

东马各庄隧道运营安全仿真评价分析<sup>\*</sup>

张腾飞, 刘伟华

(河北省高速公路张涿保定管理处, 河北 保定 074100)

**摘要:** 高速公路隧道是高速公路上的特殊路段, 属交通事故多发段, 一旦发生交通事故, 道路通行能力将降低。对隧道运营风险的识别和评估不全面, 将导致无法有效降低运营风险, 加剧隧道事故危害。文中以张涿(张家口—涿州)高速公路东马各庄隧道为例, 借助 VISSIM 交通仿真软件建立公路隧道及交通事故模型, 通过隧道运营安全因素分析, 从交通流、交通量、持续时间等方面分析隧道内交通事故对隧道通行能力的影响, 以更大程度实现高速公路隧道安全行车。

**关键词:** 交通安全; 高速公路隧道; 安全事故; 安全对策

**中图分类号:** U491.3

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-2668(2018)06-0042-05

隧道不仅是高速公路上的重要线路, 也是交通事故多发路段, 其特殊性主要表现为自身空间狭小导致的半封闭性, 驾驶人员在隧道内行驶期间极易产生恐惧感, 更易发生交通事故, 情况严重时还易造成二次事故。近些年运用定量的方法对隧道运营安全事故进行分析, 对主要风险因子如火灾、危险品等进行了评判。但由于现代交通系统的复杂性, 难以靠简单的几个数学公式或原则说明其方案的合理性, 近年来普遍运用计算机软件进行交通方案仿真。

该文以张涿(张家口—涿州)高速公路东马各庄隧道为例, 运用 VISSIM 软件从不同角度模拟事故运行状态, 研究高速公路隧道应急交通组织措施。

## 1 东马各庄隧道概况

东马各庄隧道右线全长 1 217 m, 左线全长 1 213 m。设计采用分离式洞室, 相邻两侧轴间距 25~35 m; 双车道, 隧道净宽 12.75 m, 高 5.0 m, 设计速度 100 km/h。历年来该隧道事故情况见表 1。

表 1 东马各庄隧道事故统计

时间	事故位置	事故车型	事故过程简述
2011-01-27	左幅 K83+168	小客车	养护施工封闭右侧车道, 小客车碰撞锥筒驶入封闭车道后急打方向, 连撞 2 次左洞壁后横于左车道
2013-02-09	右幅 K83+270	六轴大货车	车辆自燃
2013-05-21	左幅 K83+168	小客车	连撞 3 次左洞壁后于右车道停车
2015-06-04	左幅 K84+312	小客车	小客车刹车打滑失控, 先撞左洞壁后撞右洞壁, 横于中间车道
2016-08-29	左幅 K84+364	中型货车	向车外抛明火燃烧物
2017-11-08	左幅 K84+367	小客车	养护施工封闭右侧 2 车道, 小客车碰撞锥筒驶入封闭车道后急打方向, 连撞 2 次右洞壁后停于左车道

## 2 隧道安全事故仿真分析

### 2.1 仿真流程和交通流参数标定

应用 VISSIM 仿真软件, 根据东马各庄隧道车辆运行的实际工况及所采集的数据建立模型, 结合

其交通流特征设置相关参数进行分析。主要参数设置如下:

(1) 车辆参数。通过调研和查阅相关资料得知东马各庄隧道的通行车辆主要为小客车、大客车、大货车, 其参数见表 2。

<sup>\*</sup> 基金项目: 河北省重点研发计划项目(18275406D); 河北省交通运输厅科技项目(Y-201601); 河北省高等学校科学技术研究重点项目(ZD2016120)

表 2 东马各庄隧道年平均日交通量

车型	数量/veh	所占比例/%
小客车	1 452	23.72
大客车	1 370	22.38
大货车	3 300	53.90
总计	6 122	100.00

(2) 交通参数。东马各庄隧道的单车道交通流量为 600~1 200 pcu/h,仿真模型中输入的交通流量分别为 1 000、1 500、2 000、2 500、3 000 veh/h;道路交通事件持续时间为 15~50 min,仿真模型中事件的持续时间取 20 min。

(3) 其他参数(见表 3)。

表 3 模型中其他参数设置

参数名称	设置值或设置类别
相同车型最大速度差/(km·h <sup>-1</sup> )	50
排队进入速度/(m·s <sup>-1</sup> )	1
排队离开速度/(m·s <sup>-1</sup> )	4
驾驶人反应时间/s	1.35
车辆到达计数分布	泊松分布
到达车型分布	均匀分布
到达车速分布	正态分布

2.2 仿真模型的建立

VISSIM 交通仿真软件可提供 3 种跟驰模型,能调整驾驶行为的基本参数,同时通过对大小车比例、交通量、车速、减速让行区等的设置,较逼真地模拟高速公路隧道内的行车环境。

(1) 建立模型。先导入底图,设置属性,设定交通组成;然后输入交通量,进行路径决策,并设置事故发生后的减速点等,选用“Wiedemann99”跟驰模型设定参数;最后考虑车辆平均延误及平均排队长度。其中驾驶行为属性见图 1。

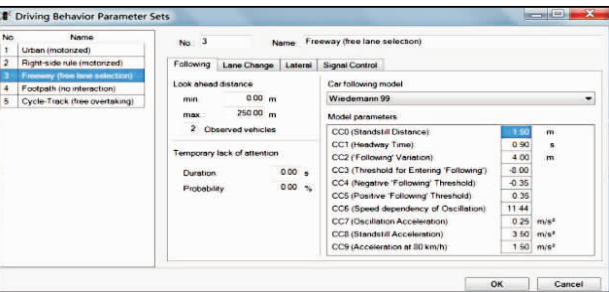


图 1 驾驶行为属性

(2) 测试模型。为尽可能地使仿真模拟与实际路网运营状况相一致,分析中采用多次模拟方法,仿

真次数设为 10 次。

(3) 输出模拟结果。对路网仿真模型进行仿真,结合隧道交通流特性研究事故发生地点的交通流、评价应急交通组织方案,考虑的参数有平均排队长度及车辆延误。

3 交通事故影响评价分析

公路隧道发生交通事故极易造成事故路段交通堵塞,降低道路通行能力,造成严重的车辆排队及延误。下面以平均排队长度、车辆延误为评价指标,设定不同参数(交通量、车型比例、事故持续时间)进行交通事故影响分析,为提高公路隧道事故路段通行能力提出建议。

3.1 交通量的影响

变换交通量分别为 1 500、2 500、3 000 veh/h 进行仿真分析,得到不同交通量对车辆平均排队长度及延误的影响(见图 2、图 3)。

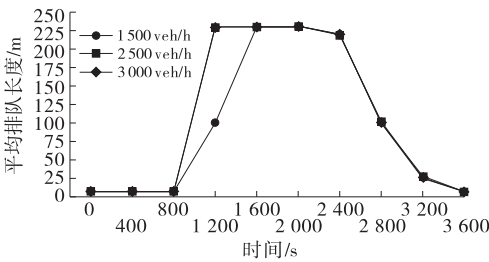


图 2 交通量对平均排队长度的影响

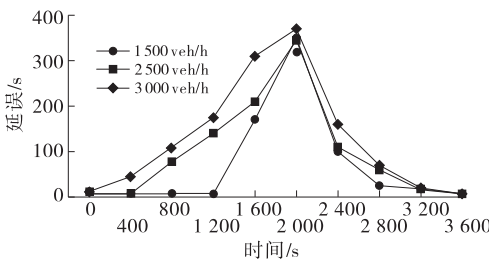


图 3 交通量对车辆延误的影响

从图 2、图 3 可看出:不同交通量情况下相同时间的平均排队长度差异较小,交通量为 2 500 和 3 000 veh/h 时平均排队长度达到峰值的时间比交通量为 1 500 veh/h 时稍短,但峰值大小大致相同。相比而言,事故路段不同交通量情况下的延误时间略有差异,尤其在延误达到峰值前差异较明显,但 3 种交通量下延误达到峰值的时间基本一致。

3.2 车型比例的影响

通过该隧道的车型主要为小汽车、货车和客车。改变各车型所占比例(见表 4),其余参数不变,事故

持续时间取 20 min,交通量取 2 000 veh/h 进行仿真分析,得到车型比例对车辆平均排队长度及延误的影响(见图 4、图 5)。

表 4 车型比例影响分析方案

方案编号	各车型所占比例/%		
	小汽车	货车	客车
1	20	70	10
2	40	50	10
3	70	20	10

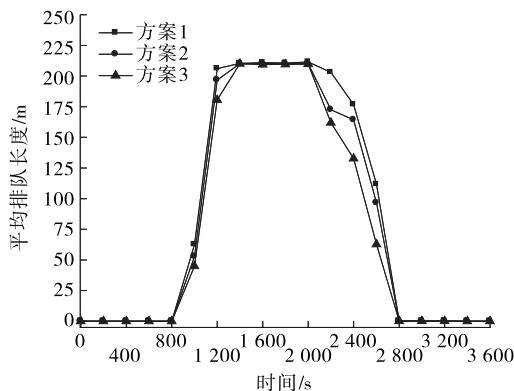


图 4 车型比例对平均排队长度的影响

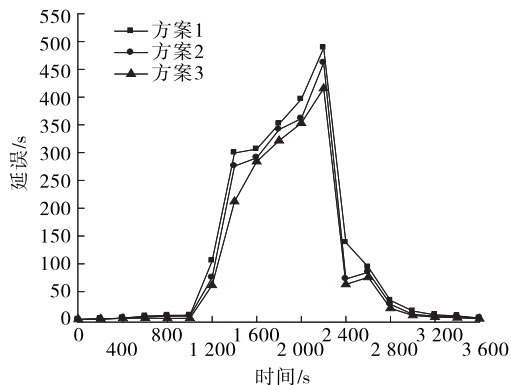


图 5 车型比例对车辆延误的影响

从图 4、图 5 可看出:客车占比不变的情况下,小汽车比例越小、大货车比例越大,车辆平均排队长度、延误稍大,但总体上车型比例对事故路段平均排队长度及延误的影响不大。大货车由于体积、车长较大,易造成交通延误、平均排队长度增大,属于正常现象。

### 3.3 事故持续时间的影响

将交通事故持续时间分别设置为 20、30、40 min,交通量取 2 000 veh/h,小汽车、大货车、客车比例分别为 29.7%、67.5%、2.8%,仿真分析得到事故持续时间对车辆平均排队长度和延误的影响(见图

6、图 7)。

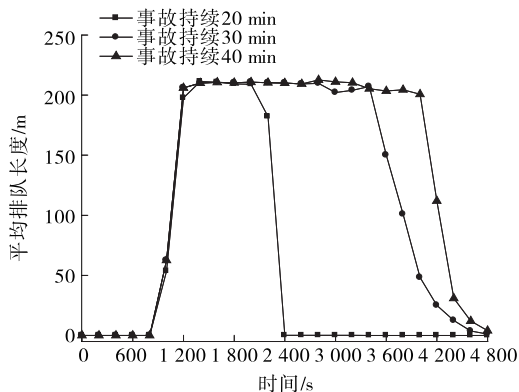


图 6 事故持续时间对平均排队长度的影响

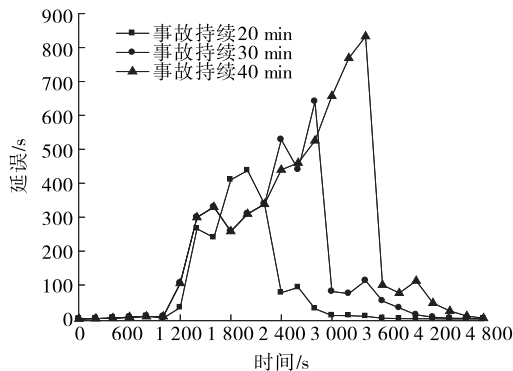


图 7 事故持续时间对车辆延误的影响

从图 6、图 7 可看出:在事故初期(1 500 s 以前),不同事故持续时间对平均排队长度及延误几乎没有影响;随着时间的推移,事故持续时间越长,车辆平均延误越大,而车辆平均排队长度峰值无明显变化;事故解除后,车辆平均排队长度和延误急速下降,直到行驶状态趋于稳定。说明事故持续时间越长对交通状况的影响越大。

## 4 交通事故安全对策

### 4.1 分流措施

交通事故路段拥堵情况下,可在距事故点一定距离处设置电子路况警示牌或分流信号等对驶入隧道的车辆进行分流,保障路段通畅。对东马各庄隧道,分别在距离事故点前 100、200、300 m 处开始分流,设置交通量为 2 000 veh/h,车型比例为小客车 29.7%、大货车 67.5%、客车 2.8%,事故持续时间为 20 min,仿真分析车辆平均延误随时间的变化,结果见图 8。

从图 8 可看出:采取分流措施后的车辆平均延误时间优于采取措施前;在事故点前 200 和 300 m

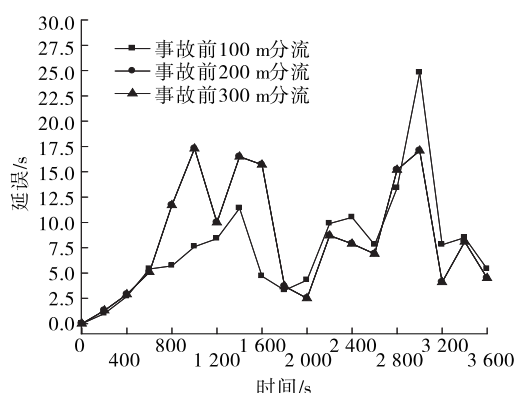


图8 采取分流措施时的车辆平均延误

处分流,车辆平均延误一致;在事故点前100 m处分流,车辆平均延误的最大值比在事故点前200和300 m处分流多10 s,但600~1 800 s时,在事故点前200和300 m处分流时车辆平均延误稍大。

根据仿真分析结果,在事故点前100、200和300 m处分流,车辆平均排队长度都为零。综合考虑,在事故点前200 m处分流效果最好。

## 4.2 分流和限速措施

在分流的基础上限制车辆通过的最高或最低速度,可保证路段通行安全、顺畅。分别在事故点前100、300、500 m处分流,限制车速为50 km/h,分析车辆平均延误随时间的变化,结果见图9。

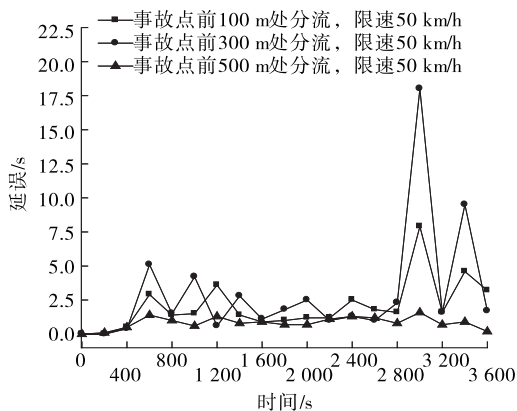


图9 采取分流和限速措施时的车辆平均延误

由图9可知:同时采取分流和限速措施的整体效果优于不采取措施及仅采取分流措施时的情况,且整体波动幅度不大,尤其在500 m处开始分流和限速时车辆平均延误基本无波动。在事故点前300和100 m处分流时稍有起伏,但在可接受范围内。

根据仿真分析结果,车辆平均排队长度在事故点前100、200和300 m处分流时都为零。综合考虑,采取在事故点前100 m处开始分流和限速50

km/h的控制措施时效果最好。

## 4.3 开启横向通道

中长公路隧道可设置车行横道,当隧道内发生事故时车辆可绕行通过事故路段,同时疏散事故路段上车辆,降低道路拥堵状况。对在距离事故点前300、500和1 000 m处开启横向通道使车辆绕过事故段或开启1条对向车道通行时的情况进行仿真分析,结果见图10、图11。

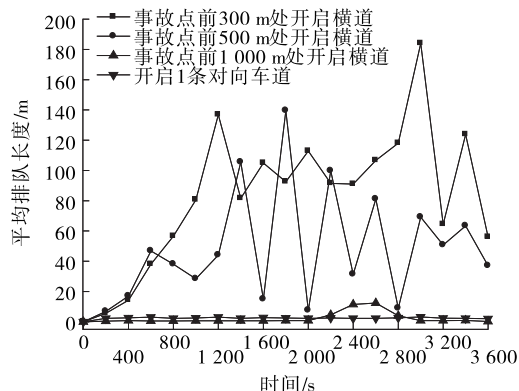


图10 开启横道对平均排队长度的影响

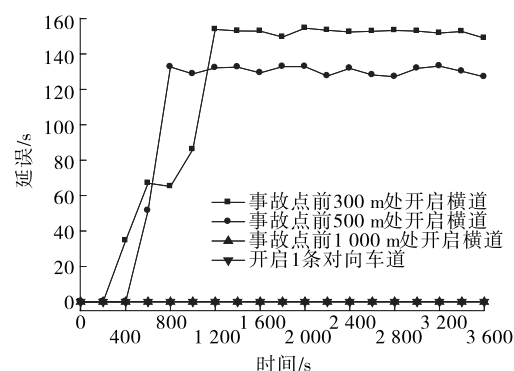


图11 开启横道对车辆延误的影响

从图10、图11可看出:在事故点前300 m处开启车行横向通道时车辆平均排队长度和延误都较大;在事故点前500 m处开启车行横向通道时车辆平均排队长度波动较大,平均延误也较大;在事故点前1 000 m处开启车行横向通道或1条对向车道通行时车辆平均排队长度和延误都极小,基本为零。综合考虑,当隧道内发生事故时,在事故点前1 000 m处开启车行横向通道或1条对向车道疏散上游拥堵车辆的效果最佳。

## 5 结论

(1) 同时采取分流及限速措施的改善效果优于未采取任何措施及仅采取分流措施时的效果。当隧

道内发生小型交通事故时,在事故点前 100 m 处开始分流并限速 50 km/h,可降低车辆平均排队长度和延误,大大提高道路通行能力。

(2) 当隧道中发生重大交通事故导致事故路段长时间不能通车时,在事故点前 1 000 m 处开启车行横向通道或 1 条对向车道来疏散事故点上游车辆,车辆平均排队长度和延误基本为零,效果极佳。

#### 参考文献:

- [1] 王少飞,柏立懂,王辉,等.再论公路隧道运营管理[J].公路,2014(10).
- [2] 崔德赛.承德地区高速公路隧道运行安全评价指标体系[J].交通世界:运输车辆,2015(7).
- [3] 郭洪波,廖军洪,郭零,等.安全评价在我国山区高速公路运营期的应用研究[J].公路,2016(3).
- [4] 胡雁宾.城市快速路突发事件应急交通疏散方法研究[D].长春:吉林大学,2017.
- [5] 江治东,刘国盼,宋超.高速公路隧道入口路段驾驶人视觉注意转移规律研究[J].公路交通技术,2016(1).
- [6] 余剑锋,张金杰,张兵,等.基于 VISSIM 的高速公路隧道交通事故影响仿真分析[J].西部交通科技,2017(3).
- [7] 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).
- [8] Bains M S, Bhardwaj A, Arkatkar S, et al. Effect of

speed limit compliance on roadway capacity of Indian expressways[J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2013, 104(3).

- [9] 陈昊,陆建.基于 VISSIM 仿真的高速公路事故交通影响[J].长安大学学报:自然科学版,2015,35(增刊 1).
- [10] 胡泽超,朱颖昱.基于模糊层次综合分析的公路隧道运营安全评价[J].公路与汽运,2013(1).
- [11] 陈桂福.福建山区高速公路隧道行车安全研究[D].福州:福建农林大学,2014.
- [12] 余剑锋,张金杰,张兵,等.基于 VISSIM 的高速公路隧道交通事故影响仿真分析[J].西部交通科技,2017(3).
- [13] 杨明举.公路隧道事故及安全规范初探[A].运营安全与节能环保的隧道及地下空间暨交通基础设施建设第四届全国学术研讨会论文集[C].2013.
- [14] 程学庆,田芳铭,鞠蕾,等.基于 VISSIM 的交通事件检测仿真及数据处理[J].武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2012,36(1).
- [15] 哈元元.跨省界公路隧道管理运营模式及救援预案研究与设计[D].西安:长安大学,2017.
- [16] 曾海军.基于运营服务总线的城市轨道交通施工管理和安全控制策略[D].南京:东南大学,2017.

收稿日期:2018-05-05

\*\*\*\*\*

(上接第 41 页)

#### 参考文献:

- [1] 丁磊,田晓楠,于淼.旧城区复杂道路交叉口改造交通详细设计方法研究[J].城市道桥与防洪,2018(3).
- [2] 付乐,段悦明,程昊,等.旧城区道路系统现状研究:以北京市西城区为例[J].建筑与文化,2017(12).
- [3] 张健照.城市交通分析及综合治理:以江门市新会主城区为例[J].低碳世界,2017(9).
- [4] 姚新涛,曾坚.生态化导向下的旧城区微改造策略[J].建筑节能,2016,44(12).
- [5] 黄华森.中小城市交通问题及对策:以赤壁市为例[J].中华建设,2016(5).
- [6] 吴盼峰.治理中心城区交通拥堵的规划思路[J].特区实践与理论,2016(3).
- [7] 李涵,刘鑫垚,王晶.重庆区县城市交通发展趋势及对策[J].公路与汽运,2015(4).
- [8] 王月玥,翁剑成,荣建.中小城市旧城区交通组织优化

设计:以承德为例[J].交通信息与安全,2013,31(6).

- [9] 朱兴林,范朋朋,饶彪.乌鲁木齐市主城区停车现状及需求预测[J].公路与汽运,2017(2).
- [10] 姬利娜.云南省中小城市道路交通安全管理研究[D].昆明:昆明理工大学,2009.
- [11] 孙凤伟.中小城市城区道路交通环境问题及其解决对策[J].中小企业管理与科技:下旬刊,2010(8).
- [12] 阮国胜.中小城市道路交通改善的若干思考:以浙江省瑞安市为例[J].公安学刊:浙江警察学院学报,2013(6).
- [13] JTG D81-2017,公路交通安全设施设计规范[S].
- [14] DBJ/T13-149-2012,福建省城市道路养护作业安全设施设置技术规程[S].
- [15] 李樱,刘兆强.基于三规合一的常规公交车场布局探讨:以广州市为例[J].公路与汽运,2018(1).
- [16] 敖谷昌,胡光明.中小城市旧城区道路交通改造的问题与对策[J].中国自然科学,2003,1(1).

收稿日期:2018-06-30