

文章编号:1671-8879(2007)01-0050-04

公路隧道交通疏散策略

赵忠杰¹, 丁 恒², 田 梅¹

(1. 长安大学 信息工程学院, 陕西 西安 710064; 2. 合肥工业大学 机械与汽车工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘 要:针对公路隧道环境特殊、事故率高、救援困难的特点,合理地将隧道划分为若干个区域,设置相应的疏散引导信号;分析了在不同区域发生不同程度事故时的疏散路径、对应的信号状态,以及为避免横洞疏散车辆与主洞直行车辆发生冲突,确定开启疏散引导信号时间的计算公式;讨论了该公式中阈值的设定、数值的比较和利用比较结果确定疏散引导策略的方法;给出了公路隧道不同类型事故交通疏散的策略,并进行了模拟实验,结果表明控制与诱导效果良好。

关键词:交通工程;公路隧道;疏散策略;诱导;控制;事故

中图分类号:U459.2; U491 **文献标志码:**A

Strategy of dispersing disaster in highway tunnel

ZHAO Zhong-jie¹, DING Heng², TIAN Mei¹

(1. School of Information Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. School of Mechanical and Automotive Engineering, Hefei of Technology University, Hefei 230009, Anhui, China)

Abstract: The environment in highway tunnel has special characteristics. The occurring rate of accidents in highway tunnel is very high, and it is difficult to rescue the accidents. In order to speed up the rescue efficiency, the highway tunnel is divided into different kinds of parts according to their environment characteristics. At each part, the corresponding signal facilities for guiding traffic are equipped. The algorithm of signal is presented to determine the route of guiding traffic and signal state. So the conflict of guiding traffic with the normal traffic can be prevented, and the guiding strategy can be given. The guiding strategy is simulated in an actual highway tunnel. The results show that this guiding strategy has a good controlling and inducing effect. 1 fig, 12 refs.

Key words: traffic engineering; highway tunnel; disperse tactics; inducing; control; accident

0 引 言

公路隧道空间狭窄,光线条件差,空气质量低劣,环境噪音大,比正常路段更容易发生事故^[1-2]。因迂回空间有限,隧道内的事故处理比较困难,中断交通时间较长;若发生火灾或重大交通事故,危险性更大,疏散和救援更加困难^[3]。如何在灾害发生时,

给司乘人员提供逃生信息,尽可能地减少灾害带来的损失,就需要事先制定预案,即救灾疏散策略。在隧道一旦发生灾害时,可根据事故点位置和程度及时启动预案,根据救灾疏散策略进行交通诱导与控制,利用车行横洞和人行横洞尽快地疏散洞内的车辆和人员,防止二次事故的发生,减少人员伤亡和财产损失,营造安全、舒适、畅通的交通环境,提高运营

管理水平^[4-5]。

1 设施布设

山西省薛公岭隧道长 2.1 km,设有 3 个人行横洞和 2 个车行横洞,双洞单向双车道通行。

布设的交通诱导与控制设施主要有:车道指示器、可变信息板、可变限速标志、紧急出口标志和车

辆检测器等。隧道左右洞均在入口、车行横洞、出口处各设交通信号灯一组,其中车行横洞处的信号灯设有左转指示灯,以控制和引导车辆通过横洞疏散;在车行横洞处设置可变情报板,用于提供灾情信息、解释禁止直行或左转进入横洞的原因以及通行规则等。为便于分析,把隧道以两个车行横洞为界分成①、②、③、④、⑤、⑥区,共 6 个区域,如图 1 所示。

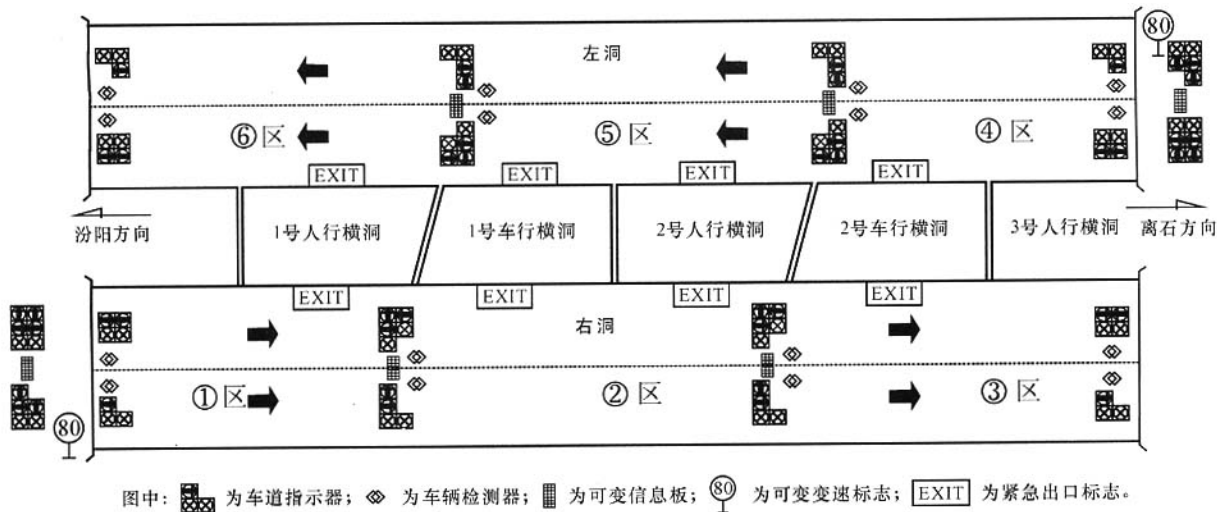


图 1 隧道诱导设施布设

2 诱导策略分析

在隧道正常运行情况下,发生事故的时间和地点具有随机性,由于事故发生地点和程度的不同,对洞内车辆和人员的疏散策略也不相同。如果是一般事故仅作交通限制,快速处理并恢复交通,不执行救灾疏散程序。只有在发生重大事故时控制系统才进入救灾疏散程序,执行救灾疏散预案。对不同的事故点,可变情报板发出不同的告警信息,交通信号灯实施不同的引导,应用不同的方案疏散。本文以单次单点事故进行讨论^[6-8]。

2.1 ①区事故

事故发生在右洞①区时,不需要通过车行横洞引导车辆。右洞洞口信号灯禁止车辆进入,洞内信号灯引导事故点下游车辆继续行驶,迅速驶出隧道。同时开启 1 号人行横洞,由紧急出口标志引导已经进入隧道且在事故点上游的人员通过隧道入口或 1 号人行横洞疏散。若救援时间较长,隧道左洞可实施双向运行,右洞关闭进行事故处理和救援工作。隧道右洞入口处可变信息板显示“前方事故,请耐心等待”等信息;若左洞实行双向行驶,右洞入口可变信息板显示“前方事故,绕左洞通过”等信息。设在隧道左洞入口的可变信息板显示“前方隧道双向通

行,请勿超车”等信息,可变限速标志显示限速信息。

2.2 ②区事故

事故发生在右洞②区时,隧道左右洞入口交通信号灯均禁止车辆进入,关闭左洞的目的是为右洞通过车行横洞疏散车辆做准备。右洞内信号灯引导事故点下游车辆继续行驶。同时,开启 1 号车行横洞,诱导右洞事故点上游受阻车辆左拐到左洞,从左洞口驶离隧道。进入隧道的大型车辆,由于转弯半径过大,在通过 1 号车行横洞进入左洞时将与左洞 1 号车行横洞上游的车辆发生冲突,必须清空左洞 1 号车行横洞上游的所有车辆。这就需要有一个等待时间 T ,并设定一个阈值 h ,将 T 与 $\min[(t-t_1),h]$ 进行比较,结果记为 R 。若 R 为小于号($T<\min[(t-t_1),h]$),右洞 1 号车行横洞上游车辆禁止前行,等到左洞车辆已全部到达 1 号车行横洞下游,1 号车行横洞开启,2 号人行横洞开启,诱导受阻车辆经 1 号车行横洞进入左洞驶离隧道;若 R 为大于号,立即诱导右洞受阻车辆经 1 号车行横洞进入左洞驶离隧道,同时开启 1 号和 2 号人行横洞,引导人员疏散,直到右洞内车辆疏散完毕,左洞可双向运行,同时右洞关闭进行事故处理和救援工作。右洞入口处可变信息板显示交通信息“前方事故,请耐心等待”;若左洞双向运行,靠近②区后方的可变信息板显示“前方

事故,绕左洞通过”等信息。设在隧道左洞入口的可变信息板显示“前方隧道双向通行,请勿超车”等信息,可变限速标志显示限速信息^[9-12]。

2.3 ③区事故

事故发生在右洞③区时,隧道左右洞入口交通信号灯均禁止车辆进入,右洞内信号灯引导事故点下游车辆继续行驶。同时,需要开启1号车行横洞和2号车行横洞,对右洞事故点上游受阻车辆进行诱导,从左洞驶离隧道。这里由于需要开启2个车行横洞,就要考虑2个等待时间,分别记为 T_1 、 T_2 ,由于2号车行横洞距离左洞口的距离比1号车行横洞距离左洞口的距离近,所以 $T_2 < T_1$,显然应先对②区内的车辆进行诱导。这时关闭1号车行横洞指示器,禁止上游受阻车辆左拐进入1号车行横洞。2号车行横洞指示器开启,使③区事故点上游受阻车辆通过2号车行横洞进入左洞驶离隧道,同时开启1号、2号和3号人行横洞,引导人员疏散。等到这些受阻车辆全部疏散完毕,再开启1号车行横洞对右洞剩余受阻车辆进行疏散。当左右洞所有车辆疏散完毕之后,左洞入口交通信号灯允许车辆进入,并可双向运行,设在入口的可变信息板显示“前方隧道双向通行,请勿超车”等信息,可变限速标志显示限速信息;右洞关闭进行事故处理和救援工作,入口处可变信息板显示交通信息“前方事故,请绕左洞通过”。

左洞④、⑤、⑥区的事故疏散策略分别与右洞①、②、③区相同。

3 执行时间的确定

在对事故疏散策略进行分析时,提到了等待时间 T ,其计算过程为设定一阈值 h (建议取值54~65 s),比较等待时间 T 与 $\min[(t-t_1), h]$ 大小。

其中等待时间

$$T = \frac{L - L_1 + d_1}{\bar{V}_s} - \left[\frac{M + W/2\sin\beta}{V'} + \frac{\pi r(\alpha + \beta)/180^\circ + L_{\text{lane}}}{V''} \right] + t_f + t_t + t_d \quad (1)$$

式中: L 为诱导车辆方向行车线入口距离诱导车行横洞长度(m); L_1 为诱导目标行车线超车道最后一辆进洞车辆距入口距离(m); d_1 为车身平均长度(m); \bar{V}_s 为区间平均车速(m/s); M 为诱导车行横洞长度(m); W 为隧道车道总宽度(m); r 为车辆转弯半径(m); β 为车辆经车行横洞入口时的转弯角(°); α 为车辆经车行横洞出口时的转弯角(°); L_{lane} 为车行横洞入口车辆排队长度(m); V' 为诱导车辆经车

行横洞时平均车速(m/s); V'' 为车辆转弯速度(m/s); t_f 为反应时间(建议取:判断时间1.5 s+反应时间1.0 s); t_t 为信号传输时间(s); t_d 为信息处理时间(s)。

式(1)中 d_1 一般不超10 m,相比 L 可忽略不计; t_t 、 t_d 单位均在毫秒级,可以忽略不计; t_f 取2.5 s替换后式(1)可简化为

$$T = \frac{L - L_1}{\bar{V}_s} - \left[\frac{M + W/2\sin\beta}{V'} + \frac{\pi r(\alpha + \beta)/180^\circ + L_{\text{lane}}}{V''} \right] + 2.5 \quad (2)$$

比较结果

$$R = \text{CMP}\{T, \min[(t - t_1), h]\} \quad (3)$$

式中: R 为比较结果;CMP为区域控制器比较符号; t 为火灾点距离诱导车行横洞扩散时间(非火灾事故取值 $+\infty$); t_1 为驾驶员心理所能承受的最短火灾时间(发生火灾时建议取值2~3 s,非火灾事故为0); h 为设定阈值。

4 单点事故诱导策略

公路隧道单点事故诱导方案根据事故点上游是否有车行横洞而有所不同。

(1)有车行横洞。首先通过交通信号灯关闭双洞,事故点下游车辆继续前行,然后利用式(2)、式(3)判断 R 。若 R 为小于号,等待无事故洞内车辆全部诱导到行车横洞处,车道指示器诱导事故点上游车辆左拐经车行横洞进入另一隧道驶离;若 R 为大于号,应在不给等待时间状态下直接诱导事故点上游车辆左拐,待事故洞内车辆诱导完毕,将其关闭。另一洞改为双向运行。人行横洞根据实际需要开启,引导人员疏散。洞内可变信息标志显示当前运行信息,诱导车辆驶离隧道。洞外可变信息标志可提示等候车辆当前事故信息。

(2)若无车行横洞,表明事故点距离隧道入口较近。首先通过交通信号灯关闭双洞,只需要开启事故点附近的人行横洞供人员逃生,关闭事故洞入口,事故点下游车辆继续前行,交通信号灯根据行车需要关闭事故隧道。洞内可变信息标志显示当前的事故信息,帮助诱导车辆驶离隧道。洞外可变信息标志提示给等候车辆当前事故信息。

5 结 语

(1)以实际工程为例,合理地将隧道划分为若干个区域,并科学的设置交通诱导与控制设施。

(2)结合公路隧道运营环境,对隧道单点事故进行归类,讨论不同情况下的疏散方案,给出为避免横洞疏散车辆与主洞直行车辆发生冲突,确定等待时间 T 的计算公式。

(3)通过设定阈值 h ,比较等待时间 T 与 $\min[(t-t_1),h]$ 的大小,利用比较结果确定疏散引导策略的方法。

(4)总结出不同类型单点事故疏散的一般规律,通过模拟实验,表明该策略控制与诱导效果良好。

参考文献:

References:

- [1] 丁恒.高速公路隧道交通诱导与控制策略研究及系统实现[D].西安:长安大学,2005.
- [2] 陆懋成,王梦恕,刘维宁.双向行车公路隧道的通风及防灾研究[J].现代隧道技术,2003,40(5):67-69.
LU Mao-cheng, WANG Meng-shu, LIU Wei-ning. Study on the ventilation and disasters prevention for a two-diredion road tunnel[J]. Journal of Modern Tunneling Technology, 2003, 40(5): 67-69.
- [3] 丹尼尔 L 鸠洛夫,马休 J 休伯.交通流理论[M].任福田,冉秋生,蒋璜,等,译.北京:人民交通出版社,1983.
- [4] JTJ 026-90,公路隧道设计规范[S].
- [5] 陈立道,王锦,吴小宇.道路隧道火灾预防与控制研究[J].地下空间,2003,23(1):72-74.
CHEN Li-dao, WANG Jin, WU Xiao-yu. Study on prevention and control of fire in highway tunnel[J]. Underground Space, 2003, 23(1): 72-74.
- [6] 李亚峰,马学文,张恒.建筑消防技术与设计[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [7] 姜桂艳,温慧敏,杨兆升.高速公路交通事件自动检测系统与算法设计[J].交通运输工程学报,2001,1(1):77-81.
- [8] 戴国平,田沛哲,夏永旭.二郎山公路隧道火灾通风对策[J].长安大学学报:自然科学版,2002,22(6):42-45.
DAI Guo-ping, TIAN Pei-zhe, XIA Yong-xu. Ventilation scheme at fire in Er Lang Shan highway tunnel[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2002, 22(6): 42-45.
- [9] 夏永旭,赵峰.特长公路隧道纵向-半横向混合通风设计研究[J].中国公路学报,2005,18(3):80-83.
XIA Yong-xu, ZHAO Feng. Research on the combined longitudinal and semi-transverce ventilation system in lengthy highway tunnels[J]. China Journal of Highway and Transport, 2005, 18(3): 80-83.
- [10] 杨兆升.城市交通诱导系统理论与模型[M].北京:人民交通出版社,2000.
- [11] 王晋国,王卫亚,田丰,等.智能车载导航系统[J].交通运输工程学报,2005,5(2):106-109.
WANG Jin-guo, WANG Wei-ya, TIAN Feng, et al. Vehicle device system of intelligent guiding[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2005, 5(2): 106-109.
- [12] 牛永亮,王金妹.物流配送车辆路线求解算法[J].交通运输工程学报,2006,6(2):83-87.
NIU Yong-liang, WANG Jin-mei. Vehicle route algorithm of beistics distribution[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2006, 6(2): 83-87.

欢迎订阅 2007 年《地球科学与环境学报》

《地球科学与环境学报》(1979年创刊,刊名先后为《西安地质学院学报》、《西安工程学院学报》、《长安大学学报》(地球科学版))是教育部主管、长安大学主办的地学综合类学术期刊,系中国科技核心期刊,其先后被《美国化学文摘》、《美国地质学题录与索引》、《俄罗斯文摘杂志》、《中国核心期刊(遴选)数据库》、《中国科学引文数据库》、《中国地质文摘》、《中国石油文摘》等国内外十余家著名权威文摘或数据库固定收录。

本刊刊登内容主要有基础地质与矿产地质、水文地质与工程地质、环境地质与生态地质、地球物理、地球信息科学等,重点报道地学前缘及交叉学科的高水平科技成果,突出西部大开发中资源勘查、干旱与半干旱地区地质与生态环境保护以及国家重要基础工程建设中重大地质科技问题。

《地球科学与环境学报》为季刊,每季末出版,A4开本,112页,每册定价8元,邮发代号52-280,国外代号Q4115。

本刊地址:西安市雁塔路南段126号长安大学雁塔校区

邮政编码:710054

电话:(029)82339978;

E-mail:dkyhxb@chd.edu.cn