

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

高速公路超过规范要求的大纵坡路段如何增设枢纽互通的角度,提出了此类特殊工况下的设计解决方案;张元峰^[4]基于驾驶员行为的角度对互通立交区的交通事故做了分析,认为驾驶员对自身行车速度和驾驶行为变化的感知和判断出现误差是引发互通区域交通事故的主要因素。当前枢纽互通改扩建设计时经常遇到现有单车道匝道扩建为双车道匝道,而为了控制工程规模或受规划等因素影响又采用单车道出入口的情况,双车道与单车道的过渡设计变得常见而又较为敏感。《公路立体交叉设计细则》(JTG/T D21—2014)^[5]中关于双车道采用单车道变速车道时的设计要点只明确了过渡段的距离要求,却未说明行车道渐变与硬路肩渐变是否在同一路段完成。在这一规范基础上,实际改扩建设计工程实践中,经常为了避免桥梁变宽设计,或工程规模等其他限制因素,将车道渐变与硬路肩渐变分开设置。本文从双车道匝道采用单车道变速车道设计时,双车道与单车道如何过渡设计的角度对闽孝枢纽互通初次改造设计存在的问题及交通事故产生的原因进行分析,以便为类似互通立交改扩建设计提供借鉴。

1 项目背景

杭瑞高速公路闽孝枢纽互通位于贵州省铜仁市江口县闽孝镇西侧岳家寨,本互通按照枢纽互通预留并临时落地,主要服务于江口县闽孝镇,主线上跨匝道,收费站道口为2进2出,互通内主线设计速度采用80 km/h,路基宽度24.5 m,B、D匝道(大兴至瓮安、瓮安至思南方向)采用单车道入口的双车道匝道,路基宽度10.5 m,C、E匝道(瓮安至大兴、思南至瓮安)采用单车道匝道,路基宽度8.5 m,匝道设计速度均为50 km/h(图1)。

江口至都格高速公路(以下简称安江高速)岳家寨互通式立交位于铜仁市江口县闽孝镇岳家寨村,是安江高速与S303省道进行交通转换的互通立交。本互通顺接杭瑞高速公路闽孝枢纽互通式立交,服务江口县闽孝镇及S305和S303沿线的进出高速的交通量。互通主线设计速度80 km/h,双向四车道,整体式路基宽21.5 m,分离式路基宽11.25 m。被交道S303路基宽度为8.5 m。岳家寨互通与闽孝枢纽互通净距小于1 km,两座互通式立交组合成复合式

互通,两者之间采用辅助车道贯通(图2)。

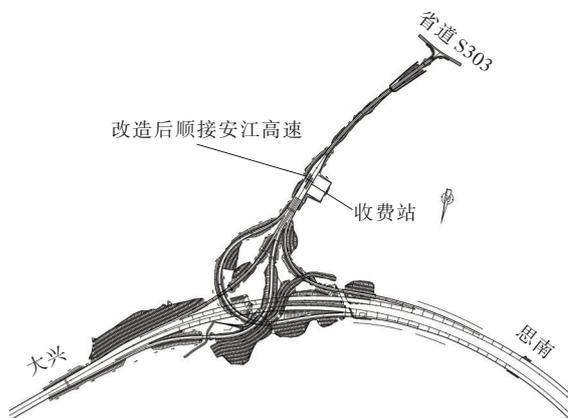


图1 杭瑞高速公路原闽孝互通平面图



图2 闽孝枢纽互通与岳家寨互通位置示意图

杭瑞高速公路闽孝枢纽互通在杭瑞高速原闽孝互通的基础上进行改扩建。根据《贵州省江口至都格高速公路江口至瓮安段工程可行性研究报告》中“问题与建议”,本项目起点与在建的杭瑞高速大兴至思南段相接,枢纽立交已经纳入杭瑞高速项目,闽孝枢纽立交铜仁至石阡、石阡至德江方向为单向双车道匝道标准,路基宽度10.5 m;石阡至铜仁、德江至石阡方向为单向单车道匝道,路基宽度8.5 m。根据交通量预测结果,主交通流流向为铜仁往返石阡方向,交通量为15 501 pcu/d,但石阡至铜仁方向匝道为单车道匝道,不满足远景年通行能力要求,为避免重复施工造成浪费,应尽早进行闽孝枢纽互通的改造设计。闽孝枢纽互通经过改造后部分匝道路段交通事故频发。根据现场调查统计数据,事故主要发生在C匝道(交通量为15 501 pcu/d),通过运行速度计算及调查分析发现:

(1) 主线、C 匝道平、纵指标、平纵组合、视距等满足规范一般要求。

(2) 经验算 C 匝道运行速度 $V_{85}=70$ km/h, 交通事故车辆经推算在设计速度范围内。

(3) 事故发生时匝道车辆较多, 事故车辆司机反映在 CK0+350~CK0+400 路段范围内, 硬路肩逐渐变宽, 司机以为行车条件变好, 放松了警惕并加快了速度, 然而 CK0+400 往后突然行车道收窄, 心理压力剧增而未来得及反应, 导致交通事故发生。

2 立交初次改造方案

按照相关单位的要求, 设计方对闵孝枢纽互通改造进行了方案研究, 并提出了 3 个改造方案:

(1) 方案 1: 将 B、C、D、E 共 4 个匝道均进行改造, 匝道与江瓮高速公路主线的连接满足相应的技术指标要求, 该改造方案对原有桥梁、高边坡影响较大, 造价最高。

(2) 方案 2: 将路面宽 8.5 m 的 C、E 匝道进行改造, B、D 匝道相关段落对应改造, 该方案平面上与江瓮高速主线之间直线段长约 80 m, 平面线形不及方案 1, 改造规模略省。

(3) 方案 3: 主要改造主交通流方向 8.5 m 宽的 C 匝道(瓮安至大兴方向), 其他匝道在匝道结合部做

相应调整, 与方案 2 类似, 该方案在平面上与江瓮高速之间直线段长约 80 m, 平面线形不及方案 1, 但改造规模较小。

从工程规模和对既有构造物影响最小的角度出发, 推荐采用方案 3。

贵州省交通运输厅组织召开了改造方案的评审会, 结合闵孝枢纽互通已经建成通车现状, 考虑到现有桥梁、高边坡改造难度大, 需充分利用老路避免资源浪费、节省工程造价等因素, 会议明确按照方案 3 进行改造。具体改造设计如下:

(1) B 匝道: B 匝道仅连接江瓮高速主线进行顺接。匝道路线长度 292.55 m。

(2) C 匝道: C 匝道右侧有一高边坡, 为避免对高边坡的影响, 匝道左侧加宽, 加宽宽度由 8.5 m 加宽至 10.5 m, 入口设置渐变段, CK0+410~CK0+470 路基宽度由 10.5 m 渐变到 8.5 m, 渐变段长度 60 m, 保持原有匝道位置不变, 匝道路线长度 490 m。

(3) D 匝道: D 匝道仅对连接江瓮高速主线进行顺接, 匝道路线长度 174.233 m。

(4) E 匝道: E 匝道仅对连接江瓮高速主线进行顺接, 匝道路线长度 118.945 m。

(5) 主线 K: 改建桩号 K0+557.517~K0+590, 顺接江口至瓮安高速主线。

改造设计方案总体图见图 3。

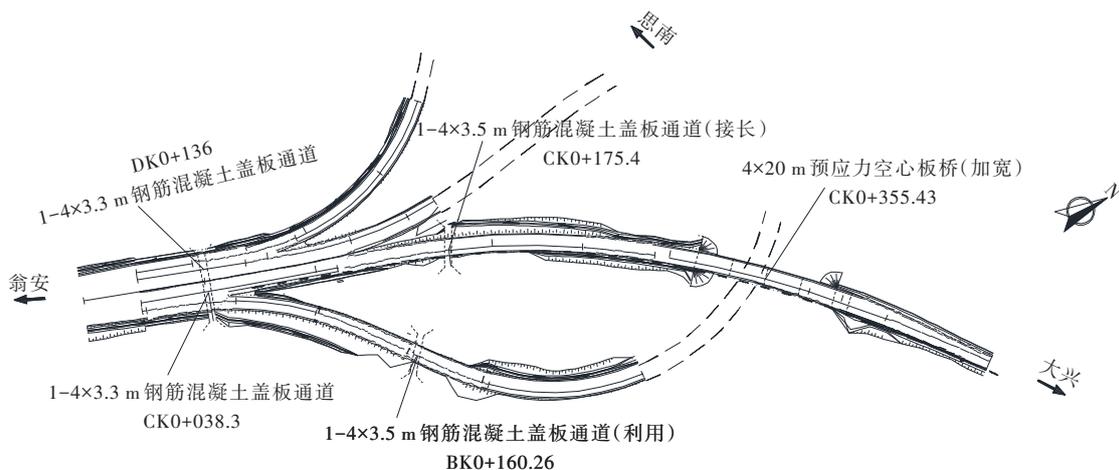


图 3 闵孝枢纽互通改造平面总体图(单位:m)

3 改造方案存在的问题分析

按上述改造方案改造后的闵孝枢纽互通在瓮安

至大兴方向 C 匝道接入杭瑞高速主线的路段交通事故频发, 建设单位委托设计单位研究闵孝枢纽互通原改造方案存在的问题, 并提出新的改造方案。经过仔细研究岳家寨互通及闵孝枢纽互通的交通状况

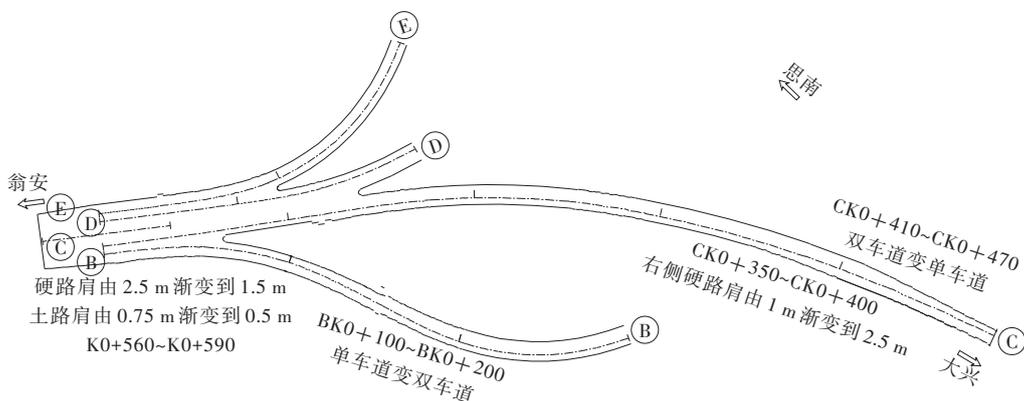


图4 闵孝枢纽互通改造平面总体图(单位:m)

及立交匝道布设情况发现:由于安江高速岳家寨互通满足规范及交通量需求,杭瑞高速闵孝枢纽互通C匝道改造设计中存在加宽过渡位置欠合理的问题。

根据设计细则^[5]第10.2.7条中关于双车道采用单车道变速车道时的规定,双车道与单车道之间的过渡应在匝道范围内完成。当由单车道减速车道过渡为双车道匝道时,过渡段长度不小于70 m,且过渡段起点距鼻端的距离不宜小于40 m;当双车道过渡为单车道加速车道时,过渡段长度不宜小于60 m。此处CK0+350~CK0+400完成了硬路肩由1 m到2.5 m的渐变,然后CK0+410~CK0+470完成了双车道向单车道加速车道的过渡。CK0+350~CK0+400路段范围内,硬路肩先由1 m渐变到2.5 m的同时没有把行车道由双车道渐变为单车道,让司机误以为行车条件变好,放松了警惕,然后紧接着双车道又渐变成了单车道,行车条件变差,司机未来得及反应,导致司机出现对车道变化的误判,从而引发此路段频繁的交通事故。由此可见:此处设计把硬路肩渐变与行车道渐变分开并且连续设置不妥。但路线规范^[6]和设计细则^[5]中没有明确这一点。B匝道由单车道渐变为双车道时,也采用了先完成硬路肩渐变,再进行单车道向双车道的行车道渐变。

这两部分渐变也没有在同一桩号范围内进行,但B匝道却没有出现类似C匝道的交通事故。究其原因:一方面与B匝道的交通量(11 110 pcu/d)较小有关,另一方面也与车道渐变对司机的诱导判断有关。因为B匝道是先把硬路肩由2.5 m渐变到1.5 m,让司机有行车条件变差的预判,会提高警惕性,而后

再进行单车道渐变为双车道,路况实际上是变好,此时司机可能已经把车速有所降缓或增大了警惕心,故此时在B匝道上行驶通过时能保持安全的行车状态。虽然B匝道没有出现交通事故,但对驾驶者的行车体验大打折扣,让其对路况的变化无所适从,这也不符合路线设计初衷。

研究表明:驾驶员对自身车辆以及其他行驶车辆速度和驾驶行为变化的感知和判断出现误差是导致互通立交区事故发生的主要因素^[4,6]。根据张敬磊等^[7]关于驾驶员驾驶任务缓急程度与生理、心理指标理论、结果,当匝道行驶速度为50 km/h时,正常人的神经反应时间为0.3~0.5 s,驾驶员在发现突变情况后,刹车制动生效时间约为1.2 s,故司机整个机体理论反应时间为1.5~1.7 s,若C匝道硬路肩、行车道宽度在距离合流端前越早同时完成,驾驶员心理因素越平缓,则事故反应时间越长。由此可见,大交通量情况下,双车道匝道采用单车道变速车道设计,且车道宽度渐变与硬路肩渐变错位时,驾驶员易预判失误,导致交通事故发生。

综合以上分析并在互通设计专家意见的基础上,本文认为互通设计人员应在满足细则^[5]中关于双车道采用单车道变速车道时的过渡段距离要求的基础上,还应把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。

4 新改造方案

鉴于原改造方案车道宽度渐变与硬路肩渐变未在同一路段完成,新改造方案理应能实现这两者在同一路段完成渐变。单纯改造车道过渡在同一路段

范围完成可以解决驾驶员的心理预期问题,但考虑本路段交通量较大,且已出现较多交通事故,为彻底解决这一问题,新改造方案设计思路主要考虑将C匝道接入杭瑞高速的单车道入口直接改造为双车道入口,保持匝道接入主线时车道的一致性和连续性。同时由原来的单变双入口形式改为双车道入口形式,将该路段的通行能力提高了300 pcu/h,可有效缓解该路段的交通压力,也从源头上避免驾驶人员因车道变换在加速驶入主线时产生误判,彻底解决本路段的交通安全隐患。

江口至瓮安高速公路起点与杭瑞高速相接,闵孝枢纽互通之前是在杭瑞高速闵孝互通的基础上进行改扩建。主交通流方向(石阡至铜仁)的C匝道原设计为单车道8.5 m宽,设计速度为50 km/h,改建后双车道宽10.5 m,入口为单车道。C匝道接入杭瑞高速的单车道入口直接改造为双车道入口,需要相应改造加速车道及变宽段。但由于此互通已经建成,在此匝道上改造也会面临新的挑战并付出较大的代价。若入口改造为双车道接入杭瑞高速主线,需满足车道平衡的要求,主线设计速度80 km/h需增设辅助车道300 m,相应的加速车道长度也由原来的180 m增长为310 m,渐变段长度由70 m增长为150 m,总变宽段由250 m增长至760 m,增加510 m。加速车道路段范围右侧高边坡为6级边坡,防护形式为锚杆框架梁及预应力锚索框架梁,对该高边坡的改造存在较大的安全风险。

考虑到本项目同时连接江瓮高速及杭瑞高速的特殊性尽可能降低对现有桥梁、高边坡的影响,充分利用现状老路,减少行车干扰、节省工程造价等因素,结合闵孝枢纽互通已经建成通车现状,业主最终在经专家评审后采用改造方案3。同时通过标线重新划线,明确单双车道入口渐变,加强了对闵孝枢纽互通相关匝道出、入口交通安全标志管理,同时在进入C匝道时增设减速带,增设前方事故多发路段及变道提示,加强了分、合流诱导、监控与管理,有效提高了本路段的交通安全水平。

5 结语

现代互通式立交设计中注重以安全为中心的多因素考虑,互通立交的技术特征越来越趋于形式的单一性、运行的一致性和造型的规则性。在高速公路互通立交设计实践中,不仅要考虑满足规范要求,还要考虑驾驶人的驾驶习惯、心理感受以及车辆的行驶动力特性等因素。就闵孝枢纽互通改造设计的工程实践而言,如对公路立体交叉设计细则理解深度不够,单双车道过渡段理解不透彻,易埋下安全隐患。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。由此可见,综合考虑驾驶员的驾驶习惯等因素,有助于准确理解规范条文,并切实安全有效地应用到设计实践中。此外,闵孝互通改建设计后出现的交通拥堵现象也表明,对于枢纽互通大交通量入口匝道,从通行能力长远角度出发,采用双车道入口形式较双变单入口形式更合理。

参考文献:

- [1] 邓国忠,曹帆,吴勇,等.基于实测交通事故的互通式立交安全性分析[J].西部交通科技,2019(5):156-159.
- [2] 杨丰羽,赵艳,张燕飞.高速公路互通式立交路段交通事故特性分析[J].交通科技,2019(2):107-110.
- [3] 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.
- [4] 张元峰.基于驾驶行为的高速公路互通式立交安全评价方法研究[D].北京:北京工业大学,2016.
- [5] 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.
- [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] 张敬磊,王晓原,王云云,等.驾驶任务缓急与汽车驾驶倾向性的相关性[J].深圳大学学报(理工版),2017,34(2):195-203.