

高速公路错位交叉复合式互通设计思路探讨

张金, 潘丹

(湖北省交通规划设计院股份有限公司, 湖北 武汉 430051)

摘要:结合鄂西山岭重丘区《十堰经镇坪至巫溪高速公路郧西至鲍峡段》鲍峡枢纽互通工程设计实例,介绍山区高速公路错位交叉条件下复合式互通设计主要采用的形式,探讨各自适用的条件及特点,并分析各方案的优缺点。研究表明:通过选择合理的复合互通形式,既保障了被交高速公路车流正常通行,又保证了错位交叉条件下主线直行向通行能力,更保证了高速间交通流的安全、高效地相互转换。

关键词:错位交叉;复合式互通;交织长度;选形设计

中图分类号: U412.35

文献标志码: A

随着中国高速公路的大力发展,逐渐形成完善致密的高速公路网,路网不断加密的同时,特别是中西部山岭重丘区,受地形地质条件限制,越来越多的山区高速公路形成错位交叉,此条件下的复合式互通不断涌现,选择合理的复合互通形式,对充分发挥路网功能,安全、快捷、高效地转换交通,充分利用被交高速公路既有工程、合理降低工程造价等,有着重要的意义。

1 山区高速公路错位交叉条件下复合式互通设计主要形式探讨

在建高速公路与既有高速公路在实现交通转换需求时,形成单交叉点十字形全枢纽互通式立体交叉是

较为理想的,但受地形、地物、可用走廊狭窄、地质条件等限制,在规划阶段即论证无条件设置单点十字形全枢纽互通式立体交叉时,形成错位交叉往往是较为经济合理的^[1],这在中国中西部山岭重丘区高速公路建设过程中较为常见,随之而来的就是新建枢纽互通与运营中枢纽互通复合问题,设计的主要思路是在保证主线主交通流向安全快捷运行前提下,灵活采用各种连接方式来减少或消除交通冲突,归并主线出入口,尽可能避免设置过多的主线出入口而影响正常交通流,减少交织以提高通行能力并确保行车安全,根据现实工程中建设条件各异,两条高速公路由于错位距离不同而形成不同长度的共用路段,不同的复合连接方式也应运而生^[2]:

- *****
- [7] WENGER PROJEKTE UND COACHING. Patent Issued for Movable Crash Barrier Section; European Patent Office, USPTO 10697140[P], 2019.
- [8] MOLAN A M, REZAPOUR M, KSAIBATI K. Investigating the Relationship between Crash Severity, Traffic Barrier Type, and Vehicle Type in Crashes Involving Traffic Barrier[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering(English Edition), 2020, 7(1): 125-136.
- [9] 周翔海, 陈卫霞, 邓宝, 等. 波形梁护栏立柱承载能力研究[J]. 中外公路, 2021, 41(2): 356-360.
- [10] RAJ A, NAGRAJIAN P, SHASHIKALA A P. Investigations on Fiber-Reinforced Rubcrete for Railway Sleepers[J]. ACI Structural Journal, 2020, 117(5): 109-120.
- [11] 雷正保, 刘博. 公路安全防护技术研究动态与趋势[J]. 公路工程, 2020, 45(1): 26-31, 49.
- [12] 甘新众, 甘有为, 刘群艳, 等. 半挂车撞击公路护栏时的等效模型[J]. 中外公路, 2020, 40(1): 258-262.
- [13] 崔洪军, 崔姗, 邢小高, 等. 护栏高度变化对防撞能力影响研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2015, 34(1): 84-86, 90.
- [14] ÖZCANLI M, YILMAZ M, et al. Effect of Foam Application in Bus Structure for Conservation of Residual Space during Rollovers [J]. International Journal of Heavy Vehicle Systems, 2014, 21(1): 56-63.
- [15] 交通运输部公路科学研究院. 公路交通安全设施设计细则: JTG/T D81-2017[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2017.

(1) 方式 1: 辅助车道连接形成整体式共用路段; 当共用路段长度大于 3 km, 或转向交通量及交织交通量小于相邻互通立交之间的连接, 可考虑采用加宽现有被交高速公路主线而形成辅助车道贯通形式, 以满足共用路段直行交通及转向交通的需求。现行的 JTG/T D21—2014《公路立体交叉设计细则》中对此种形式共用路段基本车道数的选取有明确要求。

(2) 方式 2: 集散车道连接形成分离式共用路段; 当共用路段长度小于或等于 3 km 时, 或方式 1 中设置辅助车道不满足需求时, 可采用在被交高速公路主线直行车道外, 设置单独的集散车道直接串联主线出入口, 既减少了被交高速公路主线相邻出入口数量, 又保持了两条主线各自直行车道的连续性。此种方式将交织交通量从被交高速公路主线转移至集散车道上, 集散车道交织段长度应满足 JTG D20—2017《公路路线设计规范》中相关条文要求^[3]。

(3) 方式 3: 交织分离车道连接形成完全分离式共用路段。当共用路段长度过短时, 就算采用方式 2, 也不能满足交织段长度要求时, 可增设各个转向的交织分离车道, 直接通过连接匝道分离不同流向的交织车流, 从根本上避免交织车流形成的冲突点对直行交通的安全影响。

通过交织分离车道连接而形成完全分离式共用路段的复合方式, 交通流转换最为安全顺畅, 但由于增设交织分离车道而带来更大的工程规模; 采用辅助车道连接形成整体式共用路段的复合方式, 虽工程规模较省, 但适用性较为狭隘, 仅局限于共用路段较长、转向交通量及交织交通量较小、辅助车道内交织区长度能满足交织交通量通行需求的情况。而采用集散车道连接形成分离式共用路段的复合方式, 往往在较为适中的工程规模的同时, 保证了被交高速公路主线直行交通的正常通行, 通过合理控制集散车道上的交织区长度, 也可基本满足集散车道上直行主流交通及转向交通的需求, 在工程设计中应用较为广泛, 如何合理设置互通间距, 以满足集散车道上交织区长度, 是决定错位交叉复合式互通方案是否合理的关键。

2 工程案例

2.1 工程简介

结合实际工程案例《十堰经镇坪至巫溪高速公路郧西至鲍峡段》鲍峡枢纽互通(设计中, 下文简称“十巫北高速公路”)^[7]与《十堰经镇坪至巫溪高速公路鲍峡

至溢水段》鲍峡互通(建设中, 下文简称“十巫中高速公路”)形成的错位交叉条件下复合式互通, 讨论方案比选阶段各形式的适用性, 分析各种形式设置方案的优缺点。

十巫北高速公路及十巫中高速公路均是《十堰经镇坪至巫溪高速公路》(下文简称“十巫高速公路”)的重要组成部分, 均需在鲍峡镇与十天高速公路互联, 受地形地物、十天(十白段)高速公路既有桥隧大型构造物分布及十巫高速公路主线走廊的制约, 十巫北高速公路及十巫中高速公路不可避免地在鲍峡镇形成错位交叉共线段, 十巫高速公路与十天高速公路交叉而形成错位交叉条件下复合式互通, 由于两个项目实施进度不同, 设计按照“一次设计、分项目实施”的原则, 需要在保证两条高速公路直行主流向正常运行的同时, 减少对既有工程的浪费, 确定安全合理的复合连接方式将两互通进行复合式设计, 以确保行车安全。

2.2 交通量预测及互通初步选型

根据十巫高速公路工程可行性研究报告的交通量预测结果, 该节点的各转向交通量分布如图 1 所示: 主交通量为十巫高速北段至鲍峡方向, 交通量为 1 276 pcu/h(远景交通年 2042 年); 次交通量为十巫高速公路北段至十堰方向, 交通量为 104 pcu/h。

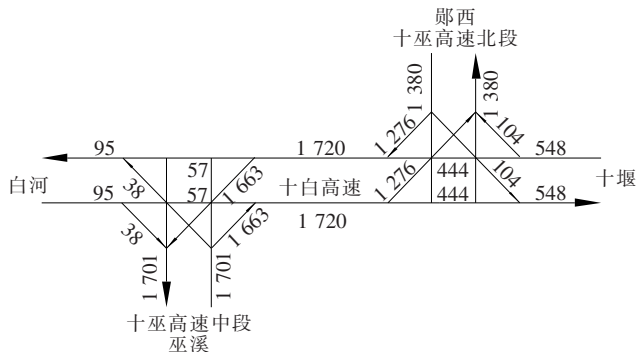


图 1 交通量预测分布(单位: pcu/h)

十巫中高速公路鲍峡互通施工图设计采用 T 形, 结合交通量预测的主交通流量、流向及交叉区地形地质条件, 初步拟定十巫北高速公路鲍峡枢纽互通采用 T 形枢纽形式。

2.3 短间距错位交叉条件下复合式互通设计方案分析

案例中提出的十巫高速公路错位交叉复合式互通具有以下特点:

(1) 相邻互通立交间距短, 中心距离约 2.1 km, 区域交通流密度大, 被交叉十天高速公路技术等级较

高,设计速度较快,为双向四车道速度 80 km/h。

(2) 在建的十巫中高速公路鲍峡互通与十天高速公路的匝道连接均采用双车道出入口形式,扣除变速车道及辅助车道的影响,立交间净距几乎不存在,立交之间车辆进出交织段长度较短,会严重影响十天高速公路及十巫高速公路直行交通行车安全和通行能力。

(3) 相邻立交间交通标志标牌设施布置空间严重受限,难以满足正常设置出口预告标志的需要^[5]。

(4) 受地形地质及地物拆迁等条件限制,拟建互通匝道布设空间狭窄,由于规划实施条件及工期的不同,考虑到对已建或在建的路基、桥梁构造物、桩板墙、圪工挡墙等大型支挡防护工程的充分利用,减少既有工程浪费,复合式互通方案布设较为受限。

基于以上特点,短间距错位交叉条件下复合式互通设计方案着重从实际所能提供的共用路段长度与是否满足交织段长度要求的匹配度上入手分析,针对两相邻 T 形枢纽互通复合连接方式,设计阶段提出采用“设置辅助车道方式”、“设置集散车道方式”及“设置交织分离车道方式”3 种复合方式,并分析了各种形式布置方案的优缺点。

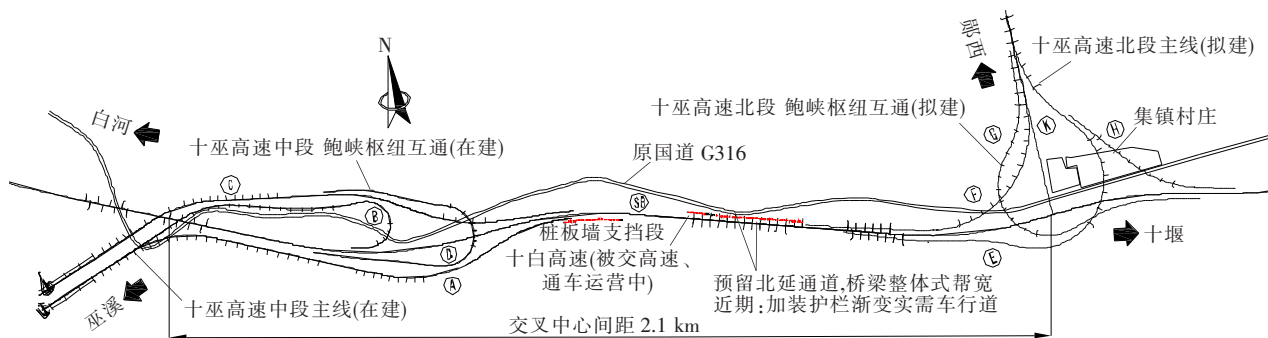


图2 方案1平面设计方案示意图

2.3.2 方案2:设置集散车道方式

该方案通过在十天高速公路外侧设置分隔式的集散车道,并按高速公路分离式主线路基宽度标准进行设计,归并十天高速公路出入口,交通转换均通过集散车道及3条连接匝道完成,将交织交通流全部转移至集散车道范围内,受现场地形地物及拆迁规模的限制,根据集散车道交织区段长度的不同,研究比选了以下两种集散车道分离式复合方案:

A 方案为西向方案(图3),B 方案为东向方向(图4)。

由图3、4可得:A 方案总体上更符合主交通量为十堰至巫溪主流向,且集散车道平纵面线形指标较高,

2.3.1 方案1:设置辅助车道方式

该方案(图2)直接利用在建的十天高速公路既有路基桥梁帮宽工程,在十白高速公路共用段范围内主线拼宽一个车道,既有桩板墙支挡工程均可直接利用,互通匝道总里程短,工程规模小,但交织区长度较短,且十巫高速公路南北向主交通量和十白高速公路东西向主交通量均需在辅助车道段内完成交织运行,经核查,参与交织的十巫高速公路直行交通量为 1 276 pcu/h,十白高速公路直行交通量为 2 240 pcu/h,转向交通量为 501 pcu/h,交织交通量达到 1 720 pcu/h,交织区位于既有十天高速公路主线段,运行速度参照规范^[6]要求,至少不应低于主线基本段设计速度的 70%,暂按保守值 60 km/h 来计算交织交通量所需最短交织段长度为 600 m^[4]。经核算,实际所能提供的交织段长度虽达到了 860 m,虽长度满足要求,但考虑到两条高速公路在共用路段汇流交通量过大,造成交织区通行能力的急剧下降,因此,即使该方案工程规模省,对既有工程利用率较高,但由于共用段距离较短,交织交通量较大,较短的交织长度势必会影响两条交叉高速公路主流向交通流的安全高效运行。

更有利于主交通流的快速高效运行。但主流向更顺畅的同时也牺牲了集散车道上交织区长度这一关键因素,A 方案集散车道上交织交通量为 1 720 pcu/h,需设置 600 m 以上长度的交织段才能满足要求,经核算,实际交织段长度为 485 m,不满足规范要求,此方案虽解决了被交叉十天高速公路的交织冲突问题,但未解决十巫高速公路通过集散车道方式实现共线段上交织冲突对主流向的干扰问题。

为彻底化解“集散车道上交织冲突对主流向的干扰”这一主要矛盾,提出 B 方案(图4)。B 方案使交叉点重心往东向倾斜,在确保较高的平纵面线形指标的同时,显著提高了集散车道交织区段长度,此方案下交

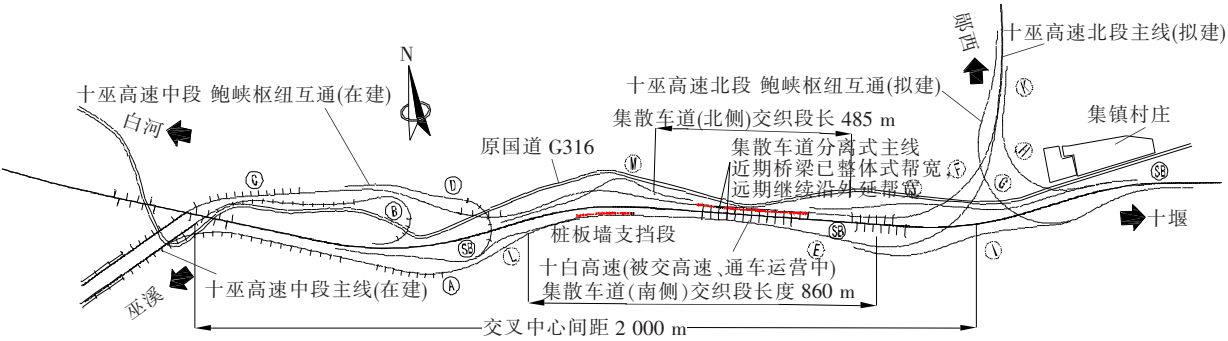


图 3 方案 2(A 方案)平面设计方案示意图

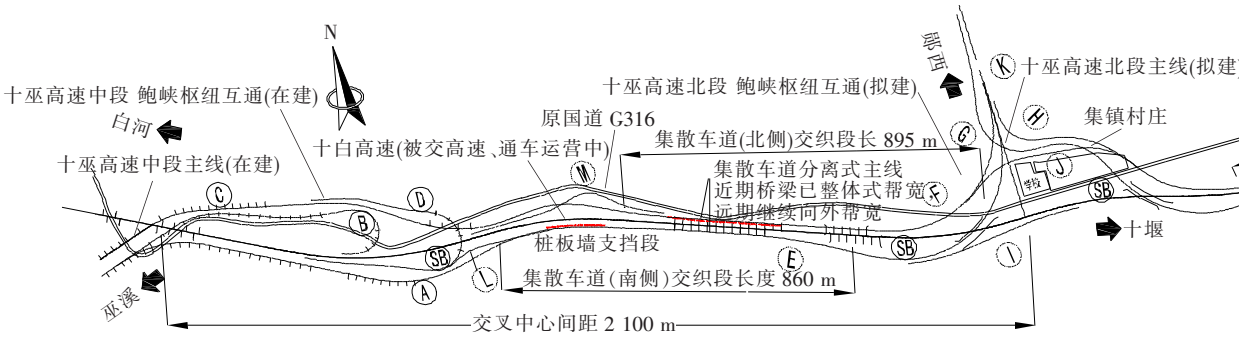


图 4 方案 2(B 方案)平面设计方案示意图

织区段长度达到 895 m,在工程规模相差不大的情况下,既通过设置集散车道并归并出入口的方式保证了十天高速公路主线的正常运行,又通过适度拉开集散车道上连接匝道出入口的间距,保障了十巫高速公路主线交通流受转向交通影响降至安全运行范围内,符合提出的“安全可靠、功能完善、经济节约”的总体目标。

2.3.3 方案 3:设置交织分离车道方式(图 5)

受十天高速公路老路走廊狭窄的限制,在原本较为拥挤的走廊内设置集散车道,并继续往外侧设置较长的分枝匝道直接将转向交通与集散车道分离^[7],此举将显著提高工程规模,且在近期预测交通量并不大

且适应集散车道复合方式的前提下,近期参与交织的转向交通量为 444 pcu/h(十堰至巫溪方向),增加长度共计 2 km 的交织分离车道,利用率并不高,以较大的工程规模为代价,可在近期设计实施集散车道分离主线的同时,预留远期因交通量的增大而需要设置交织分离车道条件。以适应远期交织交通流增长而亟需分离交织交通的需要。

2.4 设计方案比选

在对各个方案深入设计研究的基础上,从以下几个关键指标:“规范条文要求契合度”、“土建工程及拆迁规模”、“交通流组织顺畅性”、“对既有工程的利用度”对几种方案的优缺点进行比选,结果如表 1 所示。

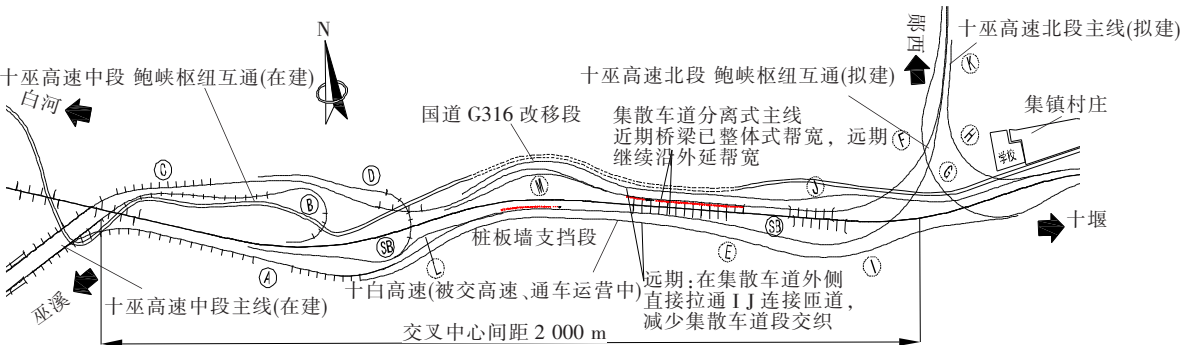


图 5 方案 3 平面设计方案示意图

表1 各设计方案优缺点对比

方案	优点	缺点
方案1(辅助车道整体式复合方式)	① 工程规模最小;② 施工变更及后续工程量浪费最少;③ 不存在近期保通需要	① 不满足规范相关条文要求;② 存在交织区段,交通组织欠佳
方案2(集散车道分离式复合方式)	A方案 (西向方案) B方案 (东向方案)	① 工程规模较大;② 施工存在变更及后续工程量浪费;③ 集散道北侧交织区段较短,不满足规范要求;④ 需特殊设计实现近期保通
方案3(增设交织分离车道完全分离式复合方式)	① 互通布局及指标满足规范要求;② 工程规模适中。③ 对镇区学校及周边居民密集区无大规模拆迁;④ 交通流组织顺畅	① 施工存在变更及后续工程量浪费;② 车流对学校及周边居民密集区存在噪音等环境不利影响;③ 需特殊设计实现近期保通
	① 互通布局及指标契合规范要求;② 交通流组织最为顺畅,不存在交织车流;③ 对镇区学校及周边居民密集区有效避让;④ 能适应远期转向交通量增长需要	① 分枝匝道较长,工程规模最大;② 施工存在变更及后续工程量浪费;③ 需特殊设计实现近期保通

综合以上比选研究结论可以看出:集散车道分离式复合方案(东移,B方案)满足相关规范条文要求,具有工程规模经济性适中,拆迁规模较小,交通流组织顺畅等优点,在保证复合式互通功能完善的同时,不至于因对既有工程的浪费而带来巨大的工程量,最终获得了项目参建方的一致肯定并付诸实施。

3 结语

结合上述实际工程案例,通过对提出的各种复合式互通方案适用条件的探讨,分析了各种形式布置方案优缺点,可较全面地了解各方案直行主交通流及转换交通流的运行状态,从而从整个路网安全快捷互联的宏观角度,找出对已建或在建的主线匝道既有工程充分利用的、经济合理的复合式互通设计方案,有效地控制工程规模,从而实现山区高速公路错位交叉条件下复合式互通“安全、畅达、经济、高效”的目标。

参考文献:

[1] 交通运输部公路局,中交第一公路勘察设计研究院有限公司.公路工程技术标准:JTG B01—2014[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2014.

[2] 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.

[3] 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.

[4] 湖北省交通规划设计院股份有限公司.《十堰经镇坪至巫溪高速公路郧西至鲍峡段》两阶段初步设计文件[Z],2020.

[5] 白浩晨,柳银芳.互通式立交出口匝道运行速度过渡段长度研究[J].中外公路,2020,40(1):262—267.

[6] 朱晶,张悦悦,童亚雄.复合式互通交织段通行能力分析 & 选型[J].交通科技,2014(2):146—148.

[7] 张金水.道路勘测与设计[M].上海:同济大学出版社,2005.