

成乐高速公路半封闭扩建施工交通组织研究

谢兴华¹, 王洪明², 程世勇¹, 汪洋¹

(1.四川成乐高速公路有限责任公司, 四川 成都 610000; 2.四川交通职业技术学院

公路交通安全四川高校重点实验室, 四川 成都 610000)

摘要: 合理有效的交通组织是高速公路改扩建施工安全与交通畅通的重要保障。成乐(成都—乐山)高速公路扩建工程试验段施工中, 针对工期短和路网分流条件不平衡等难题, 采用乐山往成都方向车流经周边路网绕行的半幅封闭单向通行方案, 并采取水马+新泽西护栏混合隔离、集中拆除原跨线天桥和沿线电力杆线等配套措施, 施工过程中未发生交通伤亡事故和严重交通拥堵, 总的交通中断时间未超过 9 h, 既确保了交通与施工安全, 又最大限度维持了公路通行能力, 提高了施工效率。

关键词: 工程管理; 高速公路; 改扩建工程; 半封闭施工; 交通组织; 单向通行

中图分类号: U415.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2021)04-0175-05

近年来有关高速公路改扩建交通组织问题的研究较多, 如王森、汪超、贺海、陈礼彪等分别针对安新(安阳—新乡)、津滨(天津—滨海)、沪宁(上海—南京)、厦蓉(厦门—成都)高速公路改扩建施工交通组织进行了分析研究; 张明武和马小虎研究了互通式立交的改扩建施工交通组织; 邱礼球等从通行服务、经济效益、区域路网交通影响、交通安全 4 个方面构建了改扩建施工交通组织评价指标; 霍东芳等对改扩建工程交通组织的服务水平、负经济效益、交通环境影响评价指标体系作了量化分析。从已有工程案例来看, 目前所采取的交通组织方式有全封闭、半幅封闭、全幅部分分流、半幅部分分流、开放和组合 6 种, 每种方式都有其适应的特殊路网连通条件和通行能力要求, 并且除全封闭方式外都不同程度存在安全隐患或影响工期问题, 而全封闭方式在路网迂回条件不足的施工路段容易导致片区性交通出行不便和运输经济损失。为此, 该文以成乐(成都—乐山)高速公路扩建工程为例, 针对上下行路网快速迂回通行条件不平衡的青龙场—眉山路段, 探讨半幅封闭施工的单向交通组织方法。

1 工程概况

成乐高速公路是四川中部连接成都与眉山、乐山的黄金旅游通道, 也是 G5 京昆(北京—昆明)高速公路与 G93 成渝(成都—重庆)环线高速公路的共用段, 是国家公路网规划的重要联络线, 交通量自建成通车以来一直呈快速增长。其中青龙场—眉山

段 2015 年的观测交通量为 37 153 pcu/d, 达到设计交通量的 70%, 加之货车占比达 48%, 在高峰期易出现车辆缓行和堵塞现象, 已无法适应地区经济社会和交通发展需要。为此, 该路自 2017 年开始实施扩容建设, 由原双向四车道扩建为双向八车道, 扩建主线全长 127.6 km, 其中新建 41.5 km, 原路加宽 86.1 km。

该高速公路是四川省首条实施扩建的高速公路, 由于交通量巨大、通道地位突出, 且原路多为低路堤设计, 存在桥涵净空不足、上跨通道少、纵向借道或临时新建便道困难、结构物和路面病害多、弃土和取土场分散等多种不利因素, 施工及交通组织难度大、安全风险高。为探索安全高效的扩建工程施工技术及交通组织策略, 为全路施工积累经验, 选择交通量最大但地形条件相对较好的青龙场—眉山段作为试验段, 采用设计施工总承包(EPC)模式建设, 合同总工期 24 个月, 其中路面施工期 12 个月。

如图 1 所示, 试验段为原路双侧加宽改造, 每侧加宽 8 m, 将路基宽度由原 25 m 扩为 41 m, 扩建路线全长 28 km, 共设青龙、彭山、永丰、眉山 4 处互通式立交及 32 座主线桥梁、25 座车行天桥、1 处服务区。该路段的地理位置特殊, 虽然周边有 G245、S103 等国省干道与之大致平行, 但由于同期有成都经济区环线高速公路和工业大道在建, 并且试验段靠成都方向的青龙场、邓双等上游互通分流条件有限, 路网同时接纳试验段两个方向分流的能力较弱, 尤其成都至乐山方向难以利用现有路网实现快速迂

回通行,采用全封闭施工势必造成严重交通拥堵和区域性高速出行困难,社会影响较大。因此,政府部门及运营公司均要求在施工期间尽最大努力保持公

路通行,尤其要优先保障成都至乐山方向的车辆通行,并且对工程建设的环境保护、运营保畅、施工进度和安全管控都提出了严格要求。

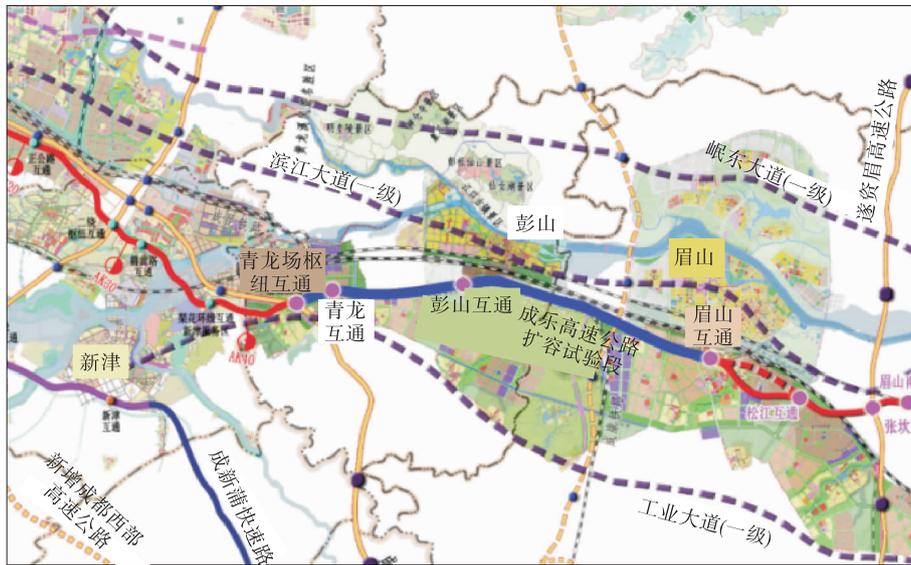


图1 试验段的路网环境

2 方案提出

试验段的扩建施工大体分为路基及桥涵施工、水稳层及路面下面层施工、路面中上面层施工3个阶段。其中,路基及桥涵施工均在原有路面外进行,基本不影响车辆通行,无需采取专门交通组织;水稳层及路面下面层施工虽然需拆除路侧护栏并开挖应急车道,但通过增设路侧临时防护和实施车速管控即可达到通行保畅与安全要求;而路面中上面层施工需占用路面进行原路病害处治、桥涵加固及半幅罩面,与交通严重冲突,是进行交通疏导与分流组织的核心阶段。由于在路面中上面层施工前路面下面层施工已完成,具备临时双向四车道通行能力,根据试验段的交通流特征及周边路网条件,拟定4种交通组织方案。

2.1 方案一

如图2所示,交通组织方案一采取分段半幅封闭施工,另半幅双向四车道通行,即以每4 km为一单元,每次同时对两侧各1个单元进行错位半幅封闭施工,把施工段交通流引导至对侧半幅双向四车道临时通行,同时为缓解交通压力,将双向重型货车分流至其他道路通行;待该半幅施工完成,将其导改为双向四车道临时通行,对侧半幅封闭施工;对侧半幅施工完毕后恢复全幅双向通行,同时对两侧的一、二车道实施交通管制,进行中分带施工,施工结束后

解除交通管制,转入下一组单元施工。

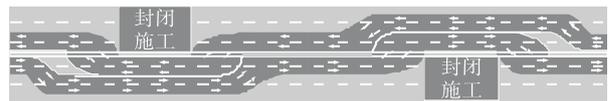


图2 交通组织方案一示意图

2.2 方案二

交通组织方案二与方案一总体相同,唯一区别在于将每次封闭施工的单元长度延长至相邻两个互通立交之间,以减少整个施工过程的交通导改次数。

2.3 方案三

交通组织方案三采取全线半幅封闭施工,另半幅单向两车道通行。第一阶段,封闭乐山至成都方向半幅施工,该方向车流在眉山南收费站分流下道绕行,并在眉山、乐山周边收费站进行诱导分流,另半幅保持原状通行(见图3);第二阶段,待乐山至成都方向半幅施工完成,将成都至乐山方向车流导改至该半幅的三、四车道单向通行,同时对其一、二车道实施交通管制,进行中分带施工,另半幅则封闭施



图3 交通组织方案三第一阶段示意图

工(见图4),期间乐山至成都方向车流继续在眉山南收费站分流下道绕行,直至全部施工完毕,恢复全幅双向通行。



图4 交通组织方案三第二阶段示意图

2.4 方案四

交通组织方案四的第一阶段与方案三第一阶段相同,即全线封闭乐山至成都方向进行半幅施工,该方向车流分流下道绕行,另半幅保持原状通行。第二阶段与方案三不同的是:乐山至成都方向半幅施工完成后,首先将该半幅导改为双向四车道通行,另半幅封闭施工,此时成都往青龙、彭山、眉山方向不能出站,青龙、彭山、眉山往乐山方向不能进站;待另半幅封闭施工完毕恢复全幅双向通行,同时对双向的一、二车道实施交通管制,进行中分带施工,直至全部施工完毕(见图5)。



图5 交通组织方案四第二阶段示意图

3 方案对比分析

3.1 方案对比

根据扩改工程施工和交通运营保障需要,从安全风险、施工质量、施工工期、交通运营和施工成本五方面对上述方案进行对比分析。

3.1.1 安全风险对比

方案一和方案二均同时有两处半幅双向通行路段,由于只能采用水马、锥桶等临时对向隔离措施,不仅防撞等级低、缺乏防眩能力,会增大对向车碰撞概率和事故严重程度,而且无应急通道,对事故的应急处置条件差,易诱发次生事故,尤其是成都至乐山方向基本不具备重型货车分流条件,通行货车会进一步增大事故风险。此外,相比方案二,方案一还因施工时间更长而使高风险状态的存续时间增加,安全性更差。

与前2种方案相比,方案三和方案四的第一阶

段均采取半幅施工、另半幅单向通行,不仅对施工的干扰小、能有效防范车辆碰撞风险,而且应急通道正常,安全风险最低。但方案四的第二阶段施工与前2种方案相似,采取另半幅双向通行,且距离长达28 km,安全风险在所有方案中最高。

3.1.2 施工质量对比

方案一和方案二均采用分段半幅施工,交通导改点前后段落的路面无法与封闭区域同步施工,路面搭接部位多,需后期专门处理,对路面平整度影响大。其中方案一的分段数量最多,对施工质量的影响最大。

与前2种方案相比,方案三和方案四采用全线半幅封闭施工,施工过程不受交通等因素影响,施工质量易把控。

3.1.3 施工工期对比

由于合同工期较短,施工工期是影响成乐高速公路扩建交通组织的敏感因素。方案一采取半幅双向通行,缺乏让行条件,为避免大面积拥堵,左右幅最多各允许一个单元同步施工,全段施工共需进行7次交通导改,预计需要有效施工时间约12.5个月,不能按期完工;方案二将交通导改减为4次,所需有效施工时间降至8.3个月,考虑到季节与天气等不利因素影响,按期完工难度较大;相比之下,方案三和方案四采取全程半幅封闭施工,只需进行2次交通导改,总有效施工时间约6个月,可按预期完工。

3.1.4 交通运营对比

方案一和方案二均不中断双向交通,但由于交通流存在路幅和车道转换及因缺乏可靠对向隔离设施需严控行驶速度,在施工段落易造成交通拥堵,使公路服务水平降低。其中方案一的施工期最长,影响时间也最长;方案二的施工单元较长,更易发生严重交通拥堵。此外,2种方案需双向分流重型货车,这在成都往乐山方向难以实施。

方案三除在试验段起止点因交通导改可能存在一定拥堵风险外,其他段落基本不受影响。但由于乐山至成都方向需实施分流,会一定程度增加车流绕行距离,并且对眉山至青龙场区间的短途交通影响较大。

方案四的第一阶段施工对交通运营的影响与方案三相同。第二阶段施工虽然不中断双向交通,但由于成都往青龙、彭山、眉山方向不能出站,青龙、彭山、眉山往乐山方向不能进站,对相关片区在施工期间的对外快速交通影响显著。

3.1.5 施工成本对比

方案一的交通导改次数多,且施工车辆难以跨互通经高速公路调运,运输效率低,施工成本最高。方案二的交通导改次数有所减少,且施工车辆可利用暂时关闭的收费站进出,但仍难以跨互通经高速公路运输,施工成本也较高。

方案三和方案四都只需进行2次交通导改,且施工车辆可利用暂时关闭的收费站进出和跨互通经高速公路运输,施工运输效率比前2种方案高。但方案四的第二阶段需一次性增设28 km对向通行临时隔离设施,施工成本增高。

3.2 方案选择

为定量对比各方案的优劣,对各方案的上述对比项目进行量化分析。设方案*i*的第*j*对比项目的受影响评价值为 q_{ij} ,按10分制量化,分值越高则受影响程度越重。其中安全生产和交通运营的 q_{ij} 由专家打分;施工工期、施工成本和施工质量的 q_{ij} 用相应工程预算值与各方案中最大之比的10倍进位整数表示,即:

$$q_{ij} = [10x_{ij} / \max\{x_{ij}; j=1,2,3,4,5\} + 0.5] \quad (1)$$

式中: x_{ij} 为方案*i*的第*j*对比项目的工程预算值,其中施工质量项目按其关键影响因素取交通导改点的数量。

按照生产安全优先、施工质量和交通运营次之,并兼顾施工工期与成本的原则,给各对比项目赋权重值 k_j (见表1),并由式(2)计算各方案的受影响程度综合评价价值 Q_i (见表2)。

$$Q_i = \sum_{j=1}^5 Q_{ij} \cdot k_j \quad (2)$$

表1 对比项目的权重值

评价指标	权重值 k_j	评价指标	权重值 k_j
安全生产	0.4	施工工期	0.1
交通运营	0.2	施工成本	0.1
施工质量	0.2		

表2 交通组织方案的影响评价价值对比

组织 方案	q_{ij}					Q_i
	安全 生产	交通 运营	施工 质量	施工 工期	施工 成本	
方案一	6	10	10	10	10	8.4
方案二	8	8	6	7	6	7.3
方案三	1	5	1	5	1	2.2
方案四	10	3	1	5	4	5.7

从表2来看,方案三的综合受影响程度得分最低,为保证工程施工的综合效益最大化,试验段扩建施工采用方案三进行交通组织。该方案的最大优点在于安全风险和施工成本低、施工工期短、施工质量易控制,主要不足在于单向交通分流会一定程度增加乐山至成都方向的绕行距离并影响眉山至青龙场区间的短途快速交通。

4 方案实施

4.1 配套措施

针对方案三对施工的要求与不足,实施过程中采取如下配套交通疏导保畅与安全防护措施:

(1) 在乐山至成都方向的施工路段上游互通立交、出入站口设置醒目的交通诱导标牌,通过公共媒体向社会发布信息,利用乐自(乐山—自贡)、成丽(成都—丽江)、遂洪(遂宁—洪雅)、成仁(成都—仁寿)等周边高速公路对该方向过境车辆进行交通分流,并将因分流增加的迂回通行里程控制在20 km以内。

(2) 通过“一路四方”联席会议积极协调地方政府及其交通和公安部门,做好乐山至成都方向区域进出车辆交通引导,利用遂洪、成仁、成都第二和第三绕城等高速公路和滨江大道、岷东大道等高等级公路实现快速绕行,并将增加的绕行路线长度控制在30 km以内。

(3) 针对水稳层及路面下面层施工需拆除原路侧护栏并部分开挖应急车道及后期占用两侧一、二车道进行中分带施工存在的车辆闯入施工作业区的风险,分别在二车道外侧采用4段水马+1段新泽西护栏混合隔离或反光锥桶隔离,同时将施工路段限速统一设置为60 km/h,并按照1人/km的标准设置安全员,及时巡查和维护隔离、限速设施。

(4) 将主线原跨线天桥和沿线电力杆线的拆除施工集中安排在第一阶段封闭成都至乐山半幅期间一次性完成,并通过严密施工准备与过程指挥、协调,将通行半幅的断流施工作业时间严格控制在4 h以内。

4.2 实施效果

该试验段已于2019年11月较计划提前1个月建成通车。通过对方案三及配套交通畅通与安全保障措施的实施,在施工期间除发生26起车辆刮撞防护设施的轻微财产损失事故、因1起施工车辆撞裂人行天桥边墩需紧急拆除和1起施工挖掘机转场运

输时挂倒电线杆阻碍车辆通行,造成合计约5 h交通中断和周边部分村镇断电外,未发生过人员伤亡事故和其他严重交通拥堵事件,较圆满地完成了安全生产目标任务。

分析施工期间交通事故与交通拥堵形成原因,除驾驶员疲劳驾驶或操作不当等直接原因外,也与水稳层及路面下面层和中分带的非封闭占道施工期间对车速缺乏连续执法监管有关,导致部分车辆的实际行驶速度仍高达90~110 km/h,易引起车辆频繁穿插超越及相互干扰。在工程项目以后阶段的扩建施工中应重点加强对施工段交通管制期间的车速管控,采用区间限速并适当增加执法监测设备。

5 结论

(1) 成乐高速公路扩建工程试验段采用半幅封闭单向通行交通组织方案,将乐山往成都方向车流分流至周边路网,较好地解决了项目合同工期短和路网分流条件不平衡等难题,确保了区域高速交通在施工期间的正常运行。

(2) 在施工路段完善交通诱导信息、设置水马+新泽西护栏混合隔离、集中拆除原跨线天桥和沿线电力杆线等措施,有效隔离施工作业与车辆通行,最大限度降低了施工过程交通安全风险,维持了施工路段基本通行能力,提高了工程施工效率。

参考文献:

- [1] 王森.安新高速公路改扩建工程交通组织研究[J].公路,2006(10):135-137.
- [2] 汪超.佛开高速公路改扩建工程交通组织设计[J].公路,20126(2):27-32.
- [3] 贺海,袁继东,姚晓春.津滨高速公路改扩建工程施工期间交通组织研究[J].中外公路,2011,31(2):273-276.
- [4] 陈礼彪,邹晓光,苏兴矩,等.厦蓉高速公路改扩建工程交通组织方案研究[J].工程管理学报,2020,34(3):61-66.
- [5] 张明武.高速公路双喇叭互通式立交改扩建方案研究[J].交通科技,2012(5):106-108.
- [6] 马小虎.高速公路互通式立交改扩建交通组织研究[D].西安:长安大学,2019.
- [7] 邱礼球,何启龙,李艺林,等.高速改扩建交通组织评价指标构成研究[J].公路交通科技(应用技术版),2017,34(6):316-318.
- [8] 霍东芳,张生瑞,任杰.高速公路改扩建施工期交通组织方案评价指标体系研究[J].交通标准化,2010(增刊):101-104.
- [9] 叶云,黄磊.高速公路多肢交汇枢纽互通交通设施设置研究[J].公路与汽运,2020(2):50-51.

收稿日期:2021-01-12

(上接第174页)

- 研究[J].路基工程,2017,32(4):155-161.
- [2] 马云锋,唐前松,周勇,等.基于随机有限元理论的连拱隧道结构可靠性分析[J].矿冶工程,2012,32(6):5-8.
- [3] 张道兵,杨小礼,朱川曲,等.基于最大熵原理与最优化方法的隧道衬砌结构可靠度分析[J].中南大学学报(自然科学版),2012,43(2):663-668.
- [4] 张健,田平.隧道初期支护可靠度分析[J].黑龙江交通科技,2017(1):136-137.
- [5] 赵旭峰,王春苗.应用有限元响应面法分析地下结构可靠度[J].地下空间与工程学报,2006,2(4):551-555.
- [6] 杨悦,陈孝国,高霞,等.基于神经网络-蒙特卡洛法的隧道初衬可靠度研究[J].齐齐哈尔大学学报(自然科学版),2017,33(1):61-65.
- [7] 罗跃锋.大华山隧道围岩稳定性及结构可靠度研究[D].武汉:武汉理工大学,2014.
- [8] 朱川曲,张道兵,朱海燕.基于Monte Carlo模拟法的煤巷锚杆支护结构可靠性分析[J].中国安全科学学报,2008,18(4):146-150.
- [9] 张道兵,杨小礼,朱川曲.基于可靠度理论与Matlab的隧道衬砌结构设计与分析[J].采矿与安全工程学报,2011,28(2):323-327.
- [10] 张明,金峰.结构可靠度计算[M].北京:科学出版社,2015.
- [11] 袁永才,王美霞,石少帅,等.基于Hoek-Brown准则的山岭隧道围岩力学参数估计[J].地下空间与工程学报,2017,13(1):22-28.
- [12] 苏永华,封立志,李志勇,等.Hoek-Brown准则中确定地质强度指标因素的量化[J].岩石力学与工程学报,2009,28(4):679-686.
- [13] 陈志强.某公路隧道施工过程数值模拟及结构可靠度分析[D].长沙:中南大学,2010.
- [14] 赵东平,喻渝,赵万强,等.铁路隧道衬砌目标可靠指标研究[J].铁道工程学报,2015,32(6):51-56.

收稿日期:2020-09-21