

基于BIM技术的高快速路匝道交通安全评价研究 ——以S26公路入城段金光路匝道为例

王明炯

[上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200125]

摘要:为解决小半径平曲线视距不良出入口匝道的交通安全性评价分析的问题,以S26公路入城段金光路匝道为例,根据现行的公路和城市道路规范并结合《公路项目安全性评价规范》(JTG B05—2015)的要求,对匝道分合流区的服务水平、运行速度、停车视距、识别视距进行了全面系统的分析与检验;同时通过基于BIM技术的三维模拟验证,进一步优化了匝道分流点的交通管理措施,包括限速、禁止货车通行、交通标志和标线的优化设计。自通车以来,其运营表现良好,交通事故率未见显著上升,从而验证了所建议的评价方法的有效性和实用性。

关键词:交通安全性评价;出入口匝道;视距

中图分类号: U49

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)06-0055-05

Research on Traffic Safety Evaluation of Expressway Ramps Based on BIM Technology for S26 Highway

WANG Mingjiong

[Shanghai Urban Construction Design and Research Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200125, China]

Abstract: To solve the problems of traffic safety evaluation and analysis of on-ramp and off-ramp with poor visual distance of small radius flat curve, taking Jinguang Road Ramp in the in-city section of S26 Highway as an example, based on the current highway and urban road specifications, and combined with the requirements of *Highway Project Safety Evaluation Specifications*, the service level, operating speed, stopping sight distance and recognition sight distance in the merging and diverging areas of the ramp are comprehensively and systematically analyzed and inspected. BIM technology is used for three-dimensional simulation verification to further optimize the traffic management measures at the diverging points of the ramp, including speed limits, prohibition of truck traffic, and the optimization of traffic signs and markings. Since the opening of this road section for traffic, its operating situation is good and the traffic accident rate has not seen a significant increase, which verifies the effectiveness and practicality of the proposed evaluation method.

Keywords: traffic safety evaluation; on-ramp and off-ramp; sight distance

0 引言

S26公路入城段(G15公路—嘉闵高架)工程西起S26-G15立交,东至嘉闵高架立交,全长约7.08 km。路线呈南北—东西走向,其中S26-G15立交—北青公路段平行于G15公路西侧,南北走向;北青公路—嘉闵高架立交段为利用北青公路线位东西走向。全线除主线收费广场段采用地面布置形式外,其余路段均采用“高架快速路+地面辅道”的敷设方式。全线设置G15公路立交、华徐公路1对地面匝道、金光

路西侧1对高架匝道、诸光路东侧1对高架匝道和嘉闵高架立交。

根据该项目选线专项规划、工程可行性研究和工程初步设计批复中的总体设计方案,为服务虹桥商务区、国际医疗园区往长三角方向(出城方向)的交通联系,在金光路西侧设置1对高架上下匝道。由于此对上下匝道鼻端距离主线高架上跨G15公路处的弯坡段较近,且金光路匝道作为客货车辆交通管理的分界点,交通组织情况较为复杂,根据交通管理部门的要求,需要对金光路西侧匝道进行交通安全性评价专项论证,针对下匝道分流点的识别视距和分流的安全性进行深化论证和设计优化。

收稿日期: 2024-06-15

作者简介: 王明炯(1982—),男,学士,高级工程师,从事道路设计工作。

1 技术路线

根据《公路项目安全性评价规范》(JTGB05—2015)^[1]的相关要求和本项目特点,安全性评价的技术路线从交通流量预测和交通管理措施入手,进行主线匝道、分合流区域的服务水平评价;然后采用运行速度对速度协调性进行计算和检验、视距平面检验,再运用BIM漫游手段进行复核,以判断是否满足分流点的识别视距。如不满足视距要求,将对平纵线形、变速车道、交通安全和管理措施等进行优化,直到通过安全性检测为止。

安全性评价的技术路线见图1。

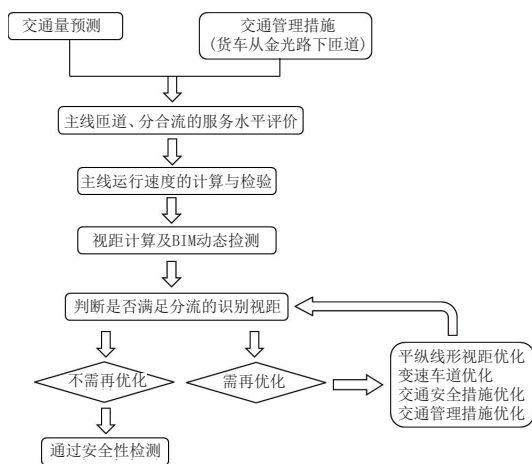


图1 安全性评价的技术路线

2 工程概况

2.1 金光路下匝道设置位置

根据总体推荐方案,在金光路西侧设置上下匝道。下匝道落地点距离金光路交叉口约270 m,已没有继续向东移动的可能性。若金光路下匝道设置位

表1 80 km/h双向6车道通行能力及远期2037年服务水平评价

路段名称	方向	$V_R /$ ($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	$C_R /$ ($\text{pcu} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{车道}^{-1}$)	$S_F /$ ($\text{pcu} \cdot \text{h}^{-1}$)	$M_{\text{Sfd}} /$ ($\text{pcu} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{车道}^{-1}$)	V/C (M_{Sfd}/C_R)	服务水平
收费站—金光路匝道	北→南	70	1 950	4 370	1 501	0.77	三级
	南→北	70	1 950	4 250	1 460	0.75	三级
金光路匝道—诸光路东 匝道	西→东	70	1 950	3 630	1 247	0.64	三级
	东→西	70	1 950	3 720	1 278	0.66	三级

2.2 分合流区域服务水平分析

根据《道路通行能力手册》中高速公路主线与出入匝道分合流区域的服务水平分析方法,金光路上匝道合流区域、下匝道分流区域服务水平见表2、表3。

金光路上匝道合流区域总体服务水平处于C~D级;金光路下匝道分流区域总体服务水平处于B~

置提前,则与华徐公路上匝道间距不符合1 020 m交织段最小间距要求(位置关系见图2),会增加华徐公路、北青公路交叉口压力,且与G15公路北青公路现状出口功能重复。

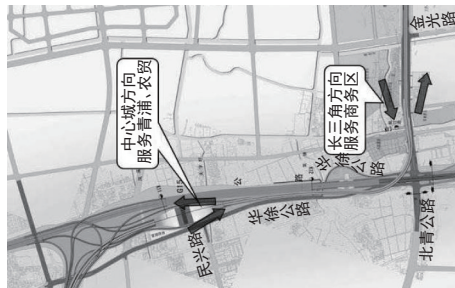


图2 金光路下匝道与华徐公路上匝道位置关系

2.2 主要技术标准

主要技术标准:主线为城市快速路,设计速度80 km/h;上下匝道设计速度40 km/h。车道宽度:主线快速路大车道3.75 m/车道,小车道3.5 m/车道,路缘带0.5 m;匝道3.5 m,路缘带0.25 m。

2.3 客货运交通管理

由于北翟路高架、嘉闵高架为客运专用、禁止货运,因此S26入城段拟以金光路匝道为界,金光路匝道以西客货混行,金光路以东客运专用,所以货运车必须在金光路下匝道下。

3 交通量预测和服务水平分析

3.1 主线通行能力及服务水平评价

S26入城段(主线收费站—金光路西匝道)通行能力和服务水平评价见表1。表1中: V_R 为设计道路条件下经修正后的设计速度; C_R 为与 V_R 对应的每条车道通行能力; S_F 为单方向 N 条车道的服务交通量,即预测交通量; M_{Sfd} 为每条车道的最大服务交通量。

C级,分合流区域服务水平处于可接受的范围内。

4 路线指标及运行速度协调性分析

4.1 下匝道路段路线指标

主线上跨G15高速的平曲线半径300 m,设置4%超高。纵断面最高点在G15中心,前坡1.447%,后坡3%,金光路西侧匝道分流点处纵坡为0.5%。

表2 金光路上匝道合流区域服务水平分析

计算参数	2017年	2027年	2037年
汇流前高速总量/($\text{pcu} \cdot \text{h}^{-1}$)	2 140	3 130	3 720
匝道合流流量/($\text{pcu} \cdot \text{h}^{-1}$)	350	460	530
上游平衡距离 $L_{\text{equ,u}}/\text{m}$	0	0	41
下游平衡距离 $L_{\text{eq,d}}/\text{m}$	2 907	2 907	2 907
1、2车道流量 $V_{1,2}/(\text{pcu} \cdot \text{h}^{-1})$	2 117	3 050	3 592
其余车道流量 $V_3/(\text{pcu} \cdot \text{h}^{-1})$	23	80	128
连接点平均速度/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	75.9	75.2	74.4
汇流区密度	12.35	17.33	20.25
服务水平	C	D	D

表3 金光路下匝道分流区域服务水平分析

计算参数	2017年	2027年	2037年
分流前高速总量/($\text{pcu} \cdot \text{h}^{-1}$)	2 510	3 680	4 370
匝道分流流量/($\text{pcu} \cdot \text{h}^{-1}$)	410	620	740
上游平衡距离 L_{equ}/m	4 659	4 186	3 939
下游平衡距离 $L_{\text{eq,d}}/\text{m}$	984	1 127	1 230
1、2车道流量 $V_{1,2}/(\text{pcu} \cdot \text{h}^{-1})$	1 835	2 577	2 979
其余车道流量 $V_3/(\text{pcu} \cdot \text{h}^{-1})$	675	1 103	1 391
连接点平均速度/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	72.2	72.0	71.8
分流区密度	10.35	14.29	16.42
服务水平	B	C	C

研究范围平面布置图见图3。

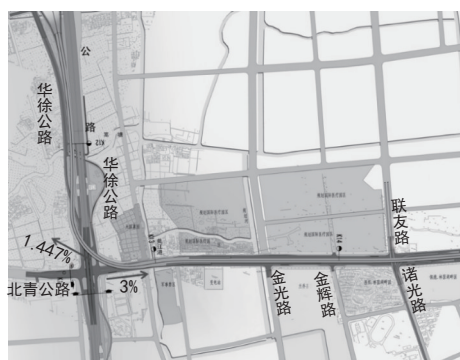


图3 研究范围平面布置图

主线高架双向6车道断面布置: $25.0 \text{ m} = 2 \times [0.5 \text{ m} (\text{护栏}) + 0.5 \text{ m} (\text{路缘带}) + 10.75 \text{ m} (\text{车道: } 2 \times 3.5 \text{ m} + 3.75 \text{ m}) + 0.5 \text{ m} (\text{路缘带}) + 0.5 \text{ m} (\text{中央分隔带})/2]$ 。金光路匝道段标准主线高架桥墩布置在地面道路中央分隔带内,匝道内侧地面道路双向4车道,匝道外侧设辅道供沿线单位进出、右转车辆和非机动车通行。

金光路西侧上下匝道标准横断面布置见图4。

按照《公路路线设计规范》(JTG D20—2017)^[2]的要求,高速公路立交区的平纵指标要求较高,考虑到本项目已位于收费站以内的城区,交通运行特征以城市道路为主,设计标准上也明确采用城市快速路标准,且由于周边用地限制条件较多,也难以达到高速公路立交区的各项平纵指标要求。

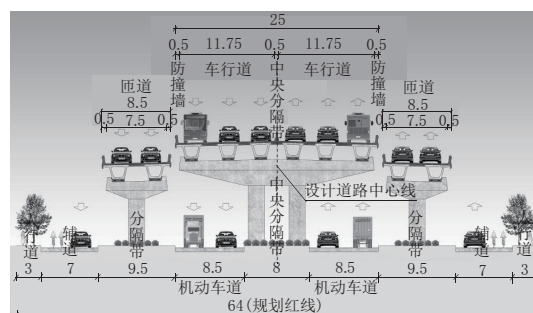


图4 金光路西侧上下匝道标准横断面布置(单位:m)

金光路下匝道分流点之前至识别视距范围内的各项平纵指标均满足城市道路相关规范的一般值要求,从城市道路规范角度来看是比较优良的平纵线形指标,因此本次研究认为金光路下匝道采用的各项平纵指标是符合工程实际情况和符合规范要求的;变速车道的设置也符合规范要求。

4.2 运行速度协调性分析

按照《公路项目安全性评价规范》(JTG B05—2015)的要求,对本次施工图设计成果进行运行速度协调性分析评价,评价结果见图5。由图5可知,K11+380~K13+580路段客货车正反运行速度的差值均小于20 km/h,说明本项目运行速度协调性较好,符合运行车辆行车安全要求。

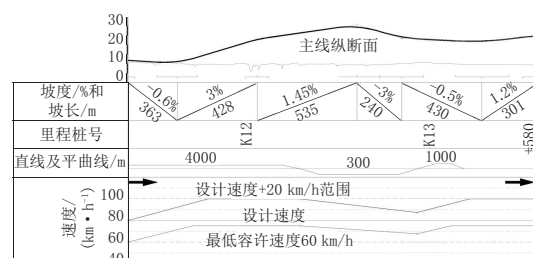


图5 运行速度协调性分析

5 视距检验

5.1 视距分析

5.1.1 停车视距要求

根据《公路路线设计规范》(JTG D20—2017)要求,80 km/h设计速度停车视距要求为110 m,60 km/h停车视距要求为75 m;《城市道路路线设计规范》(CJJ 193—2012)^[3]要求80 km/h设计速度停车视距为110 m,60 km/h停车视距为70 m。

对于北向东圆曲线内侧的1号车道和东向北圆曲线内侧的3号车道,若不考虑防撞墙遮挡,也没有声屏障、防眩板等视距遮挡物,以1.2 m目高可以看到前方车辆,那么可以认为停车视距是满足80 km/h要求的;若考虑防撞墙遮挡,以0.1 m物高绘制视距包络图验算,小半径曲线内侧停车视距能满足60 km/h

的75 m要求。实际车辆高度高于防撞墙,并没有明显的视距遮挡问题(见图6)。



图6 东向北主线圆曲线内侧停车视距

5.1.2 识别视距分析

根据《公路路线设计规范》(JTG D20—2017), 80 km/h设计速度在分流鼻端之前的识别视距宜采用230~300 m,不得小于1.25倍的停车视距,即137.5 m。小客车采用的驾驶员视点高度为1.2 m,载重货车采用的驾驶员视点高度为2.0 m,视点前方路面上障碍物(分流点)顶点高度为0.1 m。

从平面视距来看:第1车道150 m,第2车道205 m,第3车道225 m,基本满足《公路路线设计规范》(JTG D20—2017)要求。从纵向视距来看:自纵断面最高点K12+580起,纵向视距可达420 m。而且出口标志均有一定高度,更有利于出口视距识别(见图7)。

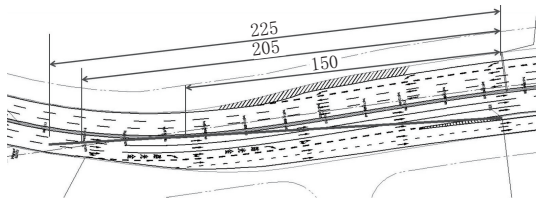


图7 识别视距分析(单位:m)

5.1.3 分合流区通视

按照《公路项目安全性评价规范》第5.4.5条的条文说明中有关互通式立交分、合流鼻端的通视三角区视距进行评价。主要通视要求为分流端部前10~13 s运行速度行程长度,分流鼻端后40 m;合流端部前主线、匝道各5 s运行速度行程长度(见图8)。

经检验,金光路匝道分流区域满足鼻端前10 s运行速度行程长度和分流鼻端后40 m的通视要求(见图9);合流区域满足主线、匝道各5 s运行速度行程长度要求(见图10)。

5.2 BIM 三维检验

由于在平纵结合的情况下仅靠理论计算很难直观反映实际视距情况,因此采用BIM技术进行动态检验。根据BIM漫游三维演示结果,纵横向视距也完全满足《公路路线设计规范》要求,BIM局部截图(视距验算)见图11。

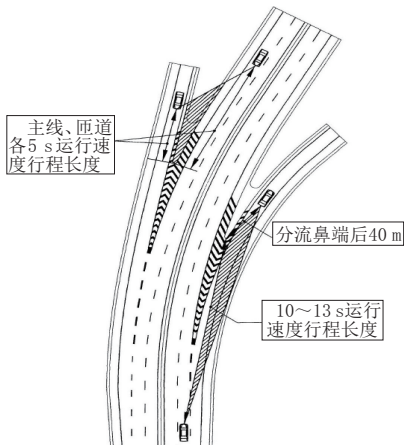


图8 互通式立交交叉通视要求参数图

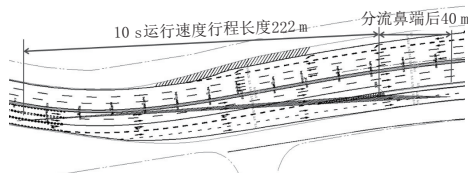


图9 分流区鼻端的通视三角区视距评价

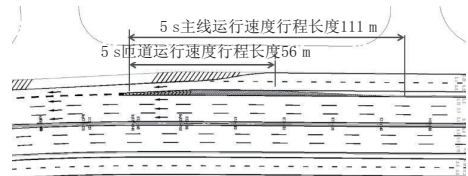


图10 合流区鼻端的通视三角区视距评价



图11 视距验算

6 交管设施与措施

尽管金光路西侧匝道平纵线形和视距条件均已满足上述规范要求,但本次专项研究针对金光路下匝道所处位置事实上位于相对较小圆曲线半径和相对较大纵坡的不利条件。因此,对交通安全设施进行了安全性提升专项设计,尽最大可能提高交通安全。

6.1 交通管理措施

(1)为提高交通安全性并考虑到主线刚出收费站,故主线弯道段采取60 km/h限速交通管理措施。

(2)金光路下匝道出口预告、出口标志提前至主线弯道前,对主线车道行驶方向提前指示、出口预告标志提前设置。

(3)将货运交通提前分流,避免货运车辆在此不利路段运营而造成安全隐患,即在G15立交出口处主线禁货并提前预告,货运车分流至G15高速,至北青公路货运车可通过G15立交向南匝道至G15北青公路出口沟通。在G15立交以西的货运提前分流引导标志见图12。



图12 G15立交货运提前分流引导标志

6.2 标志

出主线收费站距离金光路下匝道1.5 km处即进行60 km/h限速管理(见图13)。



图13 主线60 km限速标志

增加前方长实线预告标志(见图14)。



图14 长实线预告标志

在纵断面最高点处增设300 m预告标志,以增强出口提示的效果。增强出口标志满足视距要求的识别效果(见图15)。

6.3 标线

在弯道处设置彩色防滑路面(现状经过养护后已经擦除)和纵向减速标线,提示运行车辆在小半径路段减速。在距离出口300 m处2~3车道之间划实



图15 增设300 m预告标志

线,在距离出口200处1~2车道之间划实线,避免车辆在线形不良路段因变道而产生危险(见图16)。



图16 出口实线和纵向减速标线

7 结 语

(1)对不良视距路段采用限速、禁止变道、禁止大货车通行等偏安全的交通管理手段是较为行之有效的安全管理措施。

(2)对于视距分析与优化,应采用定量与定性分析相结合,综合平纵面检验、BIM三维检验等多种手段,避免单一验算工具的遗漏,确保满足规范要求和交通安全。

(3)在城市快速路设计中,需重视平曲线小半径内侧停车视距的检验,尤其是受声屏障和防眩板等设施遮挡的路段,应该尽可能进行满足视距要求的加宽设计。

(4)目前的视距评价方法和结论是基于第1、第2车道上均无车辆、视线上没有任何阻挡的理想状态。由于本案地处高架弯道凸侧,3条车道的视距计算点位不应在同一直线上。若以各自车道所在曲线的视线切点为准,则最具控制意义的第3车道距分流鼻端视距将小于第1车道的150 m,据此判断匝道出口的可识别性尚不能全面反映实际交通流状态、交通组成、视线遮挡和心生理、环境等因素。因此建议后续项目可采用目前驾驶模拟等手段对线形设计协调性、交通安全设施进行更加符合实际运营情况的评价,深化交通安全影响因素分析,优化改善措施。

参考文献:

- [1] JTG B05—2015,公路项目安全性评价规范[S].
- [2] JTG D20—2017,公路路线设计规范[S].
- [3] CJJ 193—2012,城市道路路线设计规范[S].