

高速公路隧道交通安全保障系统的研究

尚荣丽, 张生瑞

(长安大学 西安市 710064)

摘 要: 高速公路隧道交通安全保障系统是一个复杂的动态系统, 是对隧道交通安全运行环境的优化, 以减少交通事故发生的可能性以及减轻事故的严重程度, 提高道路服务水平, 保证高速公路隧道的安全行车。本文以京珠高速公路韶关段隧道为例, 对高速公路隧道交通事故特点进行分析, 并根据人机工程学原理, 探讨高速公路的交通事故的致因因素, 提出了高速公路隧道交通安全保障系统的设计思路, 然后从人性化和可持续发展的角度出发, 建立了以静态管理和动态管理相结合的高速公路隧道交通安全保障系统, 并探讨了其运作模式, 最后分析了该交通安全保障系统的关键技术, 以保障高速公路隧道的安全运营的可靠性、先进性、实时性、可用性以及高效性。

关键词: 隧道; 运行环境; 交通事故; 交通安全保障

随着我国高速公路的快速发展, 长隧道和特长隧道也越来越多, 隧道由于其呈隐蔽带状的结构特点, 给交通行车环境带来了一系列的变化, 特别是处于高速公路大交通量路段的长大隧道, 安全形势十分严峻, 曾因为安全问题造成了极大的损失。国内外许多研究者从隧道设计方面^[1,2], 如土建工程、隧道结构、洞内设施等方面; 也有从隧道运营管理方面^[3,4], 如自动监控系统、环境监测系统和智能化管理等; 或者从交通安全管理^[5]等方面, 考虑隧道的交通安全问题, 目的是减少隧道交通事故的发生, 也取得了一定的效果。但目前的研究很少从交通安全保障方面研究减少和预防高速公路隧道交通事故的发生。所以, 为了保证高速公路隧道营运的可靠性和高效性, 本文探讨了导致交通事故的不安全因素, 并结合高速公路隧道的特点, 从隧道的通风、照明、消防、交通监控、安全设施和安全管理等方面考虑, 建立以静态管理和动态管理相结合的高速公路隧道交通保障系统, 对保证系统功能完善正常和车辆安全行驶, 具有重要的现实意义。

1 高速公路隧道交通事故特点分析

高速公路隧道交通较其他道路交通具有特殊的运行环境, 具有封闭性强、噪音大、能见度低, 光过渡等特点。尽管高速公路隧道也考虑了通风、照明、事故报警和交通诱导等系统, 但隧道交通事故还是屡

屡发生。而且, 一旦隧道里发生事故, 其后果要比发生在地面上的严重得多。特别是火灾, 由于封闭的空间妨碍热和烟雾的扩散, 其后果极具灾难性。再者是洞内外亮度差异较大, 针对驾驶员容易产生黑洞效应, 再加上空间的约束和压抑, 心理发生变化, 出现交通事故的概率大大增加。第三, 隧道内车辆排放的尾气在封闭空间得不到扩散和稀释, 有害污染物不断积聚使洞内空气严重污染, 不但对人的身体健康产生伤害, 而且使隧道能见度降低, 引发交通事故。所以, 高速公路隧道交通事故也呈现一定的分布规律。

以京珠高速公路韶关段隧道为例, 它地处山岭重丘区, 是广东省和内陆地区的交通要塞, 交通量大。全路段含长隧道 3 座(宝林山、大宝山、靠椅山隧道), 短隧道 1 座(五龙岭隧道)。该地区处于华南多雨区, 雷、雨、雾天气较多, 是事故多发隐患区。据 2003 年事故统计资料, 发生事故合计 340 起, 死伤人数共计 126 人, 其中死亡人数共 15 人, 受伤人数共 111 人, 损坏车辆共计 201 辆。目前, 隧道内的通风、照明设施没有达到预期的效果, 隧道群内安装的交通信息采集系统尚未对隧道运行状况进行科学和客观的评价, 没有发挥应有的效能; 而且隧道中没有安装专门的防噪设施, 对维修人员及司乘人员不利, 随着交通量的进一步增加, 这种现象将会进一步恶化, 所以有必要采取一定的措施。据统计分析, 本路段发生的事故有以下特点。

(1)时间特点:夜间交通事故发生率要比白天略多一些(京珠高速公路韶关段隧道白天和夜间发生的交通事故分别占全天平均统计事故的39.7%和60.3%)。而且交通事故发生有2个高峰时间段分别为:4:00~6:00、16:00~18:00,即黎明和黄昏时分的事故率偏高。

(2)空间特点:事故多发生在长隧道内,而且隧道内的事故既非均匀分布,也非随机分布,而主要集中在隧道出入口附近,尤其在入口200~400 m路段内发生的事故占的比例较大;本路段4座隧道,其中长度较短的五龙岭隧道,事故发生较少,而其余较长的隧道发生事故较多。

(3)事故成因特点:引发交通事故的原因是多种多样的,包含了人、车、路、环境等各方面的因素。从初步整理的情况来看,在所有的事故原因中以人和车的因素较为突出。据本路段的统计资料表明,在所有原因中,紧急避让所占比例最高,约占总数的34%,其次是机械故障,约占总数的24%。

(4)车型特点:发生交通事故的车型以大货车为主,本路段大货车约占总数的66%;其次为小型车,约占总数的20%。从实际调查来看,本条路段的运行车辆以大货车为主,小型车次之。

2 高速公路隧道交通安全保障系统的设计思路

2.1 高速公路隧道交通事故致因分析

根据高速公路隧道的交通事故特点,为了预防事故的发生,必须弄清事故发生的原因——事故致因因素。通过消除、控制致因因素,以防止事故的发生。高速公路隧道交通事故致因机理非常复杂,但依据人机工程学原理,运用人一机一环境系统安全性分析方法,从控制事故原因的角度分析,可以将高速公路隧道交通事故表示为人、车辆、道路和环境四大致因因素的多元联合效用函数。高速公路隧道交通事故是人、车、道路和环境等致因因素交互作用的结果,是多因素联合效应的产物。然而,高速公路隧道交通系统交通安全管理及事故发生机理也是高速公路隧道交通事故发生与否的关键因素。因此,高速公路隧道交通事故致因有人、车、道路、环境、管理等五方面,而事故发生机理是触发因子。

(1)人的致因因素主要指驾驶员生理、心理、技术经验、交通行为等,包括超速行驶、疲劳驾驶、违章装载、疏忽大意、行车间距小等。根据事故发生的时间特点,夜间驾驶员放松警惕,易开快车,违章超车,从而

夜间交通事故发生率要比白天多;此外,夜间、黎明以及黄昏时刻驾驶员易产生疲劳,加上光线暗淡,致使驾驶员视力降到最低,所以黎明和黄昏事故率偏高。

(2)车辆的致因因素主要指车辆技术性能差、带病车辆上路以及突发的机械故障等,从而导致了事故发生的成因特点和车型特点。而且,车辆不安全状态会引发人的不安全行为,所以应该不断弥补驾驶作业空间人机工程学设计上的缺陷。

(3)道路的致因因素主要指道路几何线形差、路面抗滑性不好等,容易形成事故黑点,造成多起事故的发生。

(4)环境的致因因素主要指行车交通环境差、交通设施不完善、以及周围景观不协调等方面的因素。例如:隧道内环境照度低,故行车能见度差;环境噪声大(包括洞壁的反射),影响驾驶人员的正常思维判断和反应能力;洞内一氧化碳和烟雾浓度大,易发生火灾。

(5)管理的致因因素主要指由于管理方面的缺陷和责任,导致高速公路交通事故的发生。主要包括技术管理的缺陷,对驾驶员管理的缺陷,交通安全管理和控制、安全监察、检查以及交通事故防范措施存在缺陷。而且,管理方面的缺陷对人、车、路和环境方面的致因因素均起着激发的作用。

为了研究方便起见,这里将车辆和道路的致因因素统称为物的因素。根据上述分析,可以将交通事故的直接原因确定为人的不安全行为、物和环境的不安全状态,间接原因为高速公路隧道交通安全管理失误和管理缺陷。

2.2 高速公路隧道交通安全保障系统的设计思路

通过对高速公路隧道交通事故致因因素的分析,可知:导致交通事故发生的不安全因素有人的不安全行为、物的不安全状态、环境的不安全条件及管理方面的缺陷等四类。因此,要保障高速公路的安全运行,就需要消除导致事故发生的这些不安全因素。

(1)消除人的不安全因素。

病理因素主要通过体检发现,生理因素主要通过科学管理解决,心理因素主要通过训练制度解决,知识方面的因素主要通过培训解决。因此,应该加强驾驶员的交通安全教育,增进驾驶员对高速公路基本知识的了解,提高驾驶员的素质,以避免由于驾驶员的操作不当、疲劳驾驶等造成的交通事故的发生。

(2)消除物的不安全因素。

加强车辆维护,特别是车轮、制动装置、转向装置的安全检查,确保在高速公路上的行车车辆技术

状况良好,以避免由于车辆爆胎、机械故障或方向失控等造成的交通事故发生。加强道路的养护工作,对路面、路基及附属设施等损坏部位及时维修,提高隧道路面摩擦系数,缩短车辆制动距离,预防车辆打滑。以保证车辆和道路处于安全运行状态。

(3)消除环境的不安全因素。

解决隧道进出口处人眼和心理不适应问题,保证良好的通风照明条件;不断完善交通工程设施和隧道运营管理系统,给驾驶员创造一个良好的行驶环境。

(4)消除管理的不安全因素。

不断完善高速公路隧道交通安全管理制度,减少交通事故的发生;加强交通安全教育宣传工作,提高驾驶员的素质;保证良好的交通安全检测系统,预防火灾等交通事故的发生。

消除了人、物、环境和管理的的社会安全因素,则为高速公路隧道交通安全运营奠定了理论基础。

3 高速公路隧道交通安全保障体系的建立

高速公路隧道交通安全系统是一个由人、车、路和环境组成的一个复杂的动态系统,人、车、路三个因素在整个交通安全系统中不仅相互依赖、共同作用,而且互相协调、相互补充。当系统的协调出现问题时,就会引发交通事故,而且引发的事故与隧道的通风、照明以及隧道内运行环境等有很大关系。因此,为了减少事故发生的可能性和减轻事故引起的后果,需要建立一个交通安全保障体系来消除引发隧道交通事故发生的不安全因素,确保隧道内的安全运行。由于隧道边墙效应、明暗适应性和封闭性等结构特点,以及特殊的交通运行环境,可知:其安全保障体系应该主要从隧道的通风、照明、消防、交通监控、安全设施和安全管理等方考虑,建立高速公路隧道交通保障体系,如图 1 所示。

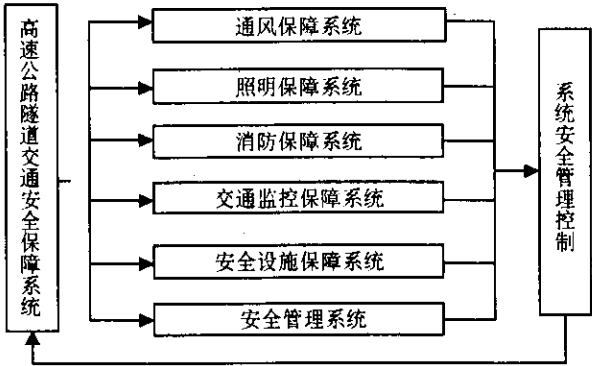


图 1 高速公路隧道交通安全保障体系

(1)通风子系统包括能见度检测、风速检测、风机控制。使隧道内具有良好的通风性,从而使隧道内的污染物浓度不超过安全行车的容许浓度,提高能见度,保证隧道内的安全行车。

(2)照明子系统包括应急电源、亮度检测、照明控制。保证隧道内安全行车的基础照明,以及进出隧道时人眼适应光强变化的附加照明,消除由于洞内外亮度差异而产生的黑洞效应或黑框效应。

(3)消防子系统包括火灾检测、声光报警、灭火系统和设备监控诊断。能及时发现火灾源并发出警报,缩短应急反应时间,确保救援人员尽快到达现场,及时灭火和疏散隧道内的人和物,减少隧道火灾造成的危害。

(4)交通监控子系统包括可变信息板、交通信号灯、车辆检测器、CCTV 监视。实时掌握隧道出入口和隧道内的交通状况,并进行相应的交通组织和控制,保证隧道内良好的交通状况,以及交通设施的安全可靠性。

(5)安全设施系统包括基础设施、检测设施和指挥设施。完善交通标志、标线、防护设施及监控设施,优化隧道交通安全环境,它对减轻事故的严重程度,排除各种纵、横向干扰,提高道路服务水平,提供视线诱导,增强道路安全视野等都起重要的作用。

(6)安全管理子系统包括交通事故的统计分析、事故多发点的鉴别、事故处理方案、安全决策系统。对高速公路隧道交通危险性进行分析和研究,剔除可能出现事故隐患,保证行车安全的可靠性。

各个系统相互协调形成高速公路隧道交通安全保障体系,以确保高速公路隧道营运的可靠性、先进性、实时性、可用性以及高效性。

4 高速公路隧道交通安全保障系统的运作模式

高速公路隧道交通安全保障系统应以人为本、层层联保,变被动的安全管理对象为现代的安全管理动力;变静态安全管理为现代的安全动静结合的综合管理。首先,系统主机经通信电缆对外围设备检测功能进行巡检,并接受各子系统检测数据;再结合闭路电视监视器实时显示的交通和环境的图像,将这些信息建立在空间数据库基础结构上,进行实时分析处理,传递给中央控制中心;中央控制中心判断运行状态(正常、事件、事故和火灾),并与各子系统进行交互、协调;最后做出控制解决方案,下达执行指令。如图 2 所示。

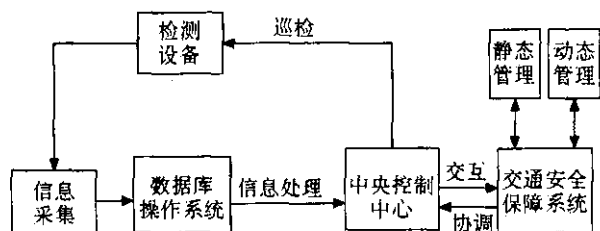


图2 高速公路隧道交通安全保障系统的运作模式

5 高速公路隧道交通安全保障系统的关键技术

高速公路隧道安全保障系统中消防保障系统更为重要。因此,该系统的重点是实现对设备和环境的自动实时监测和运行控制,这是确保隧道行车安全的首要选择。系统中各个监测系统主要由数据采集与监测子系统、检测数据库管理子系统、智能故障诊断专家系统等三部分组成。由于同时实现多项监测,为了保证运行状态实时巡回检测与故障诊断同时进行,故障诊断分两级进行。

(1)监测计算机进行实时在线故障检测,现场数据采集器将实时检测的数据或故障信号通过通讯网络传送给监测计算机,在屏幕上动态显示各设备运行状态,并将检测信号与主要运行数据同时存入服务器中的检测管理数据库与动态综合数据库。

(2)管理计算机可同步进行故障诊断分析,管理计算机从服务器的数据库中读出检测数据,专家系统根据检测数据及设备运行知识库,由推理机进行故障诊断及故障原因分析,提出故障处理策略。

6 结语

高等级公路的线形技术指标要求比较高,当其进入山区或重丘区时,就不可避免地需要采用隧道来穿山越岭。隧道能有效地改善高等公路的路线技术指标,并能缩短公路里程和行车时间,提高了运营效益。但也不可避免地带来了许多交通安全隐患,导致了大量的交通事故及特大事故的发生。为了增强事故处理的实时性,安全运行的可靠性,本文以消除导致交通事故的不安全因素的思想,结合高速公路隧道的特点,建立高速公路隧道交通安全保障系统,它是将系统集成、人工智能、数据库等相关技术与现有系统相结合,实现事故的自动监测、报警,以人机交互方式为决策者提供事故处理方案。在一定程度上减少事故的发生及减轻事故的危害程度,从而指导交通安全管理工作,保证良好的隧道营运环境,具有重要的现实意义。

参考文献:

- [1] 张进华. 高速公路隧道设计与交通安全[J]. 中南公路工程, 1998, (2).
- [2] 李晓春, 等. 浅谈隧道机电工程[J]. 公路, 2000, (1).
- [3] 赵湘茹, 等. 高速公路隧道运营管理初探[J]. 山西交通科技, 2003, (2).
- [4] 韩直. 公路隧道交通监控系统[J]. 中国交通工程, 1996, (1).
- [5] 刘志强, 等. 道路交通安全工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.

A Study on Tunnel Traffic Security System of Expressway

SHANG Rong-li, ZHANG Sheng-rui

(Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: The tunnel traffic security system of expressway is a complicated dynamic system, which is to the optimization of the traffic safety running environment of the tunnel, in order to reduce the possibility of the traffic accident and lighten the severity of it, to improve the service level of the road, and to guarantee the safety of the tunnel. Taking the tunnel of Shao-Guan Sections of the Jing-Zhu Expressway as an example, the traffic accident characteristics are analyzed. According to the principle of man-machine engineering, the reasons of the traffic accidents are discussed, and the design of the tunnel traffic security system is put forward. Then, in terms of humanization and sustainable development, the security system combining dynamic management with static management is set up, and its running mode is probed, then the key technology of the system is analyzed in order to ensure the dependability, advance, real-time character, usability and high efficiency.

Key words: tunnel; running environment; traffic accident; traffic security