带来较大的困难;而隧道进出口间距对互通布设的要求更高,根据《公路立体交叉设计细则》(JTG/T D21—2014)^[6]要求的最小间距如表3所示。

表3 双向四车道高速公路隧道与前方出口、入口之间的最小间距

主线设计速度/ (km·h ⁻¹)	最小净距/m	
	出口	入口
120	500	125
100	400	100
80	300	80
60	250	60

2 收费型互通4阶段设计流程

山区高速公路的互通立交方案选择是公路建设能否顺利实施的关键,特别是互通区选址具有控制路线走向的功效。总的来说,山区收费型互通方案可按照设计准备、控制因素分析、方案拟定、确定最优方案4个阶段开展设计,具体流程见图1。

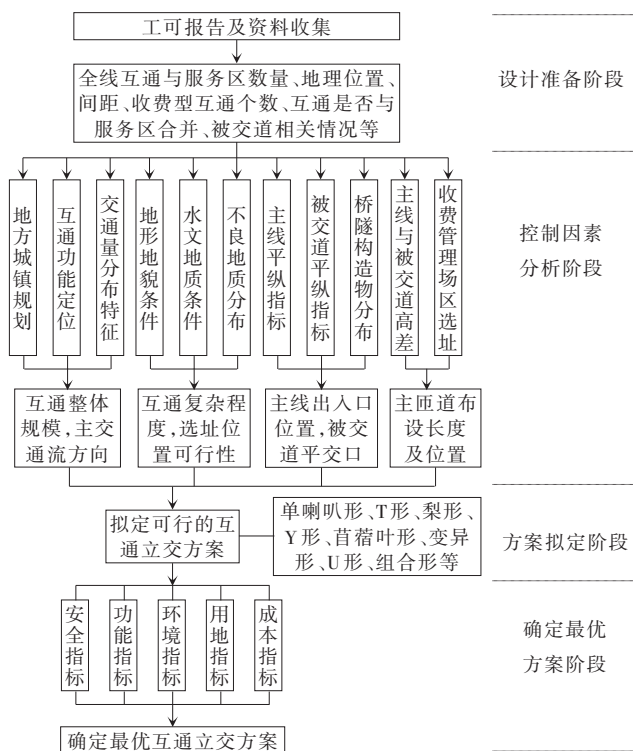


图1 互通式立交选型流程示意图

第一阶段:设计准备阶段。主要以分析工可报告、收集相关资料为主,初步形成对项目的总体宏观把握,如:沿线地形地貌、互通设置个数、间距是否适宜、沿线路网分布情况等具有一定了解。

第二阶段:控制因素分析阶段。是工作量较大、研究内容最多的阶段。山区收费型互通布设的控制因素归纳为以下11种:地方城镇规划、互通功能定位、交通量分布特征、地形地貌条件、水文地质条件、不良地质分布、主线平纵指标、被交道平纵指标、桥隧构造物分布、主线与被交道高差、收费管理场区选址。针对这些控制因素开展由整体到局部、由粗到细的研究分析,如:通过对地方城镇规划、互通功能定位及交通量的分布特征分析,初步拟定互通规模和主交通方向;通过对地形地貌条件、水文地质条件、不良地质分布的解读,初步判定互通的选址位置及整体复杂程度,对可布设收费站广场及管理站区、匝道布设象限等进行初步筛选;通过对主线平纵指标、被交道平纵指标、桥隧构造物分布分析,拟定出主线与匝道交叉位置、加减速车道接出与接入位置、被交道平交口的接点位置等;通过主线与被交道高差、收费管理场区选址的分析,初步拟定主匝道布设长度及位置。

第三阶段:方案拟定。是四阶段中最为重要而关键的一步。主要工作为确定互通基本形式、选择立交几何形状和结构。互通立交的基本形式有:单喇叭形、半定向Y形、T形、梨形、三岔菱形、苜蓿叶形、U形、组合形等^[7],结合控制因素分析阶段初步拟定的主线出入口位置、主线与匝道交叉位置、被交道平交口的接点位置等重要控制接点,完成对立交的总体构型和匝道方案布设,在这个过程中一般会产生多个立交方案。

第四阶段:确定最优方案。从技术方案、工程造价、线形指标、占地规模、与地形地貌的契合度、施工风险状况等多个方面,完成对拟定方案的综合比选,推选出最优方案。目前常用的方法有综合评价法、分项评分法、技术经济比较法、经济比值法、环境协调与造型比较法等^[7-10]。

3 设计案例

以河南省栾卢高速公路上鸡冠洞互通式立交为

例,对其设计流程进行详细分析。

3.1 设计准备

鸡冠洞互通式立交布设于栾卢高速公路与G241交汇处(图2)。互通主要功能为服务于栾川县城及周边赤土店、石庙等乡镇、鸡冠洞风景区等地区,远期栾川县城过境车辆可能通过北环路实现与高速公路联通。栾卢高速公路设计速度为80 km/h,路基宽度为25.5 m,为在建高速公路;G241,二级公路,路基宽12 m,路面宽9 m,水泥混凝土路面。

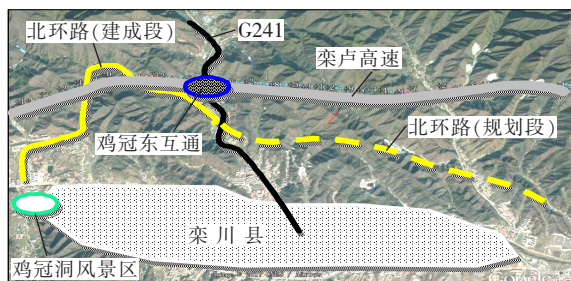


图2 鸡冠洞互通地理位置图

3.2 控制因素分析

11种控制因素的分析结果如表4所示。

3.3 方案拟定

由上面的分析可知,该互通区域内地形起伏较大、地质条件相对较好,设计难点主要有:① 主线加减速车道出入口限制在左幅ZK10+485~ZK11+696/右幅K10+699~K11+923,空间狭小;② 主线与被交道高差大,主匝道需要约2.2 km左右的展线长度;③ 互通位于大起伏山区,收费管理场区的选址困难。综合分析后,该互通从不同展线方案的角度提出了两个方案。

(1) 方案1(图3)。采用变异A形单喇叭方案,喇叭头设置于路线左幅,A匝道利用主线桥下穿主线后利用北沟西侧台地展线,然后向东迂回平交于G241,A匝道布置尽量避开山势高处,尽量减少挖方;匝道最小平曲线半径为57.25 m,最大纵坡为3.95%。

(2) 方案2(图4)。采用变异A形单喇叭,设置双喇叭头匝道线形,匝道A在主线和北环路之间展线,3次下穿主线后向东迂回平交于G241,为减少挖方及占地规模,方案设置有两个环圈匝道。匝道设计时速为40 km/h,最小平曲线半径为50 m,最大纵坡为3.92%。

表 4 鸡冠洞互通式立交控制因素分析

序号	控制因素	具体情况描述	分析结果
1	地方城镇规划	互通位于栾川县城规划边缘,紧邻北环路	对互通设计影响较小
2	功能定位	服务于县城及周边景区的普通收费型互通	按照一般互通立交布设即可
3	交通量 分布特征	2040年预测东南方向为最大转弯交通量 349 pcu/h,各方向转弯交通量均较小	①交通量均较小;②各种形式基本都能满足需求
4	地形地貌	地形起伏大,峰峦连绵,地面标高最高为 700 m,最低为 120 m。河谷为侵蚀型,地形属中低山区	①属复杂的山岭区互通;②互通布设应随山就势,避免大填大挖;③尽量减少对北沟河谷的干扰
5	水文地质 特征	位于秦岭东西复杂构造带南亚支的西段,位于伊河支流北沟河谷内,以大理岩、闪长岩为主,地质状况良好	①地质状况基本良好,不干扰互通布设;② K11+700 北侧山区起伏大,减少对其扰动
6	不良地质 分布	项目区中低山区,部分地区地形陡峭,局部存在有危岩和崩塌。该互通区域内基本无不良地质分布	对互通方案影响较小
7	主线平纵 指标	最小平曲线半径 7 000 m,最大纵坡 2.80%	①平面、纵断面都满足互通设置要求,不存在需要避让段落;②变速车道位于大于 2% 纵坡上,应进行加减速车道长度修正
8	被交道平纵 指标	最小平曲线半径 230 m,最大纵坡 0.70%	根据平交范围内的线形要求,60 km/h 对应的圆曲线半径最小 400 m,被交道平交位置应设置于 BJDK0+200~BJD0+700
9	桥隧构造 物分布	箭口山隧道、竹园隧道、竹园大桥	①根据互通与隧道间距要求,加减速车道出入口限制在左幅 ZK10+485~ZK11+696/右幅 K10+699~K11+923;②竹园大桥不可避免地要设置加减速车道,主匝道利用其边孔下穿
10	主线与被交道高差	55 m	按照 2.5% 平均纵坡反算,主匝道需要约 2.2 km 的占线长度,完成纵断面设计
11	收费管理 场区选址	设置 4 进 6 出收费车道及约 6 000 m ² 收费管理站	尽量选址在平坦开阔、地质条件良好位置,避免大填大挖,利于房建设计。初步拟定了 2 个可行位置

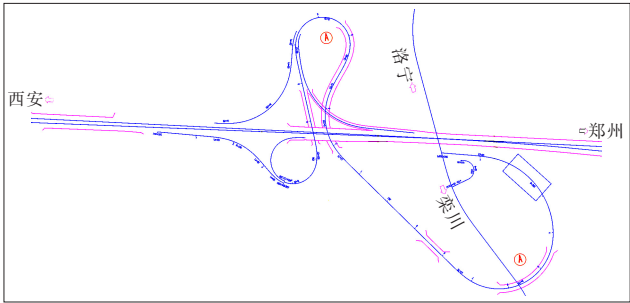


图 3 鸡冠洞互通方案 1 平面图

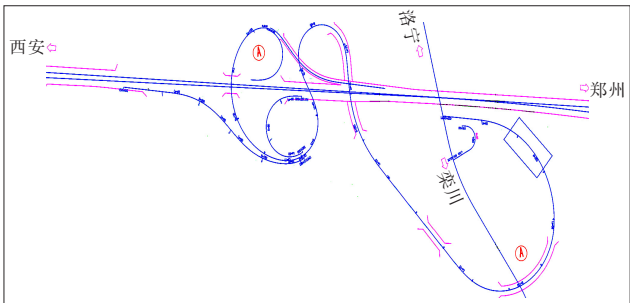


图 4 鸡冠洞互通方案 2 平面图

3.4 确定最优方案

确定最优方案时,采用技术经济指标比较法进行评价,相关技术、经济指标的比较内容见表 5。

经上述方案技术、经济对比,选择方案 1 作为推荐方案。

4 结论

(1) 通过对豫西伏牛山区高速公路收费型互通立交设计方案的研究与分析,总结了区域内高速公路收费型互通立交典型特征主要为:互通形式主要以单喇叭形为主、交通量相对较小、互通主线与被交道高差大(高差分布为 20~50 m,个别达 80 m 以上)、互通位置主要以傍山型为主;另外,豫西南山区高速公路桥隧比基本为 50% 以上,而这些桥、隧构造物往往对互通布设有较大影响。

(2) 结合豫西伏牛山区高速公路的设计实践,提

表5 鸡冠洞互通式立交技术经济指标比较

项目	单位	方案1	方案2
交叉方式		主线上跨	主线上跨
互通方式		变异A形单喇叭形	变异A形单喇叭形
被交叉公路名称		规划G241	规划G241
挖	m ³	831 793	615 954
土方填	m ³	385 327	338 154
最小半径	m	57.3	60.0
匝道最大纵坡	%	4.23	3.92
全长	m	2 939.426	2 908.615
桥梁长度及座数	m/座	1 421.4/4	1 354.64/5
涵洞通道	m/道	136.57/3	208.64/5
占地面积	亩	338.6	286.0
造价	亿元	3.00	2.88
优点	①互通线形指标高;②匝道充分利用主线桥下穿,无需新增结构物;③互通构型简单、美观,结构物布置合理,无较大安全隐患		
缺点	①互通立交占地大;②工程规模稍大		

出了山区收费型互通方案可按照设计准备、控制因素分析、方案拟定、确定最优方案4个阶段开展设计,并详细罗列了11种主要的控制因素。

(3) 以河南省栾卢高速公路的鸡冠洞互通式立交为例,对4个阶段设计流程进行了详细分析,可为类似山岭区收费型互通立交设计提供有益参考。

参考文献:

[1] 霍明.山区高速公路勘察设计指南[M].北京:人民交通出版社,2003.

[2] 交通部公路司.新概念公路设计指南[M].北京:人民交通出版社,2005.

[3] 邹泽雄,曾邵武,雪梅.贵州省紫望高速公路火花互通立交方案选型与设计[J].公路交通科技(应用技术版),

2016,12(6):233-234.

[4] 高荣,李娜.山区地形变异型互通式立交设计思路探讨[J].交通科技,2017(2):133-135.

[5] 赵文彦.山区互通方案选型研究[J].福建交通科技,2018(3):20-23.

[6] 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.

[7] 刘子剑.互通式立体交叉设计原理与应用[M].北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.

[8] 吴善根,柳银芳.乐昌至广州高速公路终点接线方案研究[J].中外公路,2018,38(2):9-12.

[9] 河南省交通规划设计院股份有限公司.栾川至卢氏高速公路项目初步设计[Z],2018.

[10] 胡甜,刘涛,易学斌.大纵坡路段枢纽互通立交布设方案研究[J].中外公路,2018,38(6):314-316.