

# Discussion on Safety Operation and Early Warning Strategy of Expressway Tunnel

Huaqiang Sun

China Highway Engineering Consulting Group Co., Ltd., Beijing, 100083, China

## Abstract

In recent years, the process of expressway construction has been accelerated. As a key component of the expressway system, the safe operation and early warning of the tunnel are very important. It directly affects the safety of life and property of passing vehicle occupants and pedestrians, and plays a vital role in the overall traffic efficiency, transportation cost and social and economic benefits of the expressway. Based on this, this paper analyzes the great significance of the safe operation and early warning of expressway tunnels, and puts forward the safe operation management measures and early warning strategies of expressway tunnels, so as to promote the development of expressway tunnel management in the direction of scientific, standardized and intelligent.

## Keywords

highway tunnel ; safe operation ; early warning strategy ; equipment maintenance ; intelligent early warning

# 高速公路隧道安全运营与预警策略探讨

孙华强

中国公路工程咨询集团有限公司，中国 · 北京 100083

## 摘要

近年来，高速公路建设进程加快，隧道作为高速公路体系中的关键构成要素，安全运营与预警工作十分重要，直接影响过往车辆驾乘人员、行人的生命财产安全，对高速公路整体的通行效率、运输成本、社会经济效益产生至关重要的作用。基于此，本文分析高速公路隧道安全运营与预警所具有的重大意义，提出高速公路隧道安全运营管理措施与预警策略，促使高速公路隧道管理朝着科学化、规范化、智能化的方向发展。

## 关键词

高速公路隧道；安全运营；预警策略；设备维护；智能预警

## 1 引言

目前我国交通基础设施建设水平有所提升，高速公路具有高效便捷的特点，成为人们出行及货物运输的首选方式。而隧道作为高速公路穿越山体、跨越水域等自然障碍的重要构造物，其数量随着高速公路网络的不断拓展而日益增多，在地理环境、结构形式、交通流量等方面存在着较大的差异，给安全运营与预警工作带来诸多挑战。在此形势下，深入研究高速公路隧道安全运营与预警策略，具有重要的现实意义。

## 2 高速公路隧道安全运营与预警的意义

### 2.1 保障生命安全

高速公路隧道内空间相对封闭，一旦发生交通事故、

火灾、爆炸风险，将会引发严重的后果，例如：隧道内大型货车失控，与前方多辆小轿车发生连环追尾，部分车辆被挤压变形，车内人员被困，由于救援不合理，很容易引发多人受伤甚至死亡。隧道内通风条件有限，火灾产生的高温、浓烟和有毒气体难以迅速排出，会在短时间内充满整个隧道空间，人员在浓烟和有毒气体的环境中容易出现窒息、中毒等情况，生命安全受到威胁，且火灾会引发隧道结构的损坏，坍塌等次生灾害进一步加剧人员伤亡。此情况下进行安全运营与预警，安装烟雾传感器、温度传感器，可在火灾初期检测到烟雾、温度的异常变化，为控制中心发送信号，控制中心通知相关部门启动通风设备、引导人员疏散，为人员逃生争取宝贵时间，减少人员伤亡<sup>[1]</sup>。

### 2.2 维护财产完整

高速公路隧道内的设施、设备价值较高，通风系统、照明系统、消防系统、监控系统的正常运行，能保障隧道的安全运营，一旦发生安全事故会导致设施和设备本身的损坏，影响其正常功能，不利于高速公路隧道的运行。例如：

【作者简介】孙华强（1990-），男，中国山东烟台人，硕士，工程师，从事公路工程施工管理、安全管理研究。

隧道火灾会烧毁通风风机、照明灯具、消防水管等设施，造成巨大的直接经济损失，由于设施损坏导致隧道无法正常通行，会引发交通中断，为过往车辆及运输企业带来货物延误交付、运输成本增加等间接经济损失。此情况下开展安全运营与预警工作，定期对隧道内的设施和设备进行检查维护，可保证其处于良好的运行状态，预警系统对引发事故的因素进行监测预警提前采取防范措施，对存在安全隐患的车辆进行拦截检查，预防其进入隧道引发事故，维护隧道内财产的完整，减少经济损失<sup>[2]</sup>。

### 2.3 提升通行效能

高速公路隧道内发生安全事故，会导致交通中断或拥堵，即使简单的交通事故如果处理不，也容易引发后方车辆的大量积压，造成长时间的交通堵塞，为过往车辆带来不便，增加驾驶员的疲劳及焦虑情绪，影响高速公路网络的通行能力。而安全运营与预警系统的应用，可通知相关人员前往现场进行处理，迅速恢复交通秩序，减少交通中断时间，视频监控系统可实时掌握隧道内的交通状况，发生交通事故迅速定位事故位置，借助可变情报板、广播系统向后续车辆发布警示信息，引导车辆减速慢行或绕行，避免二次事故的发生，提高隧道的通行效率，保障高速公路的顺畅运行。

## 3 高速公路隧道安全运营管理措施

### 3.1 完善管理制度

高速公路运营安全管理的过程中，需重点完善相关的管理制度，设立专门的安全管理部门负责隧道的日常安全管理、监督检查工作，制定安全管理工作计划，组织开展安全培训活动与应急演练等活动。工程部门负责隧道结构的维护检修，定期对隧道的衬砌、洞门、排水系统等进行检查，发现并处理结构病害，保证隧道结构的稳定性；机电部门负责隧道内通风设备、照明设备、消防设备、监控设备等机电设备的运行维护，制定设备维护计划与操作规程，保证设备的正常运行；交通管理部门负责隧道内的交通秩序管理，设置交通标志及标线，指挥车辆有序通行，处理交通事故与交通违法行为。在此基础上，明确职责，可避免出现管理漏洞、推诿扯皮现象，保证各项安全管理工作落到实处，完善安全管理工作考核机制，对各部门、各级人员的安全管理工作进行考核，将考核结果与绩效挂钩激励人员积极履行职责，提高安全管理水平<sup>[3]</sup>。

### 3.2 制定详细操作规程

高速公路隧道安全运营管理期间需制定操作规程，明确道内各项工作操作流程与安全要求，为工作人员提供明确的指导。例如：隧道内的通风设备操作应明确设备的启动、停止时间和运行参数，隧道正常运营的情况下，按照交通流量、隧道内的空气质量情况合理调整通风机的运行频率与风量，操作过程中人员应注意检查通风机的电机、叶片、风道等部件的运行情况，发现异常停机检修，同时按照规定佩戴

好安全帽、防护手套，保证操作安全，照明设备操作应规定照明灯具的开启及关闭时间、不同时段的光照强度要求，白天交通流量较大，保证照明亮度充足，提高驾驶员的视线清晰度，夜间或交通流量较小降低照明亮度，节约能源，阶段性检查照明灯具的亮度及完好情况，更换损坏的灯具，保证照明系统的正常运行<sup>[4]</sup>。

### 3.3 重视设备维护

高速公路隧道中的各种设备都会对运营安全产生影响，因此需要强化设备的围护力度。尤其是隧道运行过程中车辆排放尾气、产生粉尘会污染隧道内的空气，如果通风不良会导致空气中的有害气体浓度超标，影响人员的健康。因此管理部门需阶段性对通风设备进行检查维护，每月对通风机的电机、叶片、风道等进行全面检查，检查电机的运行是否平稳，有无异常噪音和振动；叶片是否完好，有无变形和损坏；风道是否畅通，有无杂物堵塞。清理风道内的杂物，保证通风效果，同时要定期对通风机进行润滑保养，添加适量的润滑油，减少设备的磨损。良好的照明可提高驾驶员的视线清晰度，减少交通事故的发生。施工单位应每周进行一次巡查，发现灯具亮度不足或损坏的，进行更换，同时根据隧道内的交通流量、光照强度，合理调整照明亮度。在交通高峰期，增加照明亮度；在交通低谷期，适当降低照明亮度，既保证行车安全，又节约能源。隧道内应配备足的灭火器、消火栓、自动喷水灭火系统等消防设备，并定期进行检查和维护。每月对灭火器进行压力检查和外观检查，查看灭火器的压力指针是否在正常范围内，外观有无破损和腐蚀；每年对消火栓进行试水试验，检查水压和水流情况，保证消火栓可正常出水。在此基础上，定期对自动喷水灭火系统的喷头、报警阀等进行检查维护，清理喷头上的杂物，保证喷头的灵敏度；检查报警阀的工作是否正常，有无漏水现象。

### 3.4 设置安全标志

高速公路隧道安全运营管理期间，需在隧道内、周边合理设置安全标志提醒驾驶员行人注意安全，按照隧道的长度、坡度、交通流量等因素设置限速标志，合理设置限速值，在隧道入口处设置明显的限速标志提醒驾驶员进入隧道后要降低车速，在隧道内的弯道、坡道等关键位置设置限速标志，进一步强调限速要求。且禁止标志用于禁止某些危险行为，需在隧道内设置禁止停车、禁止变道、禁止超车标志，避免车辆随意停放导致交通堵塞及事故发生，规范车辆的行驶秩序，减少刮擦与碰撞事故。同时隧道内进行施工期间应提前设置警示标志，提醒驾驶员减速慢行，在事故多发路段和急弯处设置警示标志增强驾驶员的警惕性，降低事故风险。

## 4 高速公路隧道安全运营的预警策略

### 4.1 光电子检测预警措施

光电子检测技术是利用传感器对隧道内的环境参数进

行实时监测，实现火灾、烟雾等异常情况的早期预警。烟雾传感器利用光的散射原理，隧道内出现烟雾烟雾颗粒会使光的散射强度发生变化，利用传感器内部的光电元件检测相关变化，并将其转化为电信号，电信号超过设定的阈值后，传感器判断隧道内发生火灾立即将信号传输给预警系统，正常情况下隧道内的温度相对稳定，发生火灾期间温度会迅速升高，温度传感器感知周围环境的温度，将温度信号转换为电信号，温度超过设定的阈值预警系统会立即发出警报。例如，隧道内安装烟雾传感器与温度传感器，货车发生自燃烟雾传感器迅速检测到烟雾，温度传感器监测到温度急剧上升，两种传感器同时将信号传输给预警系统，预警系统立即发出警报，通知管理人员采取措施。管理人员借助监控系统确认火灾位置后，迅速启动通风设备，增加通风量，排出烟雾和有毒气体；同时启动消防设备，自动喷水灭火系统进行灭火。由于预警，处理得当，避免火灾的进一步蔓延，减少损失<sup>[5]</sup>。

#### 4.2 视频监控预警措施

高速公路隧道安全运营的预警过程中，相关部门需在隧道内安装高清摄像头建设视频监控系统，实时分析隧道内的交通状况、异常情况，例如：使用图像识别技术对监控画面进行分析自动识别交通事故、车辆故障、行人闯入等异常情况，交通事故识别期间，分析车辆的行驶轨迹、速度、相对位置等信息，判断是否发生碰撞，检测到两辆车的位置突然发生重叠、速度发生变化时，判断发生交通事故立即发出警报。而车辆故障识别过程中，主要观察车辆是否出现异常摆动、减速等情，发现车辆行驶异常进一步分析车辆的外观，判断是否存在轮胎漏气、发动机故障等问题，如果确认车辆故障则通知管理人员前往处理。而在行人闯入识别过程中，主要检测画面中的人形轮廓判断是否有行人进入隧道，发现行人闯入后立即发出警报，通知管理人员采取措施，引导行人离开隧道避免发生危险。

#### 4.3 逻辑编程控制预警措施

利用逻辑编程技术，将隧道内的各种设备与预警系统进行联动控制，可实现自动预警和应急处置。当光电子检测系统检测到火灾信号时，逻辑编程控制系统会自动启动通风设备，增加通风量，排出烟雾和有毒气体。与此同时，自动

喷水灭火系统的喷头会根据火灾的位置、范围自动开启，喷洒水流进行灭火；泡沫灭火系统则会在火灾区域喷洒泡沫，抑制火势的蔓延。当视频监控系统识别到交通事故时，逻辑编程控制系统会自动调整交通信号灯，引导后续车辆有序通行，避免交通拥堵。例如：将事故发生路段上游的交通信号灯调整为红灯，阻止车辆进入事故路段；将下游的交通信号灯调整为绿灯，引导车辆快速通过，系统向驾驶员发布事故信息并绕行建议，某隧道内发生火灾系统在短时间内自动完成应急处置动作，通风设备迅速启动改善隧道内的空气质量，消防设备自动开启进行灭火，交通信号灯自动调整引导车辆有序通行，提高应急响应效率，减少事故损失。

### 5 结语

综上所述，高速公路隧道安全运营与预警工作十分重要，是保证高速公路隧道安全运营的基础。因此在实际工作中需完善相关安全运营与预警体系，健全管理制度，做好设备维护，合理进行安全标志设置、安全设施的设置等。未来科技快速发展，高速公路隧道安全运营与预警将朝着更加智能化、自动化的方向发展，利用人工智能技术对监测数据进行分析预测提前发现潜在的安全隐患，采用物联网技术实现设备之间的互联互通、自动控制，进一步提高安全管理的水平，达到预期的目的。

### 参考文献

- [1] 张磊,王菊玲,黄荣宾.高速公路隧道运营安全风险评估与防控探究[J].时代汽车, 2024, 3(15):166-168.
- [2] 雷宇帆.高速公路隧道消防系统智能化建设方案分析[J].中国科技期刊数据库工业A, 2024,22(001): 55058.
- [3] 杨悦,李倩倩,陈孝国,等.基于模糊TOPSIS法的高速公路隧道运营安全评价模型[J].佳木斯大学学报:自然科学版, 2023, 41(2):85-89.
- [4] 许伟锋.浅议高速公路隧道高音效调频广播宣传指挥系统问题[J].中国交通信息化, 2024,11(S01):520-522.
- [5] 谢庆,袁辉,吴炜昌,等.路侧感知技术在高速公路隧道事故预防与安全运营管控中的应用研究[J].运输经理世界, 2024,13(18): 44-49.