

DOI 10.3963/j.issn.1671-7570.2021.05.023

# 改扩建互通出入口中分带开口合理长度研究

王守伟<sup>1</sup> 李美玲<sup>1,2</sup> 冉 晋<sup>3</sup> 张军华<sup>4</sup>

(1. 山东建筑大学交通工程学院 济南 250101; 2. 山东高校重点实验室道路与交通工程实验室 济南 250101;  
3. 山东省交通科学研究院 济南 250102; 4. 山东高速股份有限公司 济南 250101)

**摘 要** 为研究高速公路改扩建期间互通出入口中分带开口合理长度,以主线和匝道流量为变量,对行车的安全和效率进行量化分析。在现行互通出入车道基础上提出设置专用加减速车道的方案;使用微观仿真软件和交通安全评估模型量化评价行车延误、行程时间和冲突率。结果表明,设置专用加减速车道的方案,行车冲突率降低明显,安全性更高;未设置专用加减速车道的方案,入口处中分带开口长度以 225 m 为宜,出口处开口长度以 100 m 为宜;设置专用加减速车道的方案,入口处中分带开口长度以 250 m 为宜,出口处开口长度以 150 m 为宜。

**关键词** 高速公路 中分带开口 改扩建 仿真研究 互通出入口

**中图分类号** U491.2<sup>+</sup>3

随着我国社会和经济的快速发展,交通出行需求日益增加,双车道高速公路日趋难以满足大众的出行需求,拓宽改扩建成为解决该难题的首选方法<sup>[1]</sup>。由于高速公路改扩建期间需单侧保通,通行车辆需跨越中分带出入高速公路,使得互通区路段的交通环境危险且复杂,降低了道路服务水平。本文对高速公路改扩建工程中互通立交处的交通效率和安全问题进行研究,进而提出互通出入口中分带开口合理长度设置方案,以保障互通立交处交通安全畅通。

高速公路改扩建期间影响互通出入口交通安全的因素主要是中分带开口长度和不同道路几何特征所带来的不同车辆并入方式。Sarhan 等<sup>[2]</sup>研究了主线交通量及匝道几何特征与交通事故数之间的关系,并建立模型,分析三者相互作用的影响。王晓飞等<sup>[3]</sup>研究高速公路互通出入口区域的车辆特征并对该区域的行车风险进行了分析。王子豪等<sup>[4]</sup>提出公路接入口与中央分隔带和平面交叉口最小间距的计算模型,计算得出各类接入口最小间距推荐值。张可等<sup>[5]</sup>从行车安全的角度出发确定山区高速公路老路中央分隔带封闭长度。上述研究证明了改扩建期间高速公路互通出入口行车安全的重要性,也为本文研究中分带开口合理长度提供了借鉴。

由于获取互通区域相应事故数据较为困难,因此采用直接事故统计的方法进行的安全评价还存在困难<sup>[6]</sup>,也就很难确定最佳的中分带开口长度。基于此,现采用 VISSIM 微观交通仿真结合 SSAM 模型进行安全分析,确定最优中分带开口的设置方案,以保障互通立交处交通的安全畅通。

## 1 问题描述

济南至青岛段高速公路在改扩建期间高速公路一侧为单车道行驶,另一侧为双车道行驶,现有设计中两侧均未设置专用加减速车道,其平面示意图见图 1。

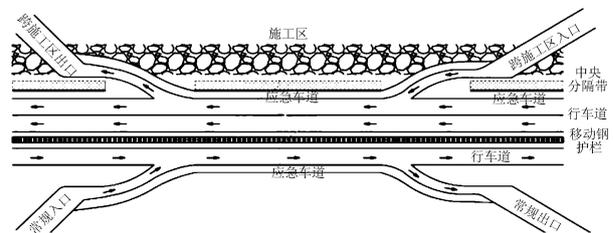


图 1 未设置专用加减速车道平面示意

如图 1 所示,行驶的车辆需跨施工区进行出入,在行驶过程中还需要跨越中分带。实际问题中设置中分带开口长度越长,越方便设置科学完善的交通诱导设施,能最大限度地消除开口区域的安全隐患;设置中分带开口长度较小,路面需要改造的工程量就越小,建设更加经济。本文力图找到合理的中分带开口长度,使得在尽可能经济

收稿日期:2021-05-13

的情况下保障互通处行车的安全。

值得一提的是,在一些国家和地区,高速公路应急车道除了发挥应急的功能外,在某些特殊情况下还承担着缓解交通拥堵的功能。由于在改扩建特殊时期安全行车的紧急性和客观性,本研究提出改扩建期间占用部分施工区方向的应急车道设置专用加减速道,设置专用加速车道见图2、设置专用减速车道见图3,使得驾驶员的加速和减速过程在应急车道的直线段进行,旨在提高行车过程的效率和安全性。

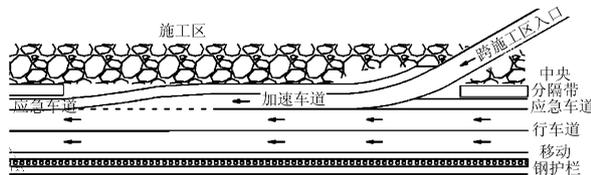


图2 设置专用加速车道互通入口

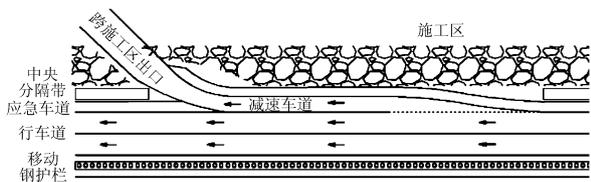


图3 设置专用减速车道互通出口

## 2 合理开口长度范围选取

由于改扩建期间的中分带开口合理长度的确定属于新事物,在现有的JTG H30—2015《公路养护安全作业规程》和JTG D20—2017《公路路线设计规范》等规范中并未明确规定,现参考相关规范中未改扩建期间的互通出入口开口长度进行推算,且在此基础上满足安全视距的要求。

### 2.1 现可参考的指标

根据调查,济青高速互通出入口相邻车道限速80~100 km/h,匝道限速40 km/h。现有JTG D20—2017《公路路线设计规范》中对未改扩建期间互通出入口车道长度有关规定如下:当主线上车辆的行车速度为80 km/h时,互通入口车道长度应为210 m,出口车道长度应为130 m;当主线车辆行车速度为100 km/h时,互通入口车道长度应为240 m,出口车道长度应为150 m。JTG H30—2015《公路养护安全作业规程》规定:当匝道限速为40 km/h时,互通入口车道长度应为100 m,出口车道长度应为90 m。济青高速现行设计资料中规定转序区限速为40 km/h时,中央分隔带开口长度为105 m。

### 2.2 安全视距的要求

在考虑几何条件影响互通出入口中分带开口

长度时,重点要对视距安全性进行分析。按照《公路路线设计规范》相关规定,高速公路互通出入口内供车辆加减速道路的视距均应满足停车视距的要求,在此基础上增加5~10 m的安全距离。按照式(1)计算车辆的停车视距。

$$S = \frac{vt}{3.6} + \frac{(v/3.6)^2}{2gf} \quad (1)$$

式中: $S$ 为车辆在互通出入口范围的停车视距,m; $v$ 为车辆在互通出入口的实际运行速度,km/h; $t$ 为驾驶员的操作反应时间,一般取2.5 s; $g$ 为重力加速度,一般取9.8 m/s<sup>2</sup>; $f$ 为路面纵向摩擦系数,高速公路一般取0.7~1.1,出于安全考虑,本研究取为0.7。

由于进入匝道后汽车速度不应大于40 km/h,取匝道汽车运行速度最大40 km/h得出安全的停车视距为50 m。

综上所述,得出中央分隔带合理开口长度范围推算表见表1。

表1 中分带开口合理长度汇总表

| 限速值    | 以下限速(km·h <sup>-1</sup> )开口长度/m |         |          |
|--------|---------------------------------|---------|----------|
|        | 匝道限速 40                         | 主线限速 80 | 主线限速 100 |
| 入口车道   | 100                             | 210     | 240      |
| 出口车道   | 90                              | 130     | 150      |
| 安全视距要求 | 50                              |         |          |
| 设计资料   | 105(无专用加减速车道)                   |         |          |

## 3 仿真方案设计

### 3.1 研究问题及评价指标

现以不同的交通量组合条件(主线和匝道的不同流量)作为背景变量,设置仿真方案以研究以下2个问题。

1) 针对出入口是否设置专用加减速车道,研究哪个更有效率、安全性更高。

2) 对于高速公路有无设置专用加减速车道的方案,不同中分带开口长度对应不同加减速车道长度,研究哪个方案更有效率、安全性更高。

根据研究问题对交通效率和交通安全进行评价。VISSIM输出交通效率评价指标——车均延误和平均行程时间。通过交通安全评价软件SSAM可得施工区交通转换带的交通冲突数及交通冲突类型。为客观地反映交通安全水平,将交通冲突数与交通量、路段长度的比值定义为交通冲突率,其计算方法见式(2)。

$$f = \frac{N_{rc}}{QL} \quad (2)$$

式中: $f$ 为单位小时交通转换带冲突率,次/(pcu·km); $N_{rc}$ 为单位小时内的交通冲突数,次/h; $Q$

为交通转换带单位小时交通量,pcu/h; $L$ 为交通转换带研究范围长度,km。

### 3.2 仿真参数设置

#### 3.2.1 路网仿真参数设置

对济青高速公路改扩建路段实际状况进行数据采集,分方向、分车道、分车型,按桩号进行地点车速、车流、交通构成调查,确定仿真路网长度为1.5 km,车道宽度3.75 m。小客车占样本总量70%、大客车占10%、小货车占5%、中货占5%、大货占10%。大车率约为0.2。

仿真路网输入交通量,采取单向输入的方式。根据实际调查结果,高速公路主线交通量根据不同位置从1 000~2 000 pcu/h不等,匝道交通量从200~400 pcu/h不等。根据饱和度和各路段通行能力推算,仿真输入交通量为低饱和度1 000 pcu/h、中饱和度1 500 pcu/h、高饱和度2 000 pcu/h 3个水平,匝道输入相应自然车辆数200,300,400 pcu/h。

#### 3.2.2 模型标定和参数输入

现有VISSIM模型参数是根据国外交通情况设定,不同地区、不同研究对象的交通特性存在差异,因此在仿真模型应用前必须先进行模型微观参数的检验和标定(参数标定试验设计见表2)。根据济青高速公路实测数据进行分析,选取流量、平均速度、延误、行程时间和排队长度5个标定指标和14个微观参数开展敏感性分析工作。最终通过试验分析和最优解的判定,可得重要微观参数见表3。

表2 参数标定试验设计 km/h

| 参数    | 以下期望车速对应参数标定 |    |     |     |
|-------|--------------|----|-----|-----|
|       | 40           | 60 | 80  | 100 |
| 最小值   | 15           | 21 | 55  | 48  |
| 15位车速 | 33           | 47 | 68  | 71  |
| 50位车速 | 38           | 53 | 78  | 82  |
| 85位车速 | 43           | 58 | 86  | 95  |
| 最大值   | 70           | 81 | 105 | 116 |

表3 标定主要参数取值表

| 标定参数        | 标定值 |
|-------------|-----|
| 车头视距(CC1)   | 1   |
| 跟车变量(CC2)   | 5   |
| 振动加速度(CC3)  | 0.6 |
| 停车的加速度(CC8) | 7   |

### 3.3 设计仿真方案

高速公路改扩建时期的中分带开口合理长度仿真流程见图4。

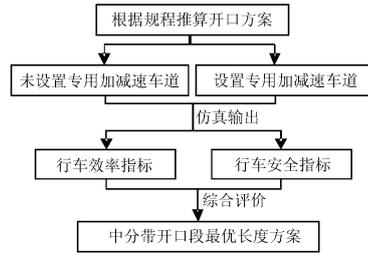


图4 中分带最优长度仿真流程

据互通出入口段中分带开口合理长度对比表(见表1)可得,设置专用加速车道中分带开口合理长度分布在100~240 m,设置专用减速车道中分带开口合理长度分布在90~150 m,进而得出设计仿真方案。不同主线和匝道流量饱和度两两相互组合形成9组不同的饱和度方案,入口处中分带开口长度分为100,125,150,175,200,225和250 m 7个仿真长度,出口处中分带开口长度分为90,100,110,120,130,140,150 m 7个仿真长度。分别进行主线和匝道不同饱和度下未设置加减速车道和设置加减速车道方案仿真。

## 4 仿真方案评价

### 4.1 设置加减速车道交通评价

针对不同中分带开口长度、不同交通流饱和度下的加减速车道进行交通评价,按照仿真方案进行VISSIM仿真和SSAM评价。根据评价结果,未设置专用加速车道与设置专用加速车道的汇入段和驶离段平均行程时间和平均延误并没有明显的差别,但在冲突率方面,未设置专用加速车道冲突率见图5。

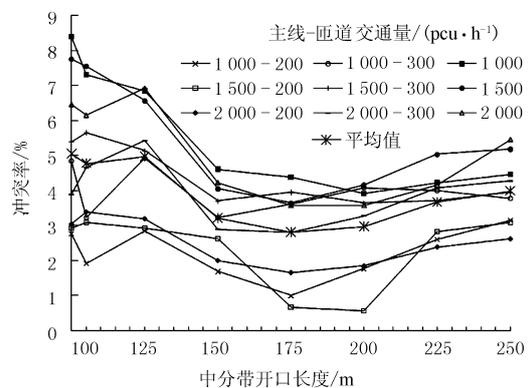


图5 未设置专用加速车道冲突率

由图5可见,冲突率集中在0.5%~8.5%之间,随着开口长度的增加有先降低后升高的趋势,冲突率均值在中分带开口175~200 m时达到低峰。且匝道流量饱和度的变化对冲突率的影响更为明显,匝道流量越高冲突率也普遍越高。设置专用加速车道冲突率图,见图6。

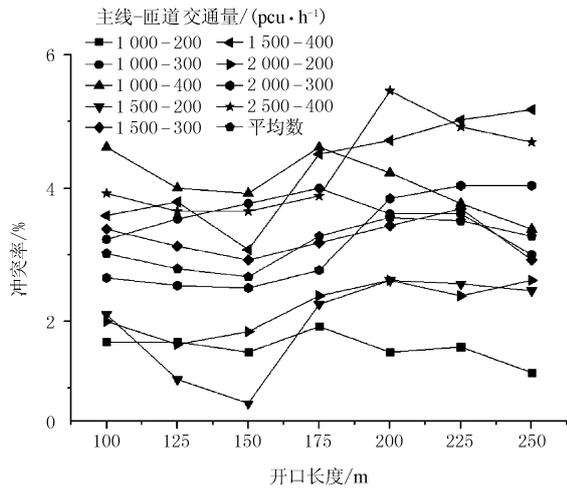


图6 设置专用加速车道冲突率

由图6可见,冲突率大多集中在0.5%~5.5%,同时受匝道流量饱和度的影响也较为明显。相比可知,设置专用加速车道的冲突率有明显的降低,在开口长度为150m时,冲突率平均值达到了最低2.67%。

减速车道的冲突率集中在0.1%~1.5%,设置专用减速车道冲突率集中在0~0.75%之间,两者差距较小,且各饱和度流量下的行车均较为安全。综上,济青高速公路出入口占用部分应急车道区域设置加减速车道能较大地提升行车安全性,故在有条件的情况下应尽量选择设置专用加减速车道。

#### 4.2 中分带开口长度评价

根据VISSIM仿真所得的各评价指标的数据对不同交通流饱和度下的中分带开口长度进行评价。未设置专用加速车道平均行程时间见图7,未设置专用加速车道平均延误见图8。根据图7、图8仿真结果,未设置专用加速车道汇入段随着开口长度的不断增加平均行程时间震荡起伏。在开口长度为225m左右时,根据不同饱和度交通量的平均行程时间图(图7)和平均延误图(图8)显示,各指标均处于低峰,且此时车道的冲突率也处于较低的状态。故在济青高速未设置专用加速车道时,应以225m为最佳参考长度。

同时,未设置专用减速车道仿真方案的平均行程时间随着开口长度和车流饱和度的变化并无明显的变化。高饱和度流量的平均延误随着开口长度的变化有较大的起伏,且在开口长度为100m时平均延误为最小值。故在济青高速设置减速

车道时,应以100m为最佳参考长度。

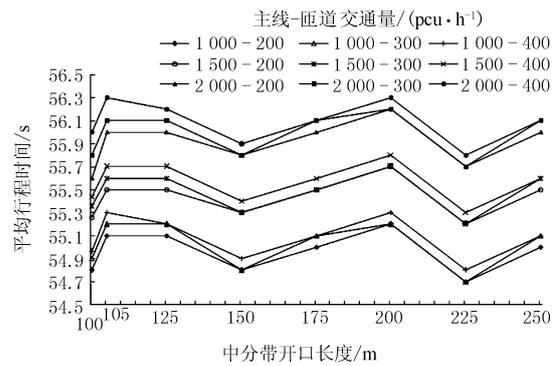


图7 未设置专用加速车道平均行程时间

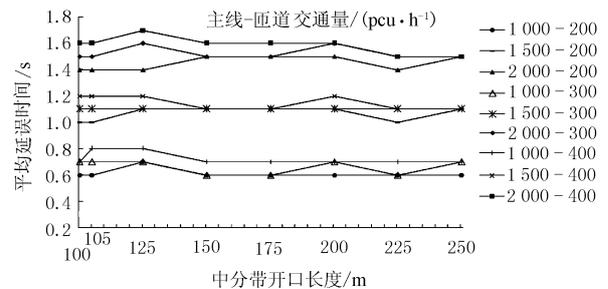


图8 未设置专用加速车道平均延误

在设置专用加速车道时,评价指标受主线流量饱和度的影响较为明显,且饱和度越高平均行程时间和平均延误也越高。专用加速车道平均行程时间见图9,专用加速车道平均延误见图10。由图9、图10可见,随着开口长度的不断增加,根据汇入段的平均行程时间图(见图9)和平均延误图(见图10)显示,各指标都在缓慢降低,各饱和度流量的评价指标在开口长度为250m时普遍达到最低水平,此时冲突率的平均值为3.1%,处于各开口长度下的中等水平。故在综合考量安全性与效率的情况下,在济青高速设置专用加速车道时,应以250m为最佳参考长度。

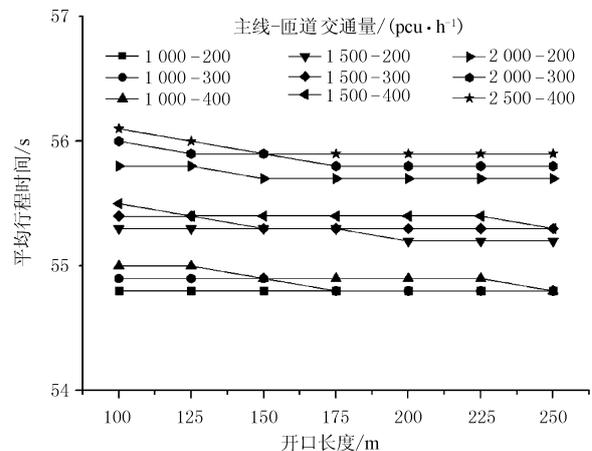


图9 专用加速车道平均行程时间

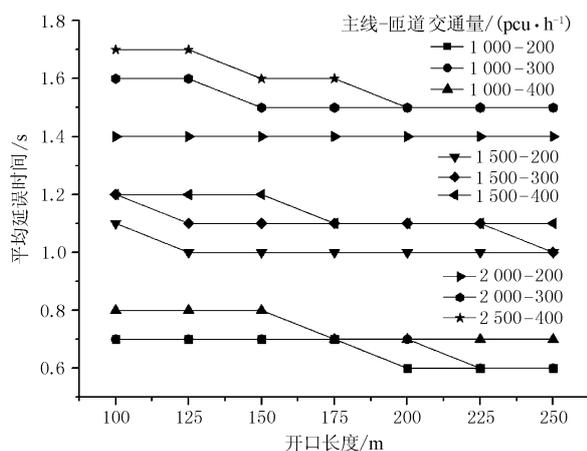


图10 专用加速车道平均延误

专用减速车道的平均行程时间和平均延误随着开口长度的增加都在缓慢降低,与此同时冲突率的平均值也处于较低水平,故在有条件的情况下应尽量选取最大的150 m开口长度。

综合仿真数据,高速设置专用加减速车道行车的平均行程时间和平均延误在中、高饱和度流量时有较为明显的优化,但在低饱和度和高饱和度流量中并没有显示出这种变化。故在实际案例中应综合考虑不同时期的流量等多方面因素进行设置。

## 5 结论

1) 与未设置专用加减速车道的方案相比,设置了专用加减速车道的道路行车冲突率更低,安全性更高。

2) 现行设计方案(中分带开口长度105 m)并不是最佳的开口长度。现状未设置专用加减速车道,互通入口处中分带开口长度以225 m为宜,

出口处中分带开口长度以100 m为宜,此时不同饱和度交通量的平均行程时间和平均延误时间都处于较低水平。

3) 综合考虑行车安全和效率,设置专用加减速车道的济青高速公路入口处中分带开口长度以250 m为宜,出口处中分带开口长度以150 m为宜,且应在有条件的情况下尽量设置专用加减速车道。

## 参考文献

- [1] 李德慧,孙小端,刘小明,等.高速公路改扩建道路设计的安全问题[J].北京工业大学学报,2006(10):913-918.
- [2] SARHAN M, HASSAN Y, HALIM A. Safety performance of freeway sections and relation to length of speed-change lanes[J]. Revue Canadienne De Génie Civil,2008,35(5):531-541.
- [3] 王晓飞,符锌砂,葛婷.高速公路立交入口区域行车风险评价模型[J].交通运输工程学报,2011(5):88-92.
- [4] 王子豪,刘明阳,赵艳.集散一级公路接入口最小间距研究[J].交通科技,2019(2):48-51,59.
- [5] 张可.山区高速公路改扩建单侧加宽老路中央分隔带封闭长度分析[J].公路交通科技(应用技术版),2013,9(7):149-150.
- [6] HABTEMICHAEL F G, LUIS D P S. Crash risk evaluation of aggressive driving on motorways: Microscopic traffic simulation approach[J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior,2014(23):101-112.

## Research on the Reasonable Length of the Medium Separation of Interchanges Between Entrances and Exits during the Period of Reconstruction and Expansion

WANG Shouwei<sup>1</sup>, LI Meiling<sup>1,2</sup>, RAN Jin<sup>3</sup>, ZHANG Junhua<sup>4</sup>

(1. School of Traffic Engineering, Shandong Jianzhu University, Jinan 250101, China;

2. Provincial Key Laboratory of Road & Traffic Engineering of Shandong, Jinan 250101, China;

3. Shandong Transportation Institute, Jinan 250102, China; 4. Shandong Hi-speed Company Limited, Jinan 250101, China)

**Abstract:** In order to study the reasonable length of the medium separation in the interchanging entrances during the period of reconstruction and expansion, the safety and efficiency of driving was quantitatively analyzed by taking the mainline and ramp flow as variables. The scheme of setting up special acceleration and deceleration lanes was proposed on the basis of the existing interchange lanes at present. Micro-simulation software and traffic safety evaluation model were used to evaluate the

traffic delay, journey time and collision rate. The results show that the scheme of setting special acceleration and deceleration lanes can reduce the traffic conflict rate significantly and improve the traffic safety. For the scheme without special acceleration and deceleration lanes, the opening length of the middle belt at the entrance should be 225 m and the opening length at the exit should be 100 m. For the scheme of setting special acceleration and deceleration lanes, the opening length of the middle belt at the entrance should be 250 m, and the opening length at the exit should be 150 m.

**Key words:** expressway; medium separation; reconstruction and expansion; simulation research; interchange entrances and exits

(上接第 104 页)

## Study on Safety Evaluation of Long and Steep Downhill Section of Mountainous Expressway Based on Modified GSRS Model

*XU Ke<sup>1</sup>, ZHAO Yang<sup>2</sup>, HAN Wanli<sup>2</sup>, LI Bin<sup>1</sup>*

(1. Airport Branch of Henan Toll Repayment Expressway Management Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China;

2. School of Transportation Engineering, Changan University, Xi'an 710064, China;

3. Infrastructure Management Department Chang'an, Xi'an 710064, China;

4. Shanghai Urban Operwtion (Group) Co., Ltd., Shanghai 200023, China)

**Abstract:** In order to find out the influencing factors of traffic accidents in long and steep downhill section of mountain expressway and put forward preventive measures, the safety problems based on GSRS are studied. Firstly, the influencing factors of accidents in long and steep downhill section of mountainous expressway are analyzed, and effective evaluation indexes are selected. Then, the GSRS model is modified to build the safety evaluation model of long and steep downhill road. Finally, using the actual operation data of Luoluan Expressway in Henan Province, taking 6-axis freight vehicles as the research object, the safety evaluation of long and steep downhill section is carried out based on the modified GSRS model, and the simulation is verified by using Trucksim. The results show that the safety evaluation model can effectively judge the safety of long downhill section of mountainous expressway, and provide theoretical guidance for traffic management department.

**Key words:** traffic safety; expressway; long downhill sections; GSRS model; Trucksim simulation