

张扁高速公路六坝互通连接线穿越兰新铁路 设计方案探讨

陈昆

(中铁第一勘察设计院集团有限公司, 陕西 西安 710043)

摘要: 因张(掖)一扁(都口)高速公路六坝互通连接线与兰新铁路交叉处, 兰新铁路桥下净空无法满足百年洪水位以上规划道路净空要求, 故根据互通连接线周边地形地貌和城市道路规划等条件, 提出不同的连接线穿越方案及工程防排水措施, 分别从工程造价、设计、施工、运营等多个方面对各方案进行了比较, 最终推荐技术可行、经济合理的“驼峰方案”。

关键词: 互通连接线; 穿越铁路; 方案设计; 比选

张(掖)一扁(都口)高速六坝互通连接线与兰新高铁立体交叉案例, 由于兰新高铁建设时间先于该工程, 互通连接线规划滞后且未考虑与兰新高铁交叉关系, 导致互通连接线面临下穿通过铁路桥时不满足百年洪水位要求, 上跨通过高铁时对既有道路改建范围大、工程规模过大以及难以获得铁路部门审批的困境。该文针对各控制因素提出对应4个设计方案, 并从设计、施工、运营、行车安全以及对高铁运营的影响多个方面进行综合比选。

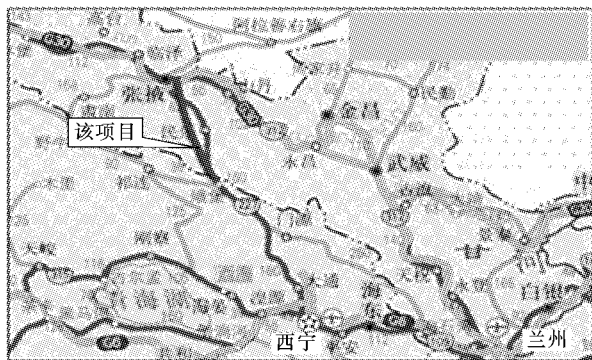


图1 项目地理位置图

1 项目概况

拟建的张扁高速公路是《国家公路网规划(2013—2030年)》批准的国家高速公路网联络线——张掖至汶川国家高速公路(G0611)的重要组成路段, 北起甘肃省张掖市甘州区, 南至甘青养护界, 全线90 km, 是《甘肃省高速公路网规划(2009年调整)》中规划的一条位于甘肃西部地区的重要的跨省南北向高速通道。项目地理位置见图1。

六坝互通为A形单喇叭互通, 位于民乐县六坝镇与新天镇交界处。通过设置该互通完成张扁高速公路与省道S236线的交通转换与疏解, 为六坝镇及沿线乡镇、厂矿企业及园区提供交通服务。其中S236六坝互通至G227段作为互通连接线目前仍未实施, 其包含在该项目工程范围内(图2)。

因周边农业用地资源及河道限制, 互通设置位置

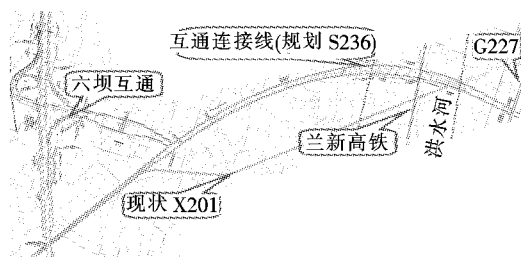


图2 六坝互通初设平面图

的选择较为受限。同时, 现状G227与兰新高铁在此段几乎并行布线且横向距离较近, 兰新高铁前后段无穿越条件, 故针对连接线在此处穿越兰新铁路的设计方案进行探讨。

2 主要影响因素现状及分析

(1) G227线。G227线起于青海西宁, 终点为甘

肃张掖,是连接青海和甘肃两个省份的重要国道线。G227 此段以二级公路标准建设,路基宽度 12.0 m,设计速度 80 km/h,是目前连接张掖和扁都口段最重要的公路通道。互通连接线起点接 G227 与东六路平面交叉。

(2) 省道 S236。根据《甘肃省省道网规划(2013—2030 年)》,规划省道 S236 北起山丹县东乐乡,与 G227 平交后,穿越兰新高铁,接六坝互通下地匝,然后南至民乐县境内。道路规划等级为一级,设计速度 80 km/h,路基宽度 24.5 m。目前 S236 东乐乡至 G227 段已建设完成,G227 至六坝互通段仍未实施,连接线以 S236 规划建设标准实施。

(3) 兰新铁路第二双线。兰州至新疆第二双线为双线电气化客运专线铁路(以下简称“兰新高铁”),是国家《“十二五”综合交通体系规划》中的区际交通网络重点工程,于 2014 年建成通车。兰新高铁在交叉处设有洪水河顺河特大桥,孔跨布置为 92×32 m,与连接线交叉处桥下净高 $\Delta h = 4.54$ m。因该区域属于洪水河下游尾间区,河道内常年基本无水,河道上下游大面积已开垦为农田,建有大量的厂房、村舍民居,加之因高铁建设、S236 规划滞后,未预留一级公路通过高铁桥下的通道。

(4) X201。现状 G227 西向互通方向交通通行仍利用现 X201,其以过水路面形式下穿通过兰新铁路桥,二级公路标准建设,路基宽度 10.0 m,设计速度 60 km/h。

(5) 洪水河。洪水河位于民乐县境内中东部,是民乐县第一大河,属黑河水系,距民乐县 9 km 处设有双树寺水库,坝址以上流域面积 578 km^2 ,干流平均坡降 56.8‰。

3 互通连接线初设方案设计

3.1 方案设计

拟建连接线呈自东向西布线,起点接东六路与国道 G227 交叉口,分幅下穿兰新高铁(利用桥孔,桩号 NK0+563),与六坝互通 A 匝道“T”形平面交叉,连接线全长 3.33 km。其中起点至互通段,受起讫点接线关系、既有铁路桥孔位置、沿线厂区建筑物,以及规划 S236 线技术标准等影响,路线平面布线采用分离式路基(分离式路基宽 12.75 m),平曲线采用单圆弧布线,半径 $R_{\text{左幅}} = 1\,360 \text{ m}$, $R_{\text{右幅}} = 1\,100 \text{ m}$ 。纵断面受兰新高铁桥下净空高度影响,采用了顺应地形地貌的“贴地

爬”方案,即低挖浅填路基。同时于连接线上游侧设置有拦水坝,该拦水坝从兰新高铁桥下穿过,基本平行连接线布设。

3.2 初设方案存在问题

初设连接线设计方案因平面线位,受起讫点接线、兰新铁路桥孔位及其桥下净空、洪水河河道位置及其百年洪水水位标高、六坝互通布局以及终点接线条件等因素的影响,平面布线条件基本限定,布线位置也基本合理。但初设推荐纵断面设计受兰新高铁桥下净空高度(现状为 4.5 m)影响,采用了顺应地形地貌的“贴地爬”方案,即低挖浅填路基,利用桥孔分幅下穿兰新高铁,于 NK0+804 处(洪水河主河槽)设置了 $1 \times 20 \text{ m}$ 装配式预应力混凝土组合箱梁,并于 NK0+563~NK0+800 范围内的洪水河上游侧设置拦水坝(长 800 m,平行于连接线设置)。

初设连接线纵断面方案存在的主要问题:

(1) 根据该项目定测阶段水文计算及兰新高铁相关水文资料,六坝连接线线位跨越洪水河处百年流量为 $Q = 565.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 。而初步设计于 NK0+804 处设置的 $1 \times 20 \text{ m}$ 装配式预应力混凝土组合箱梁,过水能力明显不足,不满足百年水位要求。同时,泄洪期间洪水将阻断连接线的交通,对桥梁结构的安全亦存在可能被掀翻或冲走的安全隐患,威胁河道两侧厂房安全。

(2) 拦水坝对河道水流拦截引起的局部冲刷对兰新高铁既有桥的桩基安全存在较大安全隐患。同时,连接线小里程侧(兰新高铁东侧)次河槽处缺少有效的纵向排水设施(连接线未设置桥涵结构物),此拦水坝会导致水流向东汇集无法排出,亦对河道东侧的厂房民居和道路形成潜在安全威胁。

4 互通连接线施工图方案设计

初步设计连接线推荐方案,下穿兰新高铁段纵断面设计高程低于洪水河百年洪水水位,存在安全风险,且河道泄洪期会出现阻断交通的情况发生;以及受兰新高铁桥下净空高度(现状为 $\Delta h = 4.54 \text{ m}$)影响,当满足规划一级公路标准关于其建筑限界净空高度应不小于 5.0 m 情况下,需于铁路桥下浅挖通过(下挖约 0.8 m),致使下挖后的路面设计标高与洪水河主河槽河底标高几乎相同。此外,初设采用的贯通于铁路桥下的横向拦水坝构造物,还存在对铁路桥桩基局部冲刷的风险。

基于以上问题,施工图设计阶段结合六坝互通的

布设情况、拟建连接线技术标准,沿线地形地貌、河道水文、既有兰新高铁位置及标高、铁路及河道安全要求,以及实测的东六路与国道 G227 交叉口位置及高程成果,收集到的兰新高铁施工图资料及定测阶段的水文调查、计算结果等,从连接线工程的实施难易程度、运营期管养及交通安全,施工期的干扰及施工组织,以及工程规模及其造价等方面,对连接线纵断面提出以下 4 个设计方案。

(1) 方案 1:过水路面方案(贴地浅挖下穿高铁方案)

该方案为下穿兰新高铁方案,采用低填浅挖的“贴地爬”纵断面设计,在下穿兰新高铁桥下段,尽可能减少连接线下挖段落长度及深度(最大下挖约 0.8 m),以最大限度减少因该工程施工对兰新高铁桥墩及承台、桩基的干扰和影响为原则,而且在纵断面设计高程低于洪水河百年洪水位路段采用过水路面(图 3)。

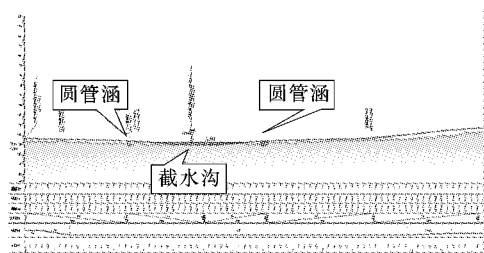


图 3 互通连接线纵断面设计图(方案 1)

该方案中,连接线纵断面处于百年洪水位高程以下段落为 JK0+313~JT0+882,过水路面长 569 m。构筑物设置情况:于铁路东侧(起点侧)JK0+351 处设置 1×1 m 圆管涵,西侧(终点侧)JK0+809 处设置 2×1 m 圆管涵;在过水路面上游侧设置“人”字形截水沟及部分拦水坝(截水沟采用 2.0 m×0.8 m 浅梯形断面),以满足一定流量以下的洪水能经截水沟引入涵洞排至下游,保证道路的正常通行,同时也能适当减少河道泄洪期间夹杂的漂石或较大粒径石块进入道路而影响交通。为避免过水路面段水流在中央分隔带处聚集,中央分隔带处采取浅碟状边沟并做硬化处理(上层 50 cm 用浆砌片石处理)。此外,设置必要的过水路面的警示标志及标尺、标牌等。

(2) 方案 2:驼峰方案(导流堤+桥梁方案)

该方案属下穿兰新高铁方案,因方案 1 所采用的过水路面存在河道泄洪期间阻断交通的问题,且不足百年洪水位要求,故提出此方案。该方案在下穿兰新高铁处,仍然采用方案 1 低填浅挖的“贴地爬”纵断面设计(最大下挖约 0.8 m),而于跨洪水河河槽处采

用“抬高”设置桥梁的方案(图 4)。

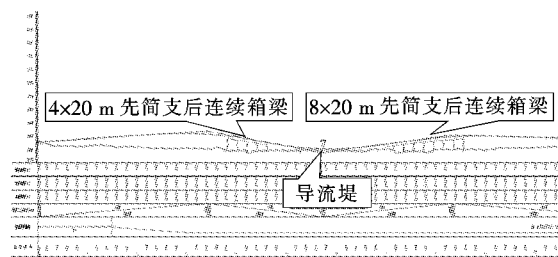


图 4 互通连接线纵断面设计图(方案 2)

为减小洪水河水位变化对百年洪水位高程以下路段通行能力的影响,从而提高拟建连接线道路的通行安全性,并满足洪水河的泄洪需求,于铁路东、西两侧设 4×20 m 及 8×20 m 先简支后连续箱梁。连接线左侧(洪水河上游侧)设置“人”字形导流堤(堤坝高程为百年洪水位+雍水高/波浪侵袭高+0.5 m 安全高度),自连接线东西两侧桥梁锥坡(近铁路端)处起,连接至兰新高铁洪水河顺河特大桥起点锥坡处(DK456+722),将河道水流导流至东西两侧桥下通过连接线公路,导流堤全长约 2.5 km。并于下游侧设置拦水坝(防止倒灌,坝高 1.5 m),连接线东西两侧桥梁之间路基段设置蒸发池,避免因降水造成路面积水。

(3) 方案 3:上跨方案(上跨兰新高铁方案)

该方案为连接线采用整幅全桥方式上跨兰新高铁。因优化后的方案 2 依然存在因下穿兰新铁路段低于百年洪水位的问题。虽采用了导流堤设施防止泄洪期间阻断交通,但该方案存在导流堤设置需连接至兰新高铁路基段,导流设施设置过长,故提出此方案。

受兰新高铁建筑限界之净空高度要求(≥ 7.25 m)的控制,加之拟建连接线起点(G227 与东六路交叉口)距离兰新高铁距离仅 559 m,平均纵坡为 4.25%,不满足现行规范关于桥上及桥头路线的纵坡规定,故该方案将连接线平面设计起点向东延伸,将既有约 150 m 东六路抬高改建,以满足连接线纵断面设计技术标准和跨越处兰新高铁建筑限界之净空要求。该方案桥梁设置于 JK0+236.747~JK1+226.747 段,桥梁全长 990 m,孔跨布置为(15×30)+(2×45)+(15×30)m 箱梁(图 5)。

(4) 方案 4:地道方案(明挖箱涵下穿兰新高铁方案)

为避免河道泄洪期间阻断交通的风险,继方案 3(上跨方案)后,提出以箱涵明挖方式下穿兰新高铁及洪水河道的方案,以避免因工程建设导致压缩河道断面可能引发的次生问题,同时该方案箱涵两端设置拦

水坝,以防河水进入道路(图 6、7)。

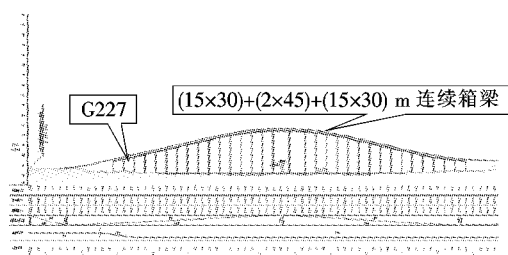


图 5 互通连接线纵断面设计图(方案 3)

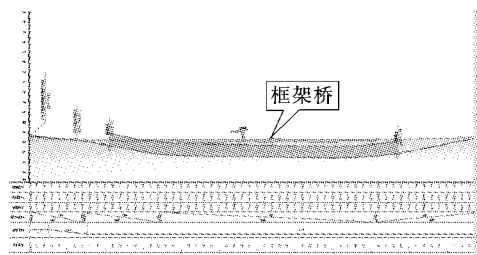


图 6 互通连接线纵断面设计图(方案 4)

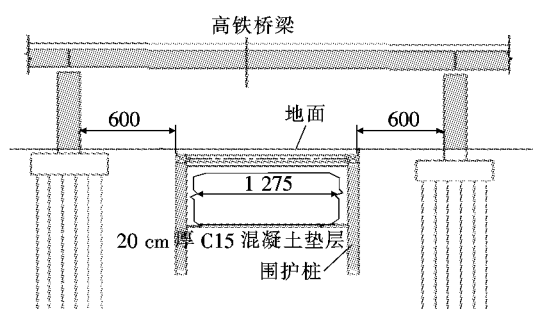


图 7 箱涵(框架桥)施工防护示意图(单位:mm)

5 方案综合比选

4 个方案综合经济比较见表 1。根据表 1,从以下几个方面对比选方案分析:

(1) 从符合技术标准分析

方案 1 因采用贴地浅挖方式,低于洪水河百年水位,故部分段落采用过水路面,不满足规范相关要求,方案 2、3、4 均满足。

(2) 从设计采用的主要技术指标分析

受连接线起讫点接线及沿线地物影响,4 个方案中,方案 1、2、4 均为下穿兰新高铁方案,为从既有桥下采用分离式路基通过,而方案 3 为上跨兰新高铁的跨线桥方案,采用整体式路基。4 个方案的平面线形均满足一级公路技术指标要求,且均较好。

但路线纵断面设计各方案均不同,其中方案 2(驼

峰方案)纵断面因同时满足净高不小于 5.0 m、纵面段最小坡长要求、洪水河百年水位及排洪断面,以及桥梁布设条件等,采用了连续短坡长、大纵坡设计,故技术标准最差;方案 3 因上跨兰新高铁,加之起点接线位置(接国道 G227 与东六路平交口)距离铁路仅 559 m,高差达 20.08 m,不满足桥上及桥头路线的纵坡规定,设计采用了 4% 的最大纵坡(致使需改建现有的国道 G227,及刚刚建成的 G227 与东六路平交口——抬高约 1.5 m),纵断面设计技术指标亦较差,方案 4 次之,方案 1 因采用顺地爬的纵断面设计思路,故纵断面设计指标 4 个方案中最优。

(3) 从对兰新高铁的干扰、施工风险、工期控制及协调难度等分析

方案 1、2 均为浅挖低填路基方案,对铁路桥承台及其桩基影响最小,施工风险及协调难度亦最小,取得铁路部门的建设许可的可能性最大;方案 4 下挖深度约 6.5 m,且采用围护桩加固处理,作业期间对铁路桥承台及其桩基影响较大,施工干扰较大,施工风险及协调难度亦较大,取得铁路部门的建设许可的可能性一般;方案 3 因为上跨高铁方案,无桥下下挖作业,但是中孔 2×45 m 桥梁采用转体施工,需要铁路天窗时间较长,施工风险在 4 个方案中最大,取得铁路部门的建设许可的可能性最小,施工和协调难度最大,工期受控于铁路运营计划最大。

(4) 从对洪水河河道泄洪能力影响分析

根据水文计算,拟建连接线处洪水河处百年流量为 $Q=565.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 。方案 1 因采用过水路面方案,而方案 4 采用上跨高铁方案,对洪水河河道均无大的导流设施,未对河道进行压缩和改移,故对河道泄洪能力基本无干扰和影响。方案 3 采用下穿地道方案,仅于地道进出口两端设置必要的导流设施,对主河槽及次河槽无压缩,故对河道泄洪能力影响甚微;方案 2 因于主河槽和次河槽设置两座桥梁,并设置导流设施,对河道水流方向有一定的干扰,但泄洪能力满足需求。

(5) 从连接线工程建成后的交通行车安全分析

方案 1 因采用过水路面,洪水河泄洪期间,过水面段将中断交通,故对连接线(即 S236)的交通通行、六坝互通东向交通流的快速疏解,以及通过连接线的抢险救灾车辆通行造成的影响最大,而方案 2、3、4 对行车安全影响较小。

(6) 对 G227 及东六路等沿线道路的改扩建影响

因方案 3 采用上跨高铁方案,受纵坡技术指标及交叉口交通转向和进入交叉口连接线纵坡过大造成交

表 1 主要工程数量、技术经济指标比较

项目	名称	单位	方案 1 (过水路 面方案)	方案 2 (驼峰 方案)	方案 3 (上跨 方案)	方案 4 (地道 方案)
标准	道路规划主要技术标准		一级公路、设计速度 80 km/h、路基宽度 24.5 m			
路线	长度	km	3.33	3.33	3.48	3.33
	最大纵坡	%	1.56	4	4	4
路基	土石方					
	填方	m ³	106 941	104 187	96 689	66 575
	挖方	m ³	19 586	18 789	7 612	213 367
	浆砌片石	m ³	10 580	6 962	—	5 022
路面	混凝土	m ³	8 004	12 414	2 117	6 642
	沥青路面	m ²	47 881.5	51 680	38 405	44 930
桥涵	桥梁	m/座	80/1	720/5	1 070/2	80/1
	涵洞	m/座	90/3	—	25/1	660/2
征拆	征地	亩	221	233	176	277
设施	排水泵房	座	—	—	—	1
造价	工程建安费估算金额	万元	5,977.3	7 480.4	17 649.7	28 444.0
优缺点 对比分析	标准	是否满足百年洪水位要求	否	满足	满足	满足
		是否满足一级公路不宜用过水路面的规定	否	是	是	是
	设计	设计采用的主要技术指标情况(纵断面)	较好	较差	较差	一般
		方案对河道排洪能力的影响程度	甚微	一般	无	甚微
		方案对铁路桥下部结构泄洪时的安全影响	一般	甚微	无	无
		对河道两侧的既有厂房民居的影响程度	较小	较大	无	甚微
		与铁路部门的协调难度(许可及批复)	一般	一般	最大	较大
	施工	比较方案之间的工程投资对比情况	最小	次之	较大	最大
		施工对高铁运营的干扰和影响度	较小	较小	最大	较大
		施工对高铁的安全风险程度	较小	较小	最大	较大
		工期受铁路部门协调的影响情况	较小	较小	最大	较大
		对 G227 及东六路等沿线道路的改扩建影响	甚微	甚微	最大	一般
	运营	连接线交通是否有阻断的可能及影响程度	有,较大	无	无	无
		河道泄洪期,对连接线交通的安全风险	较大	较小	无	甚微
		管理及养护成本投入程度(定性分析)	较大	较小	无	最大
	其他	建设后,构造物对沿线的景观影响	一般	较大	最大	较大
		建设后,连接线的社会反响程度	较小	较大	较大	最大
		建设后,影响沿线出行便捷的程度	较小	一般	较大	最大

通安全风险等,该方案将国道 G227 与东六路交叉口竖向抬高约 1.5 m,致使改建 G227 及东六路各约 150 m,此外对老 G227(现为园区道路)无衔接。方案 4 因采用地道方案及导流堤设施的设置,致使地道进口端距离老 G227 无法衔接,需要改移。

(7) 从工程投资角度分析

方案 4 工程造价最高,方案 3 其次,方案 2 较低,方案 1 工程造价最低。

综合以上分析,以满足功能、经济实用、工程投资较小、行车安全性较高、建设工期受外界因素影响较小

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2019.02.066

基于正交试验的道路交叉口仿真分析及优化

蒲超伦

(重庆文理学院, 重庆市 402160)

摘要: 道路交叉口是城市交通的关键,为了提高道路交叉口的通行能力,以重庆市大学城西路一大学城南路信控交叉口为研究对象,基于正交试验的方法,对各影响因素进行水平划分,建立车道设置、渠化、信号控制的因素水平正交试验表,并通过微观仿真软件 VISSIM 进行仿真试验。以道路交叉口的延误为优化目标,结合极差分析及方差分析获得最优因素组合,并通过仿真对道路交叉口改善前后的通行效率进行对比,论证了该优化流程的可行性。

关键词: 交叉口; 正交试验; 延误; 优化; 交通管理

随着城市经济的快速发展,机动车量不断增加,交通压力日益凸显。而城市道路交叉口作为城市路网中的连接枢纽,在多个方向有交通流入,交通拥堵,冲突点多,容易造成交通拥堵甚至事故,据有关统计,车辆在城市中心行驶时,约有 1/3 的时间浪费在道路交叉口,因此,城市道路交叉口的设计研究对中国城市交通的长远发展具有十分重要的意义,很大程度上能够避免交通隐患的发生。姚佼等采用正交试验的方法对过饱和和交通状态进行了分析,通过方差分析的 F 检验,得出场景特性、大车比例以及交叉口间距对过饱和和交通状态的影响最为显著;陈昊等基于 VISSIM 仿真软

件,建立了高速公路路段上的交通事故模型,对比分析了不同交通输入量及大小车比例对车辆延误及平均排队长度随时间的变化规律的影响;张开盛等通过上海市沪闵路一剑川路的实地调研,采用正交试验及仿真技术,提出了交叉口设计流程的规范化,提高道路交叉口优化设计的效率。该文以重庆市大学城西路一大学城南路信控交叉口为研究对象,分析该交叉口的若干影响因素,建立车道设置、渠化及信号控制的三因素四水平正交试验表,并结合微观仿真软件 VISSIM 进行仿真优化,以道路交叉口的延误最小为优化目标,得到最优方案。

等为原则,推荐采用方案 2(驼峰方案),其既能满足相关规范要求,保证洪水河泄洪期间道路能够正常通行,并且对高铁桥影响较小,工程投资也较少。

6 结语

随着中国铁路及公路网密度不断提高,公路与铁路交叉的情况不可避免。但由于铁路与公路的规划、建设的不协调性导致个别情况下公铁立交设置条件较为苛刻。此时在技术可行的前提下,需要从行车安全性、经济合理性、社会影响等多个方面对方案进行综合比选,既要减少对铁路运营的干扰及潜在风险,同时避免设计方案功能不足或规模过大,努力实现道路功能发挥和经济效益与社会效益的最大化。

参考文献:

- [1] 高世强.高速铁路桥梁桥下新建公路工程的安全性分析[J].铁道标准设计,2015(4).
- [2] 黄海斌,周平,陈鹏,等.双线公路隧道下穿铁路隧道不同施工工法理论研究[J].铁道标准设计,2016(11).
- [3] 王永东.轨道交通与城市道路、高等级公路共线技术研究[J].铁道标准设计,2016(3).
- [4] JTG D20-2006 公路路线设计规范[S].
- [5] 王鲁宁.北京某市政道路穿越铁路设计方案分析[J].路桥工程,2015(11).
- [6] 卢亚洲,陈芳.旅游景区高速公路跨越铁路时桥型方案研究[J].中外公路,2013(6).
- [7] 张磊.干线公路与既有铁路交叉路线方案分析[J].交通科技,2016(3).
- [8] 赵文聘.特殊环境下上跨铁路高架桥关键技术应用研究[J].铁道标准设计,2015(4).

收稿日期:2018-03-06

作者简介:蒲超伦,男,大学本科,研究员.E-mail:1024038901@qq.com