

文章编号:1005-0523(2017)06-0033-05

基于 VISSIM 的互通立交环形匝道行车道宽度仿真研究

罗冬宇¹,陈景雅¹,王为义¹,吴菲²

(1.河海大学土木与交通学院,江苏南京 210098;2.云南省城乡规划设计研究院,云南昆明 650100)

摘要:随着交通流量逐年递增,社会对高速公路的行车安全性要求也在不断提升,而高速公路互通立交又是交通事故的高发地,尤其环形匝道处更表现为事故多发段。因此,对互通立交环形匝道进行改造已经成为亟需解决的问题。结合常州西绕城高速鸣凰枢纽互通立交工程实例,采用交通微观仿真软件 VISSIM 建立鸣凰枢纽互通立交环形匝道的仿真模型,对比各种改造方案下的各项控制指标,从而确定最佳的行车道加宽值为 0.50 m。

关键词:互通立交;环形匝道;加宽;VISSIM

中图分类号:U412.38

文献标志码:A

DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.2017.06.003

互通立交的匝道是高速公路系统必不可少的组成部分,是高速公路和地方道路相互转向的重要连接通道。随着交通流量的不断增大,互通立交枢纽运行方向的复杂性以及人为因素,都使得互通式立交成为交通事故的高发地。而匝道区域较主线区域又有着更为复杂的交通环境^[1-3]。因此,匝道区域成为高速公路的交通瓶颈和事故易发点、多发点。国内外统计数据表明,高速公路互通立交匝道处发生的交通事故占整个高速公路交通事故的 30%以上,而在这其中,环形匝道更是事故多发段^[4]。通过调研国内枢纽环形匝道的安全运营状况,进而发现环形立交匝道设计指标均能满足设计要求,但事故率仍居高不下,因而环形立交匝道在设计指标使用上仍需进一步深入研究。

鉴于此,本文结合 VISSIM 交通仿真软件,并以常州西绕城高速鸣凰枢纽互通立交环形匝道工程为例,优化互通立交环形匝道几何设计参数的选用,调整环形匝道的加宽值,消除环形匝道的事故隐患^[5]。

1 工程概况

鸣凰枢纽互通位于武进区鸣凰镇西,被交道路为宁常高速公路,路基宽度 35.0 m,设计速度 120 km/h^[6]。该枢纽互通主要是实现常合高速公路和常州西绕城高速公路的交通转换而设置。随着交通物流行业和私家车的逐年递增,由常合高速转常州西绕城高速的交通流量从开通时日均 2 471 辆已增加至日均 8 938 辆。自 2011 年 12 月建成通车以来,截至 2015 年 10 月,鸣凰枢纽共发生交通事故 62 起。事故主要集中在环形匝道处,其中多为撞击外侧护栏。现状该环形匝道的匝道环形曲线上路基横断面宽度 7.50 m(不含土路肩),此时匝道宽度满足通行要求,但大型车辆在匝道上仍转弯困难,且事故造成的原因主要是超速,通过现场测速,通过该环形匝道车辆最小速度为 38 km/h,最大车速达到了 98 km/h,平均时速 64 km/h。由于枢纽匝道主要是单向单车道,交通意外事故发生后易引发交通堵塞,造成车辆积压。由于匝道宽度较窄(单车道匝道路基宽度 8.50 m),超标车辆容易阻断整个车道,给事故排障和维修作业增加了处理难度,处理事故的时间较长,

收稿日期:2017-08-01

作者简介:罗冬宇(1993—),男,硕士研究生,主要研究方向为道路路线设计线形安全。

通讯作者:陈景雅(1967—),女,教授,主要研究方向为道路设计与路面材料。

导致该方向中断交通时间延长。据不完全统计,自常州西绕城高速公路开通至今,鸣凰西枢纽由于交通意外事故导致中断交通共计6起,中断总时长为10小时左右。因此,鸣凰枢纽匝道改造工程是十分必要和迫切的。

适当增加匝道宽度,在发生事故时,便于救援工作的开展,同时有利于驾驶员做出反应,增加缓冲距离,提高行车安全^[7-8]。

2 改造方案

2.1 增加行车安全

考虑车速的影响,对半挂车在圆曲线上行驶加宽可由图1所示,并按下式计算^[9]

$$b=N\left(\frac{A^2}{2R}+\frac{0.05v}{\sqrt{R}}\right) \quad (1)$$

其中, $b=b_1+b_2=\frac{A^2}{2R}$ ($A^2=A_1^2+A_2^2$)。

式中: b_1 为牵引车加宽值, m;

b_2 为拖车加宽值, m;

A_1 为牵引车保险杠至第二轴的距离, m;

A_2 为第二轴至拖车最后轴的距离, m;

R 为圆曲线半径, m;

N 为车道数。

由于物流业的发展,越来越多的大型运输车辆利用该枢纽。根据《道路车辆外廓尺寸、轴荷及质量限值》(GB1589-2004)^[10]中有关规定,允许上路的车辆长度不得超过20 m,但经过现场测量,大型运输车辆长度可达35 m。

因此根据如图2所示的半挂车的计算示意图,由公式(1)计算,当半挂车车长为35 m时,在半径为60 m,设计速度40 km/h的匝道上总加宽值应为6.80 m。

当大型客车、货车转向困难时,可占用硬路肩。因此,实际需要匝道路基横断面宽度为10.55 m。

现状鸣凰枢纽G匝道为环形匝道路基横断面宽度7.50 m(不含硬路肩),此时匝道宽度不能满足大型运输车辆通行要求,需考虑对鸣凰枢纽G匝道进行加宽处理。

2.2 仿真模型建立

借助VISSIM软件仿真,对鸣凰枢纽G环形匝道的交通运行特性进行统计和分析,建立仿真模型。设定为Wiedemann99车辆跟驰模型,选用重载卡车作为主要大车车辆模型,比例为20%,其他车辆参数依照小汽车进行设定相对流量为80%^[11]。假设G匝道单向交通量为1900 pcu/h,主线车辆行驶进入减速车道并分流到G匝道和C匝道的分流比为7:3,建立环形匝道加宽方案的仿真模型。

仿真模型遵循以下原理:交通流释放进入路网,在减速车道起点处设置第一个期望速度决策点变速,交通流通过此处开始减速,逐步衰减到匝道设计速度,在出口合流鼻处设置第二个期望速度决策点,合流至主线。由于仿真的随机性,为确保仿真结果稳定性,需剔除初始阶段交通数据^[12]。因此交通流通过第一个期望速度决策点后,不进行数据采集,给足车辆变速缓冲距离,在匝道圆曲线上设置一系列数据采集点来采集交通流数据,并进行分析。

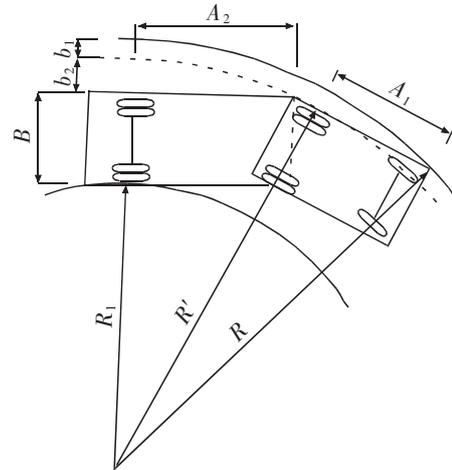


图1 车道加宽示意图

Fig.1 Sketch map of lane widening

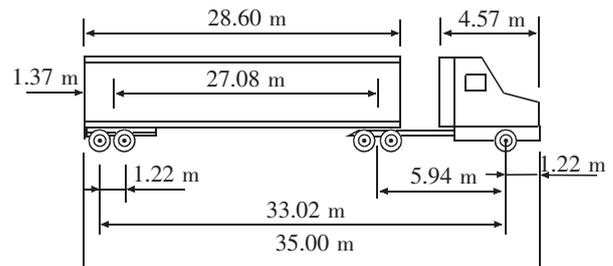


图2 半挂车计算示意图

Fig.2 Sketch map of semi-trailer

2.3 仿真模型评价

根据加宽需要,分别建立了匝道行车道宽度为 3.75,4.00,4.25,4.50 和 4.75 m 5 种匝道仿真模型。仿真模拟得出了设定期望车速决策点以后,交通流在环形匝道的平均延误情况,绘制对应各方案的平均延误对比图如图 3。

经过数据统计分析与处理,高峰时段 G 匝道(匝道行车道宽 3.75 m)的车均延误的平均值为 23.2 s,G 匝道行车道每加宽 0.25 m 车均延误与初始匝道宽的车均延误平均值相比,平均降幅依次为 45.4%,61.9%,65.8%和 78.2%。鸣凰枢纽 G 匝道行车道加宽至 4.50 m 及 4.75 m 时的车均延误与 G 匝道行车道 4.25 m 时车均延误相比仅降幅 3.9%和 16.3%。因而,鸣凰枢纽 G 匝道行车道为 4.25 m 以上时,以匝道加宽来降低车辆延误的效果收益降低。

为进一步确定最佳行车道加宽宽度,对鸣凰枢纽 G 匝道的行车排放和油耗进行统计和分析,得到 10 min 内高峰时段不同行车道宽度的 G 匝道全部行车排放总量及车辆总油耗如表 1 所示。

表 1 匝道行车排放与能耗

Tab.1 Traffic emission and energy consumption on the ramp

| 排放与能耗 | 匝道宽度/m | | | | |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 3.75 | 4.00 | 4.25 | 4.50 | 4.75 |
| 一氧化碳量/g | 5 884.26 | 3 858.49 | 2 476.03 | 1 587.91 | 871.86 |
| 氮氧化物量/g | 1 144.86 | 556.16 | 384.46 | 308.95 | 169.63 |
| 挥发性有机化合物量/g | 1 363.74 | 662.48 | 457.96 | 368.01 | 202.06 |
| 油耗/gal | 84.18 | 50.42 | 33.25 | 22.72 | 12.47 |
| 排放物总量/g | 8 392.86 | 5 027.13 | 3 318.45 | 2 264.87 | 1 244.45 |

交通能源的消耗及交通排放对环境的污染不容小觑,在保证交通行车安全条件下,还需考虑交通系统能源消耗和排放对环境的影响以及工程的经济效益的平衡,以交通效益最大化和工程成本最小化为优化目标,进行图 4,图 5 所示的综合对比分析^[13]。根据工程量的计算可知,环形匝道每加宽 0.5 m,所需工程造价增加约 30 万元。

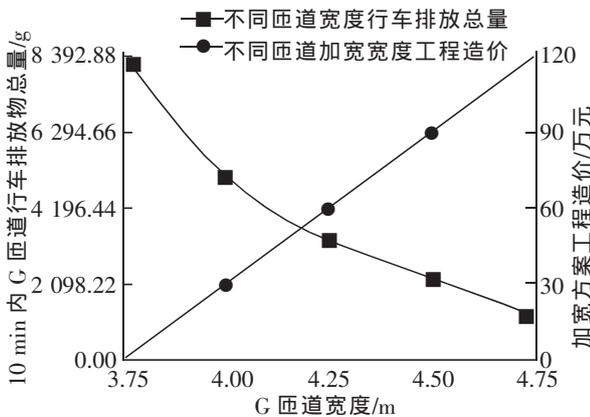


图 4 行车排放与工程造价对比曲线图

Fig.4 Comparison curve of vehicle emission and construction cost

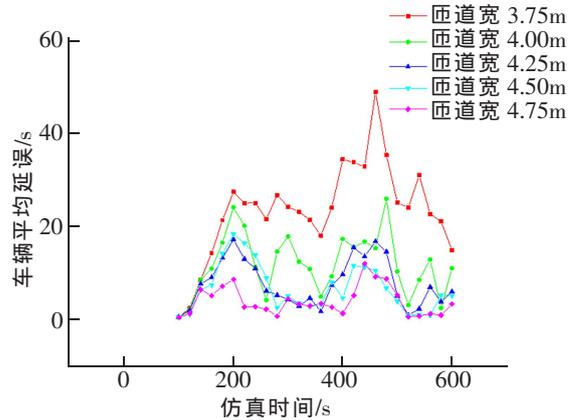


图 3 匝道车辆平均延误对比

Fig.3 Average delay comparison of ramp vehicles

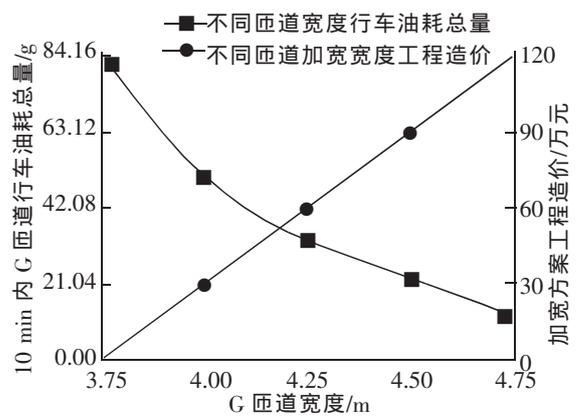


图 5 行车油耗与工程造价对比曲线图

Fig.5 Comparison curve of driving energy consumption and construction cost

由图表统计的行车排放与能耗可看出,G 匝道行车道每加宽 0.25 m 的行车排放总量,与初始匝道宽的行车排放总量相比,依次降幅为 40.1%,60.5%,73.0%和 85.2%,匝道行车道宽度超过 4.25 m 后,行车排放量降幅力度下降。类似的,行车能耗总量的降幅趋势与行车排放量相同。

通过对比 G 匝道的加宽方案工程造价发现,当匝道行车道宽 4.00 m 时,虽可实现较低的工程造价,却换得的是较高的行车排放和能耗;当匝道行车道宽为 4.50 m 及 4.75 m 时,虽可保证稳定的排放和低量的能耗,却需花费高额造价,在图 5 及图 6 中的交点处为效益与成本的最优方案,综合分析推荐匝道行车道加宽至 4.25 m,且为了增大缓冲距离,防止车辆撞击匝道左侧护栏,将左侧硬路肩宽度从现状 1.0 m 加宽至 2.0 m (含左侧路缘带);将右侧硬路肩从现状 2.5 m 加宽至新规范中规定的 3.0 m (含左侧路缘带)。鸣凰枢纽 G 匝道环形曲线的路基横断面整体加宽,加宽后匝道曲线处路基横断面宽度为 10.75 m。

3 结论

本文结合常州西绕城高速鸣凰枢纽互通立交工程实例,对环形匝道改造方案进行仿真模拟,经统计分析,得出如下结论:

1) 环形 G 匝道是鸣凰枢纽互通立交的事故易发点、多发点,为提高行车安全,满足大型运输车的通行要求,经计算,需要匝道路基横断面宽度至少为 10.55 m,因此对 G 匝道进行加宽处理;

2) 构建鸣凰枢纽 G 匝道的仿真评价模型,分析匝道曲线段的车均延误,并进行匝道行车排放和油耗与加宽方案工程造价的综合对比优化,推荐 G 匝道行车道宽度加宽至 4.25 m,加宽后 G 匝道曲线处路基横断面宽度为 10.75 m;

3) 本文在鸣凰枢纽环形匝道路事故数据统计分析的基础上,基于 VISSIM 仿真软件构建高速公路互通立交环形匝道改造方案模型。通过对仿真模型进行综合评价和对比分析,有针对性地提出环形匝道的加宽方案,有利于减少由环形匝道不良线形而导致的交通事故黑点,提高高速公路的整体服务质量和安全水平。

参考文献:

- [1] 张腾. 基于 VISSIM 的长安立交合流区通行能力仿真研究[D]. 西安:长安大学,2013:8-11.
- [2] 白志军,陈慧,张绍理. 高速公路互通立交出入口位置行车安全性分析[J]. 中外公路,2015,35(5):334-337.
- [3] 周文杰. 浅谈互通立交的匝道设计[J]. 价值工程,2013(33):78-80.
- [4] 张炜. 高速公路互通立交出口匝道安全设计与评价[D]. 南京:东南大学,2015:14-15.
- [5] 姚宇. 交通仿真技术在互通立交设计中的应用[J]. 现代交通技术,2016,13(2):77-80.
- [6] 李浩,王城. 枢纽立交方案设计探析——以鸣凰西枢纽立交方案设计为例[J]. 交通工程,2013,9(2):115-118.
- [7] 黄光耀,潘飞鹏,罗慧,等. 高速公路互通立交改建施工交通组织方案研究[J]. 公路与汽运,2014(2):84-87.
- [8] 李俊锋,刘涛,俞洪熙. 双向双车道公路曲线段加宽研究[J]. 公路交通科技,2014(9):50-52.
- [9] 杨少伟. 道路勘测设计[M]. 北京:人民交通出版社,2009:100-101.
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB1589-2004. 道路车辆外廓尺寸轴荷及质量限值[S]. 北京:中国标准出版社,2012.
- [11] 沈巍,韩敏,王建军. 基于 vissim 仿真模型的进口道延误研究[J]. 公路交通科技,2014(3):300-303.
- [12] 尹雨丝,吴中. 环形交叉口交织区通行能力的一个新理论模型[J]. 华东交通大学学报,2015,32(1):49-53.
- [13] 龙江英. 城市交通体系碳排放测评模型及优化方法[D]. 武汉:华中科技大学,2012:30-37.

Simulation Study on Lane Width of Interchange Ring Ramp Based on VISSIM

Luo Dongyu¹, Chen Jingya¹, Wang Weiyi¹, Wu Fei²

(1.College of Civil and Transportation Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Urban and Rural Planning and Design Institute of Yunnan Province, Kunming 650100, China)

Abstract: With the progressive increase of traffic flow year by year, traffic safety of expressways has been an increasingly important concern in the society. The expressway interchange is the frequent spot for traffic accidents, especially the ring ramp. Therefore, reforming the interchange ramp has become an urgent problem. By investigating Changzhou West Beltway Minghuang hub interchange project, this paper established the simulation model of Minghuang ring hub interchange ramp through the microscopic traffic simulation software VISSIM. It conducted comparative analysis of various controlling indexes under different schemes and obtained the best widening 0.50 m.

Key words: interchange; ring ramp; widening; VISSIM

(责任编辑 王建华)