

2006 年公路隧道运营管理与安全
国际学术会议

论文集

世界道路协会隧道专业技术委员会
中国公路学会隧道工程分会
重庆交通科研设计院

重庆大学出版社

序 言

随着高速公路的快速发展,我国隧道建设取得了显著成绩。截至 2005 年底,全国已建成公路隧道 2 889 处、152.70 万 m。目前已建和在建的 3 km 以上特长公路隧道 111 座,5 km 以上特长公路隧道 32 座,最长的秦岭终南山公路隧道长 18.02 km。

在公路隧道快速发展的形势下,公路隧道的营运管理及营运安全也随之成为非常重要和值得关注的问题。为了提高管理水平,保证安全运营,发挥公路隧道设施的效益和作用,中国公路学会隧道工程分会联合世界道路协会隧道专业技术委员会于今年 10 月在重庆召开“公路隧道运营管理与安全”国际学术会议。这为国内外同行提供了学习交流的机会,为了解世界公路隧道运营管理先进理念、技术和经验提供了平台。

学术会议得到了广大同行的积极响应,来自国内外的 58 篇相关论文被收入论文集。这些论文既有论述深入的理论文章,又有理论结合实践的成功工程实例,内容丰富,集中体现了近年来国内外的研究成果、先进技术和经验。公路隧道界广大科技工作者和管理者应把论文作为重要的参考资料认真阅读,以提高我国公路隧道的技术和管理水平。

中国公路学会理事长



2006 年 9 月 15 日

目 录

第 1 篇 运营管理

高等级公路隧道运营管理策略	马俊峰(3)
成渝高速公路隧道运营管理工作实践与探讨	刘先明 易定瑜 吴志辉(10)
以营运管理为导向的公路隧道交通工程设计研究	段国钦 张劲文(17)
降低公路隧道的运营成本——PIARC 1999	国际道路会议常设委员会(24)
公路隧道安全等级研究	夏永旭 王永东 邓念兵 赵 峰(27)
公路隧道交通安全设施的若干问题探讨	简晓春 刘胜洪(32)
快速自动事故探测:改进公路隧道安全的视频图像处理系统	Stijn Vandebuerie Ken Zhang Traficon(37)
高速公路隧道群交通运行环境质量体系建设的研究	段国钦 王安生(41)
公路隧道安全工作的全过程	孔祥金 张建功(49)
隧道露石混凝土路面	韩 森 陈海峰 张东省 朱金行(53)
单体特长公路隧道联动控制技术方案研究	李祖伟 方 勇 何 川 王明年 金朝辉(58)
长大隧道智能监控方案研究	李钊彤 颜静仪(65)
法国公路隧道设备的现代化维护	Jean-Claude MARTIN(71)
公路隧道多源信息融合技术研究	杨志忠 喻小红 赵怀鑫 许宏科(80)
高速公路隧道交通流参数分析及预测	刘 伟 王晓雯 向红燕(85)

第 2 篇 防 灾

厦门东通道海底隧道防火技术研究	刘 伟 曾 超 涂 耘 黄红元(93)
Runehamar 试验隧道——隧道技术与开发及足尺试验的需要	Harald Buvik(101)
西华岭隧道火灾疏散救援通道参数研究	李伟平 吴德兴 杨 健(104)
乌池坝特长公路隧道消防与防灾救援设计	陈光明 胡益华 陈 璋(111)
雪峰山特长公路隧道火灾时人员疏散风险性评估	彭立敏 安永林 杨高尚(120)
铁峰山 2 号隧道防灾救援通风模拟研究	张太雄 曾艳华 何 川(125)
运用安全系统工程研究秦岭终南山特长公路隧道火灾事故	于 征(132)
秦岭终南山特长公路隧道应急预案编制方法研究	魏 聪 林德彬 刘 鹏(143)
控制火灾和烟雾的通风与防灾能力思考	涂 耘 陈建忠(152)
公路隧道火灾烟流滚退火烟浮羽流模型应用	陈建忠 王晓雯(159)
对单洞对向交通特长公路隧道防灾方案的思考	陈树汪 罗 斌(166)

隧道结构火灾损伤等级评定研究	周仁强	王明年	郭 春	(171)
隧道衬砌混凝土高温后物理力学性能试验研究	朱合华	闫治国	丁文其	(178)
特长公路隧道火灾探测器选型分析	郭 春	王明年	周仁强	赵 洋(184)
泡沫喷雾新技术在公路隧道消防中应用的探讨	孙继洋	颜静仪	谢 杉	(191)
隧道消防灭火系统的现状与应用	崔力明	李 剑	黄自元	刘 爽(198)

第 3 篇 通风与照明

苍岭特长公路隧道通风系统创新设计	吴德兴	李伟平	杨 健	(205)
单洞双向行驶鹧鸪山特长隧道运营通风控制方案研究	何 川	曾艳华		(212)
龙潭特长公路隧道营运通风方案比较	陈光明	陈 璋	胡益华	(219)
秦岭终南山公路隧道送排式纵向通风短道流态模型试验研究	谢永利	张素磊	李宁军	(227)
秦岭终南山公路隧道竖井底部中隔板模型试验研究	王立新	谢永利	李宁军	(235)
秦岭终南山公路隧道送排式纵向通风送风口导流板试验研究	谢永利	王立新	李宁军	(242)
秦岭终南山特长公路隧道洞口气象观测与分析	金文良	谢永利	李宁军	(248)
岩门界隧道全纵向通风应用实践	任 会	赵明华	周新斌	(255)
GZ45 线乌鞘岭地区特长公路隧道群通风方案研究	韩友续	唐学军	庞小冲	(261)
长大隧道纵向通风系统数学模型仿真研究	李国强	蔡晓峰	李建安	(268)
高速公路隧道纵向通风智能控制	翁小雄	朱学峰		(273)
隧道排送组合纵向通风计算公式的建立	吕康成	伍毅敏		(277)
特长公路隧道多竖井送排式通风方式的数值解析	郑国平	吴德兴	李伟平	项小强(286)
基于公路服务水平分级的隧道运营通风计算方法				屈志豪(293)
长大公路隧道通风网络仿真与应用研究	胡金平	谢永利	刘洪洲	王廷伯(301)
公路隧道送风道分岔处三维数值模拟	余 顺	李宁军	谢永利	(307)
交通风力自然通风作用原理探析	钟星灿	高慧翔	龚 波	(313)
公路隧道群通风控制节能技术研究			韩 直	(321)
连续毗邻隧道出口污染物的扩散影响研究	彭建康	曾艳华	何 川	(326)
双洞隧道出口污染物扩散对隔壁隧道进口的影响分析				
.....	杨玉容	何 川	曾艳华	范 磊(333)
公路隧道内空气污染物的扩散分析	简晓春	梁 丽		(338)
公路隧道照明节能技术研究			韩 直	(343)
公路隧道照明与交通安全	牟同升	虞建栋	王建平	(348)
电磁感应灯和高压钠灯在隧道照明的应用比较	黄 铮	吴昌华	陈文成	陈大华(354)
秦岭终南山特长公路隧道机电系统维护体系研究	徐 燕	魏 聪	于 征	(361)
黄鹤山隧道机电控制系统			李勇伟	(368)
公路隧道机电系统中的节能措施	刘相华	曹 力	程 刚	(375)

CONTENTS

1 Operation management

Strategies of operation management for highway tunnel	Ma Junfeng(3)
Practice and research on tunnel operation management of Chengdu-Chongqing freeway	
..... Liu Xianming Yi Dingyu Wu Zhihui(10)	
Study on traffic engineering design of road tunnel oriented by operation management	
..... Duan Guoqin Zhang Jinwen(17)	
Reduction of operation cost of road tunnel——PIARC 1999	PIARC(24)
Study of safety grade of highway tunnel	
..... Xia Yongxu Wang Yongdong Deng Nianbing Zhao Feng(27)	
Research on safety facilities of highway tunnel traffic	Jian Xiaochun Liu Shenghong(32)
FIRST AID: VIDEO image processing systems to improve road tunnel safety	
..... Stijn Vandebuerie Ken Zhang Traficon(37)	
Study on quality system construction for traffic running environment of freeway tunnel group	
..... Duan Guoqin Wang Ansheng(41)	
Process of safety work on highway tunnels	Kong Xiangjin Zhang Jiangong(49)
Exposed aggregate concrete pavement in tunnel	
..... Han Sen Chen Haifeng Zhang Dongsheng Zhu Jinhang(53)	
Study on scheme of linked control technology for single extra-long highway tunnel	
..... Li Zuwei Fang Yong He Chuan Wang Mingnian Jin Zhaohui(58)	
Study of intelligent monitoring system for long tunnel	Li Yitong Yan Jingyi(65)
State-of-the-art of maintenance of maintenance equipment in French road tunnels	
..... Jean-Claude MARTIN(71)	
Research in multi-source information fusion for highway tunnel	
..... Yang Zhizhong Yu Xiaohong Zhao Huaixin Xu Hongke(80)	
Analysis and forecast on traffic flow parameter of expressway tunnel	
..... Liu Wei Wang Xiaowen Xiang Hongyan(85)	

2 Disaster prevention

- Study on fire preventing technology for subsea tunnel of Xiamen east passage
..... Liu Wei Zeng Chao Tu Yun Huang Hongyuan(93)
- The Runehamar test tunnel—R&D of tunnel technology and the need of full scale tests
..... Harald Buvik(101)
- Research on rescue channel parameters of fire evacuation for Xihualing tunnel
..... Li Weiping Wu Dexing Yang Jian(104)
- Design of fire protection and rescue in Wuchiba super-long highway tunnel
..... Chen Guangming Hu Yihua Chen Zhang(111)
- Risk evaluation on evacuation during fire in Xuefengshan extra-long road tunnel
..... Peng Limin An Yonglin Yang Gaoshang(120)
- Study of ventilation simulation on disaster prevention and rescue for Tiefengshan No.2 tunnel
..... Zhang Taixiong Zeng Yanhua He Chuan(125)
- Research on fire accident of Qinling-Zhongnanshan extra-long highway tunnel by safety system engineering
..... Yu Zheng(132)
- Research on organization method of emergency response for Qinling-Zhongnanshan extra-long highway
tunnel Wei Cong Lin Debin Liu Peng(143)
- Ability of ventilation and prevention calamity for fire and smoke control
..... Tu Yun Chen Jianzhong(152)
- Buoyant plume model of smoke rollback during highway tunnel fire
..... Chen Jianzhong Wang Xiaowen(159)
- Discussion on scheme of fire protection for extra-long highway tunnel with two-directional traffic
..... Chen Shuwang Luo Bin(166)
- Study on assessment of fire damage in tunnel structure
..... Zhou Renqiang Wang Mingnian Guo Chun(171)
- Experimental study on mechanical properties of lining concrete after high temperature
..... Zhu Hehua Yan Zhiguo Ding Wenqi(178)
- Analysis of fire detector models in extra-long highway tunnels
..... Guo Chun Wang Mingnian Zhou Renqiang Zhao Yang(184)
- Research on new technology of foam spraying applied in fire fighting of highway tunnel
..... Sun Jiyang Yan Jingyi Xie Shan(191)
- The actuality and application of fire fighting system in tunnel
..... Cui Liming Li Jian Huang Ziyuan Liu Shuang(198)

3 Ventilation and illumination

- Design of ventilation system for Cangling super-long highway tunnel Wu Dexing Li Weiping Yang Jian(205)
- Study on operating ventilation control plan of Zhegushan extra-long tunnel with two-way traffic He Chuan Zeng Yanhua(212)
- Comparison for ventilation scheme of Longtan super long highway tunnel Chen Guangming Chen Zhang Hu Yihua(219)
- Experimental research on the flow pattern of short section model in blowing and exhausting longitudinal ventilation system of Qinling-Zhongnanshan highway tunnel Xie Yongli Zhang Sulei Li Ningjun(227)
- Experimental research on height of center partition located at shaft bottom in Qinling-Zhongnanshan highway tunnel Wang Lixin Xie Yongli Li Ningjun(235)
- Experimental research on baffle at blowing exit in Qinling-Zhongnanshan highway Tunnel Xie Yongli Wang Lixin Li Ningjun(242)
- Observation and analysis of openings climate in Qinling-Zhongnanshan extra-long highway tunnel Jin Wenliang Xie Yongli Li Ningjun(248)
- Application of longitudinal ventilation on Yanmenjie tunnel Ren Hui Zhao Minghua Zhou Xinbin(255)
- Study for ventilation project of super long highway tunnels on GZ45th national main highway in Wushaoling area Han Youxu Tang Xuejun Pang Xiaochong(261)
- Study of math model simulation on longitudinal ventilation system of long tunnel Li Guoqiang Cai Xiaofeng Li Jian'an(268)
- Intelligent control of longitudinal ventilating in freeway tunnel ... Weng Xiaoxiong Zhu Xuefeng(273)
- Design calculation for longitudinal ventilation in extra long tunnel with air ejecting and blowing system Lu Kangcheng Wu Yimin(277)
- Numerical solution for multi-shaft blow and exhaust ventilation mode in extra-long highway tunnels Zheng Guoping Wu Dexing Li Weiping Xiang Xiaoqiang(286)
- Method on ventilation calculation of tunnel operation based on ranking of highway service level Qu Zhihao(293)
- Research on ventilation network emulation and application about long highway tunnel Hu Jinping Xie Yongli Liu Hongzhou Wang Tingbo(301)
- 3-D numerical simulations of delivery conduit branching place in highway tunnel Yu Shun Li Ningjun Xie Yongli(307)
- Discussion on action principle of natural ventilation for traffic wind force Zhong Xingcan Gao Huixiang Gong Bo(313)
- Technology of ventilation control and energy saving on highway tunnel group Han Zhi(321)

Study on influence of contaminant diffusing at exit of continuous and adjacent tunnel	Peng Jiankang Zeng Yanhua He Chuan(326)
Analysis on influence of pollutant diffusion of exit on adjoining inlet in double tunnel	Yang Yurong He Chuan Zeng Yanhua Fan Lei(333)
Analysis of air pollution diffusion in highway tunnel	Jian Xiaochun Liang Li(338)
Research on illumination energy saving technique of highway tunnel	Han Zhi(343)
Lighting and traffic security of highway tunnel	Mou Tongsheng Yu Jiandong Wang Jianping(348)
Performance of induction lamps and HPS lamps in highway tunnel lighting	Huang Zheng Wu Changhua Chen Wencheng Chen Dahua(354)
Maintenance system research of mechanical and electronic system of Qinling-Zhongnanshan long highway tunnel	Xu Yan Wei Cong Yu Zheng(361)
Mechanical-electrical control system of Huangheshan highway tunnel	Li Yongwei(368)
Measure of energy saving on mechanical-electrical system in highway tunnel	Liu Xianghua Cao Li Cheng Gang(375)

第 1 篇 运营管理

高等级公路隧道运营管理策略

马俊峰

(交通部公路科学研究院 北京 100088)

摘 要 近年来,我国公路隧道在建设方面取得了长足进步,但公路隧道的运营管理与国外先进水平相比,却存在着很大的差距,难以适应公路交通发展的要求。其中,重要的原因是对公路隧道运营设施的资金投入不足,重于建设,疏于运营管理。本文探讨加强公路隧道的运营管理和养护维修工作,提高应对突发性灾害的抢险能力的问题。

关键词 公路隧道 运营管理 应急预案

Strategies of operation management for highway tunnel

Ma Junfeng

(Research Institute of Highway of the Ministry of Communications, Beijing, 100088, China)

Abstract In China, many great achievements have been made in construction of highway tunnel in past years, but operation management of highway tunnel has great difference comparing with foreign advanced level, it is difficult to meet the requirements of highway transportation development. An important reason results to lacking of investment to software and equipments of highway tunnel operation management, focusing much investment on highway tunnel construction and less on operation management. Enhancing operation management and maintenance work and improving capacity dealing with emergence disasters are discussed in this paper.

Key words highway tunnel; operation management; counter plan

1 前 言

虽然修筑高等级公路隧道的一次性投资较大,运营费用也较高,但实践经验证明修筑隧道能够提高公路等级,是提高山区公路运输快速性的重要措施之一。公路隧道除了产生缩短里程、提高车速、降低油耗、减少事故等直接效益外,还带来若干间接的社会和经济效益。近年来国内外隧道发生的火灾事故表明,公路隧道交通确实存在潜在的危险性,只有加强软环境建设,才能有效地防灾和减灾,达到充分发挥硬环境作用的目的。因此,非常有必要提高隧道运营管理技术水平,加强隧道运营管理。

虽然近 10 年来,我国在公路隧道建设方面取得了长足进步,但运营管理与国外先进水平相比,却存在着很大的差距,不适应公路交通发展的要求,重要的原因是对公路隧道运营设施的资金投入不足,重于建设,疏于运营管理。因此,当前需要强调公路隧道运营管理的重要性,在公路隧道建设完成投入运营后,加强运营管理和养护维修,特别是在交通量较大的隧道段,要进行定期的养护与维修,提高应对突发性灾害的抢险能力。此外,需要加大对公路隧道照明、通风、防灾和监控设施等方面的投入,同时完善管理机制,全面提高我国公路隧道运营管理水平。

2 运营管理系统

运营管理系统有 2 方面的含义:一是指日常运营管理,也可理解为非事故时的运营管理;二是应急状态下的运营管理,也就是发生事故时的运营管理。运营公司应制订日常运营管理计划并使之制度化,以便实施正常情况下的交通和设施运营管理。在正常情况下,隧道的运营是按部就班的程式化管理,一般不需要处理大的决策性问题,需要特别重视的是应急状态下的隧道运营管理。

随着现代化生产技术的发展及人们环保意识的增强,隧道在公路中的应用越来越多,但是隧道作为特殊的交通环境,也存在着比其他路段更多的安全隐患,一起比较小的隧道意外事件很可能在短时间内引发或演变为一场非常严重的灾害性事故。由于隧道的封闭性,紧急事件发生后现场人员逃生困难,必须依靠及时有效的外部救援。因此,除加强日常运营管理外,还需要制订事故发生后所应采取的紧急措施和采用的应急方法,即应急预案。制订事前计划及应急预案,便于在事故发生后充分利用一切可能的条件,迅速控制事故发展并尽可能排除事故,保护现场人员和场外人员的安全,将事故对人员、财产和环境造成的损失降低至最低程度。

应急救援系统是保证生产安全事故应急救援工作顺利实施的组织保障,主要包括应急救援指挥系统、应急救援日常值班系统、应急救援信息系统、应急救援技术支持系统、应急救援组织及经费保障。

2.1 现代化的管理手段和科学的管理方法

随着防止隧道事故意识的增强,以及对发生紧急事件后快速处理要求的提高,人们开始追求在最短的时间内检测到事件的发生,并且要判断和确认信息的准确性和事件的种类,以便快速、准确地开展应急救援工作。为达到这一目的,需要设置快速、准确、有效的检测、监视和控制系统。

中华人民共和国行业标准《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)中关于监控设施的规定:监控设施分为 A1 和 A2 两类。A1 类适用于:八车道高速公路;四、六车道高速公路的特长隧道、特大桥、服务水平低于二级的路段。A2 类适用于:四、六车道高速公路的其他路段。A1 类应配置完善的信息采集、交通异常自动判断、交通监视、诱导、主线及匝道控制、信息处理及发布设施。这表明隧道是公路上的特殊路段,为保障隧道区段交通的安全、畅通,需要设置较完善的监视控制系统。

隧道应急救援技术支持系统包括隧道监控系统、通风系统、照明系统、安全设施和通信系统等。

根据《高速公路隧道监控系统模式》(GB/T 18567—2001)可将隧道监控系统根据隧道长度、交通量及隐含事故率划分为 A、B、C、D 4 个等级,不同的监控系统等级对应不同的系统设备配置。布设在隧道内的车辆检测器、一氧化碳检测器、能见度检测器、风向风速检测器、自动火灾检测器、手动火灾报警按钮可以检测隧道内实时的交通流量、火灾信息、环境信息,系统通过对这些数据的分析,判断隧道内交通、环境等的状态是否正常。通常系统具有自动控制和人工干预控制 2 种方式。正常情况下,系统处于自动控制状态执行正常控制程序。在紧急情况下,系统一方面向监控值班操作人员发出声、光、电报警信号,另一方面迅速中断正常程序,进入应急救援处理程序,提供预先编制存储在系统内的控制方案,待系统操作员综合闭路电视图像、紧急电话等信息对现场情况确认后执行控制指令,启动控制方案。这些方案包括可变信息标志的显示内容、风机的启动、照明灯的点亮、横洞卷帘门的打开等。

需要特别指出的是,隧道运营控制方案应是一个综合控制方案。隧道的运营控制包括交通控制、火灾控制、通风控制、消防控制和照明控制等几个部分。这几个部分是密切相关的,不能将它们硬性分割成完全独立的系统进行控制,应全面考虑隧道内交通、火灾、环境监测值、紧急避难通道等各种情况后,形成多个系统的联动协调控制,即通风、照明、交通、消防等系统,同时根据隧道现场情况一起做

出反应动作,以保证最佳效果。

目前市场上出现的一些科技含量高的新型隧道设备,使得构建隧道应急救援系统更加简单易行,同时也使构建的系统具有更高的实时性和可靠性。例如,车辆检测器,除了传统的环形线圈检测器外,出现了将图像工程学、视频图像和电脑化模式识别技术应用于车辆识别中的视频车辆检测器;火灾检测器更是打破了感温铜管火灾检测器独占市场的单一格局,引入了感温线缆、感温光缆、双波长火灾检测器等产品;消防设备也在逐步尝试水喷淋、水泡沫喷淋系统的使用。系统构成由最初的分布式网络发展到现在的双光纤环网、工业以太网等高可靠性的网络,为实现系统性能奠定了坚实的基础。

2.2 隧道事件的种类

隧道事件的起因和种类是比较多的,而且在大多数情况下,事件发生后会引起不同程度的交通阻塞、延误或更大的事故。隧道应急救援系统的首要任务就是要能自动、及时地检测到事件信息,快速地反映、判断和处理事件。为此,首先要对交通事件进行分析,了解和掌握事件的起因、种类、影响区域等各种相关情况,为判断和处理事件做好准备。

异常事件大致可分为常发性事件和偶发性事件。常发性事件具有一定的规律性,如上班时进城方向的高峰交通量,下班时出城方向的高峰交通量;偶发性事件的起因比较复杂、随机,没有规律。由于常发性事件的可预测性,人们可以通过事先计划来避免事件造成的交通延误或损失。偶发性事件却无法事先预测,因此,其对于人员和财产方面的影响比常发性事件更大。随着交通量的持续增长,偶发性事件发生的频率越来越高,造成的影响也越来越大。

隧道偶发性事件的种类大致可分为以下几类:交通事故、车辆故障、不正当驾驶行为、货物洒落、火灾以及意外产生的烟雾等。表1按照下列内容描述和分析道路上所发生的事件:

- ①事件起因:是独立事件还是由其他事件引起的。
- ②影响区域:小区域或大区域。
- ③检测方法:自动检测或人工检测。

5

表1 隧道偶发性事件分类表

事件分类	事件起因		影响区域		检测方法		计量法
	独立	关联	小	大	自动	人工	
交通事故	√	√	√	√	√	√	影响车道数量
车辆故障	√		√			√	影响车道数量
不正当驾驶行为	√		√			√	影响车道数量
货物洒落	√		√			√	影响车道数量
火 灾	√			√	√	√	影响车道数量
结 冰	√		√		√		影响车道数量
烟 雾		√		√	√		能见度、一氧化碳
风	√			√	√		风向风速
道路施工	√		√	√		√	影响车道数量

2.3 事件管理策略

事件管理的主要目标之一是减小事件造成的影响。偶发性事件比常发性事件更难控制一些,这

是因为偶发性事件发生的时间、地点是随机的、不可预测的,但它们的影响有时却很大。这里主要讨论减少偶发性事件。

小事件的处理与清除由交警、路政、清障车和救险车等完成,把事故车辆拖走,将现场清理后恢复正常交通。

严重事件尽管发生次数少,但影响重大,并且应急救援工作复杂得多。人员伤亡事故、货物洒落、翻车、火灾和有害物质泄漏等紧急事件都可能需要大量的有关人员参与应急救援工作,事件管理需要采用协调合作方式。对于这类事件应急预案的制订是必须的,以确保一旦发生严重事件,应急救援机构和人员能够及时响应。

应急预案是应急救援系统的重要组成部分,针对各种不同的紧急情况制订有效的应急预案,不仅可以指导应急人员的日常培训和演习,保证各种应急资源处于良好的备战状态,而且可以指导应急救援行动按计划有序进行,防止因行动组织不力或现场救援工作混乱而延误事故应急救援,从而降低人员伤亡和财产损失。应急预案对于如何在事故现场组织开展应急救援工作具有重要的指导意义,它有助于实现应急行动的快速、有序、高效。因此,如何制订有效完善的应急预案具有重要的现实意义。

为了减少火灾或其他交通事故的危害,尽可能把损失降到最低限度,应针对隧道内可能出现事故及灾害,设置监视、检测、控制设备,同时还应制订切实可行的应急预案。应急预案应提供关键设备故障和发生灾害性事故时的处理方法,包括事故现象、危险情况、事故处理、现场处理等内容,并有直观的工艺处理图或平面布置处理图。特别应制订火灾应急预案,该预案应考虑到隧道的通风设备、火灾报警设备和消防装置的配置。隧道消防设施应符合国家或行业相关标准要求,并通过消防部门的验收。火灾应急预案应制订各类火灾状况下的灭火方法、实施战术,包括火灾发生的位置、出动车辆类型与数量、要求的水量及供水压力等内容,其中也包括和交警、医疗、消防以及救援人员的配合。此外,应根据演练情况和实际事件对应急预案不断进行修正完善。

运营管理系统在道路畅通,无火灾报警,无隧道内环境指标超标报警,无巡逻车、紧急电话报警的情况下,运行正常控制程序。其中,隧道口外的交通信号灯显示绿色,隧道内各车道上方的车道控制标志显示绿色“↑”,表示可以正常通行。

运营管理系统应根据隧道区段设置的车辆检测器采集的交通流数据及检测器的布设状况,制订交通异常自动判断的算法,用于分析交通流是否处于异常状态。交通异常自动判断的算法有许多种,应根据实际情况制订。交通异常等级阈值的确定应做成可由专职人员调整设置的方式,以便在道路开通后,根据实际发生的交通状况调整判断交通异常等级的阈值。

当系统判断出交通异常时自动报警。报警内容包括交通异常等级(交通流是缓慢、拥挤,还是阻塞)和发生地点。系统一方面向操作员报警,同时迅速中断正常程序进入紧急处理程序。系统根据异常等级、地点,提供交通控制、诱导方案,准备好相应的控制指令,待操作员综合电视图像、巡逻车等对报警信号确认后,向相关设备发出控制指令。

当交通流行驶缓慢时,系统向有关的情报显示设备发出显示前方道路情报、限速等信息。在交通流拥挤时,向拥挤区段和拥挤区段前方的可变情报板、交通信号灯等发布控制指令,启动设备显示前方道路信息,警告、限速、诱导分流等信息;当交通流发生阻塞时,向阻塞区域及阻塞区域前方的可变情报板发布显示前方道路信息,警告、限速、禁止通行、强制分流等信息。操作员还可通过隧道内有线广播发布道路情况,并向路政、交警等有关单位通报,从而完成实时控制。

在隧道运营管理中不可能一有事故就采取关闭隧道的做法,应根据不同的情况采取不同的措施,最大可能地发挥道路的服务水平。

当隧道内部分车道阻塞,如车辆故障抛锚或追尾,导致一条车道的交通中断,而另一条车道畅通时,系统操作员由驾驶员紧急电话告知、巡逻车报告、监控设备自动检测报警及闭路电视图像等途径

得知事故情况,确认后,应依照下列步骤进行应急处理:

①系统操作员立即报告上级负责人,并指示最近的巡逻人员、救援人员赶赴现场。

②通知警察、消防、救护、清障等有关部门按救援路径赶赴现场。

③现场救援人员应优先处理、抢救伤亡人员。

④在警方尚未到达前,现场救援人员进行救援工作时应尽量保护现场。

⑤变换监控系统有关控制信号:事故隧道入口外,可变情报板显示事故内容,交通信号灯为黄色。阻塞车道事故点上游的车道控制标志显示红色“×”,使事故车道中后续阻塞的车辆并入相邻车道行驶。原则上车行横洞不用于疏导交通,而是给救援车辆使用。救援车辆由隧道管理指挥人员指挥进入现场。系统操作员借助有线广播系统协助疏导工作。

⑥现场救援人员应尽快排除现场障碍,若有设备损坏应尽快修复。

⑦阻塞排除后,现场人员回报监控分中心事故处理完毕,系统操作员确认车道及各相关设备均已恢复正常功能后,经上级负责人批准,系统恢复正常运行程序,可变情报板、交通信号灯及车道控制标志恢复正常显示。

⑧系统操作员记录事故发生的经过与处理情况,输入计算机作为历史档案储存。

当隧道发生重大事故,单洞全部车道受阻时应立即关闭发生事故的隧道,不让后续车辆继续驶入该隧道。系统操作员应依照下列步骤进行应急处理:

①~④同前部分车道阻塞步骤。

⑤变换监控系统有关控制信号:上、下行隧道入口外的可变情报板显示事故内容。隧道外交通信号灯显示红灯,禁止车辆入内。事故上游的车道控制标志显示红色“×”,禁止前行;事故下游的车道控制标志显示绿色“↓”,使车辆按正常方式离开隧道。开启距事故点最近的上行车行横洞,供事故隧道内受阻塞车辆进行逆向行驶疏散使用。非事故隧道外交通信号灯显示黄色,非事故隧道位于事故点下游内侧车道上方的车道控制标志正面显示红色“×”,禁止车辆通行,反面显示绿色“↓”,以供事故隧道事故点上游的受阻车辆疏散。救援人员尽快在非事故隧道完成布置交通锥等分隔障碍物,指挥人员尽快就位。

⑥在事故点,用于疏导交通的车行横洞之间的车辆由于无法直接经其下游的车行横洞进行疏散,并且这些车辆最接近事故现场,受到的影响最大,同时还影响着救援工作的进行,因此在完成对向隧道疏散车道的布置后,应优先在现场人员的指挥下以倒车等回转方式,经由车行横洞进行疏散。

⑦事故点上游已进入隧道的车辆在现场人员的指挥下,离入口近的退出事故隧道;不能退出的车辆,沿着已开启的疏散用车行横洞,进入对向隧道的内侧车道,驶出隧道。也可根据不同的现场情况采取逆向行驶过事故点后,再经车行横洞折回原隧道。救援车辆进入隧道进行救援工作。无论采取哪种措施都要求指挥人员具有丰富的经验,沉着冷静。待逆行车辆全部驶出非事故隧道,将非事故隧道的逆行车道关闭,逆行车道上方车道控制标志反面显示红色“×”,正面显示绿色“↓”,恢复非事故隧道的正常交通。

⑧如果事故现场清理出部分车道可供使用,经由现场人员报经监控中心或隧道管理站上级负责人认可后,可先行恢复部分正常交通。相应交通控制信号也应做出调整。

⑨事故现场全部清理完毕,现场人员回报监控中心或隧道管理站,经操作员再报上级负责人确认后,事故隧道外的交通信号灯转为绿色,可变情报板显示前方交通畅通信息,车道上方的车道控制标志由红色“×”转为绿色“↓”,恢复事故隧道的车辆通行。

⑩系统操作员记录事故发生的经过与处理情况,输入计算机作为历史档案储存。

隧道内的火灾一般是由车的引擎、车上货物起火、车与车相撞或危险品的运输等引起的,火灾一旦发生,首先应救援波及的人员,并制止火灾和烟雾的扩散,这与通风系统的控制关系密切。火灾时,

如何组织实施通风方案,包括风机启动的地点、风速控制等至关重要。

当系统接到火灾报警信号并通过闭路电视等手段确认后,发生火灾的隧道必须关闭。因此,其具体控制流程一般与单洞全部车道受阻处理情况相同。但在火灾严重时,火灾产生的烟雾会环流到邻洞,此时应关闭横洞卷帘门,甚至酌情禁止另一洞的交通。火灾时,为方便救援,照明灯需开启到最大亮度。火灾处理完毕后,照明控制、通风控制恢复正常。

交通控制方案组合是很多的,如隧道有无车行横洞、关闭不同的车道等的交通控制,应针对不同的情况确定。应注意的是方案越简单越可行,切忌复杂化,尤其是在严重火灾的情况下,大多数人都十分恐慌,现场混乱,过于复杂的方案不易实现。

2.4 隧道管理机构及管理制度

隧道运营管理应吸取国内外好的管理方法,如 ISO 9002 质量管理体系,采用“计划—实施—分析—处理—持续改进”的 4 阶段管理方法。第 1 阶段是计划,制订隧道运营管理工作计划,提出紧急救援系统目标和措施;第 2 阶段是实施,将制订的计划和措施具体实施;第 3 阶段是分析、处理,把计划的执行情况与预定目标对比,从中发现问题;第 4 阶段是持续改进,针对系统运行中发现的问题,制订预防、纠正措施,并实施,从而达到不断提高、自我完善的目标。

由于隧道大多地处偏僻,不便的生活和地形条件使得在隧道口设置隧道管理站的可能性受到极大限制,因此在隧道区段发生事故或火灾时,救援人员不可能立即到达现场。但有时火势的发展十分迅猛,所以应重视并强调公众的自救意识。勃朗峰隧道火灾成功逃生的人员中,靠自救逃生的占有相当大的比例。隧道运营管理部门在车辆进入道路行驶时,应向驾驶员发放印有隧道行驶安全注意事项的宣传册,增加隧道使用者的自救知识和意识。

对于长、特长隧道应设立专业的管理机构——隧道管理站,负责隧道日常管理及养护工作。隧道管理机构应设置监控班、机电维修班、安保消防班。监控班负责监视、控制隧道运行,对监控及诱导系统、火灾检测系统、通风系统、照明系统、传输系统、紧急避难设施等进行监控,掌握隧道的运营状况,及时向上级管理部门发送运营信息。其工作重点是预防事故发生和消除潜在的安全隐患,确保隧道安全运营。机电设施维修班负责隧道区域机电设施的检修工作。安保消防班负责消防系统的运营状态监控及检修工作,并应定期与消防部门演练防火救火技能。

同时,要加强隧道管理救援人员队伍的建设,提高救援人员的技术水平与救援队伍的整体能力,以便在事故的救援行动中达到快速、有序、高效的效果。经常性地开展应急救援培训、训练或演练应成为管理救援队伍的一项重要工作。应急培训与演练的基本任务是锻炼和提高队伍在突发事故情况下的快速抢险堵源、及时营救伤员、正确指导和帮助群众防护或撤离、有效消除危害后果、开展现场急救和伤员转送等应急救援技能和应急反应综合素质,有效降低事故危害,减少事故损失。尤其是火灾培训以及危险品事故培训,因为火灾和危险品事故是常见的事故类型,因此培训中要加强与灭火操作有关的训练,强调事故的不同应急水平和注意事项等内容。

应急救援训练的基本内容主要包括基础训练、专业训练和综合训练。基础训练是应急救援队伍的基本训练内容之一,是确保完成各种应急救援任务的基础。基础训练主要是体能训练、防护装备和通讯设备的使用训练等内容。训练应达到应急救援人员熟练掌握个人防护装备的穿戴,通讯设备的使用等;专业训练主要包括专业知识、堵源技术、抢运和清理消毒,以及现场急救等技术,通过训练使救援队伍具备一定的专业救援技术,有效地发挥救援作用;综合训练是提高救援队伍实践能力的必要措施,通过训练使各级管理人员和救援人员具备良好的组织指挥能力和实际应变能力。

由于隧道内的应急设备大多数时间处于备用状态,为保证设备和人员的快速投入及迅速反应,要求制订演练计划并每年组织实地演练。

为确保各项工作有效进行,保证系统的联动性,还应建立健全严格的管理制度及岗位职责,使各部门分工协作,当隧道区段发生突发事件时能够按照拟订的应急预案有序实施救援行动。

3 机电设施的养护与维护

隧道机电系统维护就是要通过各种手段,运用先进的技术,对系统在运营过程中存在的故障隐患做到有效预防,对出现的故障及时排除,确保系统的正常、稳定运行,最大限度地发挥机电系统在隧道运营管理中应有的作用。

由于隧道环境十分恶劣,机电设施受恶劣环境的影响需要进行经常性的维护。隧道内的各种突发事件也会造成隧道内设施的损坏,需要及时修复。运营管理机构应根据机电系统的特点,制订有针对性的维护方案,编制周、月、季度以及年度维护计划,制订突发事件的处理方案,配备常用的易损易耗品,并保持设备维护、维修记录档案。

机电设施的养护与维护包括:日常清洁、例行检测、设备维修、突发故障处理等。通过实施一系列行之有效的养护与维护工作,可以大大减少机电设施的故障率,节省系统维修成本。

目前,国内机电设施的养护与维护一般有以下2种情况:一是由运营管理部门独立完成日常的养护与维护;二是运营管理部门只负责日常运营管理,而通过签订服务合同,将技术要求较高的机电设施维护检修等工作委托给相关的专业公司。后者能使管理部门集中精力做好安全运营管理工作,减少维护人员及维修设备的投入,降低运营成本。但是,由于专业公司并不能满足随叫随到的隧道维修服务需要,而隧道运营又要求哪怕是很小的设备故障或损坏都要做到及时处理,因此这种管理养护与维护的模式尚存在一定的缺陷。

4 结 论

我国公路建设中需要改变重视隧道建设,疏于隧道运营管理的现状,加大对公路隧道运营设施的资金投入,建设隧道运营管理系统,完善管理机制,全面提高我国公路隧道运营管理水平。隧道运营管理系统技术先进,结构复杂,对操作维护人员的专业性、系统操作维护的熟练性要求较高。因此,要制订严格的规章制度,科学的维护计划,通过对值班操作员进行上岗培训,提高专业技能等各方面来加强管理,确保隧道的安全运营。