

探讨高速公路隧道火灾报警系统的修复设计

黄亚龙

西安公路研究院有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i1.11697

[摘要] 公路隧道因其空间狭小、能见度低、洞内环境复杂等特点,在运营管理过程中安全管理压力大,一旦发生安全事故,事故救援及交通组织难度大,隧道安全管理已成为重要的研究课题。本文以西略高速公路隧道火灾报警系统为依托,分析了火灾报警系统存在的问题,对火灾报警探测器的性能进行了比较,选择合适的火灾探测器,提出了利用已有土建设施布设火灾探测设施的方案对隧道火灾报警系统进行整体更换修复,使其达到原设计功能,为隧道火灾报警设施修复及改造提供了借鉴的经验。

[关键词] 高速公路; 隧道; 火灾报警; 修复设计

中图分类号: U45 文献标识码: A

Discussion on the Repair Design of Fire Alarm System for Highway Tunnel

Yalong Huang

Xi'an Highway Research Institute Co., Ltd.

[Abstract] Due to the characteristics of narrow space, low visibility, and complex environment inside highway tunnels, safety management pressure is high in the operation and management process. Once a safety accident occurs, rescue and traffic organization are difficult, and tunnel safety management has become an important research topic. This article is based on the fire alarm system of the Xiluo Expressway Tunnel, analyzes the problems existing in the fire alarm system, compares the performance of fire alarm detectors, selects suitable fire detectors, and proposes a solution to replace and repair the tunnel fire alarm system as a whole using existing soil construction and fire detection facilities, so as to achieve the original design function. It provides reference experience for the repair and renovation of tunnel fire alarm facilities.

[Key words] highway; tunnel; fire alarm; repair design

引言

随着我国高速公路事业的快速发展,高速公路逐渐向山区延伸,由于山区地质结构的特殊性和复杂性,导致山区高速公路隧道不断增多,截至2021年底,全国公路隧道23268处、2469.89万延米,增加1952处、269.96万延米,其中特长隧道1599处、717.08万延米,长隧道6211处、1084.43万延米^[1]。公路隧道因其空间狭小、能见度低、洞内环境复杂等特点,在运营管理过程中安全管理压力大,一旦发生安全事故,事故救援及交通组织难度大,隧道安全管理已成为重要的研究课题。本文以西乡至略阳高速公路(简称“西略高速”)隧道火灾报警系统为依托,探讨对已不能正常发挥隧道火灾报警系统作用的火灾设施如何进行修复设计,分析了火灾报警系统存在的问题,对火灾报警探测器的性能进行了比较,选择合适的隧道火灾报警系统的火灾探测器,提出了利用已有土建设施布设火灾探测设施的方案对隧道火灾报警系统进行修复,使其达到原设计功能,为隧道火灾报警设施修复及改造提供了借鉴的经验。

1 现状分析

西乡至略阳高速公路(简称“西略高速”)是陕西省“2367”高速公路网七条东西横向线中的重要组成部分,也是国家高速公路“7918”网十(堰)天(水)线(G7011)陕西境内的重要一段,全长245.38km,隧道68011.54延米(单幅)/48座,其中7座(单洞)长隧道、1座中隧道(单洞)设置有火灾探测报警系统,西略高速设4个管理所、1个监控分中心对西略高速进行运营管理。

西略高速隧道火灾报警系统由手动报警按钮、火灾探测器、综合盘、火灾报警控制器、隧道火灾报警工作站、火灾报警软件、传输线缆及电源等组成,火灾探测报警系统投入使用已长达8年多之久,因隧道内综合盘箱体及箱体内各类模块、手动报警按钮防护等级不足及火灾探测报警设备、传输线缆老化等原因,导致隧道内火灾报警探测系统无法正常使用,对隧道运营及行车安全带来重大隐患。运营管理单位为恢复火灾探测报警系统的原设计功能,先后多次组织原施工单位、维护单位及厂家技术人员到现场进行检测维修并对隧道火灾探测报警系统的传输线

表 1 火灾探测设备性能对比

设备类型 性能参数	图像型火焰探测器(分布式智能图像火灾探测系统)	点型火焰探测器 (红外火焰探测器)	线形火焰探测器 (基于准分布式光纤光栅感温火灾探测器)	线形火焰探测器 (基于分布式光纤线型感温火灾探测器)
工作原理	通过红外、可见光多频视频摄像,采集火灾初期烟雾、火焰图像,通过 DSP 处理器进行计算,形成火灾概率信息,辨识出温度异常和火灾并进行告警,同时输出复合图像信息	利用火灾中辐射光的特定波长和火焰频率判定火灾。结合专有的双波长红外探测电路及软件算法,检测频谱范围在 3.5 至 5.0 微米范围、振荡频率在 1 至 10 赫兹的火焰辐射能,通过处理器对两个传感器采集信号的变化比率 and 对应关系进行数据分析和运算处理,只对火焰特征频谱范围内的辐射发出报警	利用光纤材料的光敏性,通过紫外曝光法在纤芯内形成一个窄带的反射镜。当一束宽谱光经过光纤光栅时,窄带光被反射,其中心波长随着作用于光纤光栅的温度线性变化,使光纤光栅能够准确实现温度的测量,进而应用于火灾的探测	同时利用光纤作为传感敏感元件和传输信号介质,采用先进的 OTDR 技术,探测出沿着光纤不同位置的温度和应变的变化,实现真正分布式的测量
报警响应时间	火焰小于 20S, 烟雾小于 60S	火焰小于 30S	温度小于 60S	温度 60S
火灾早期烟雾探测能力	可以有效侦测早期烟雾	红外双波长火灾探测器无法侦测烟雾	无法侦测烟雾	无法侦测烟雾
系统参数随季节调整的问题	不需要调整	不需要调整	原则上需要根据一年四季的环境温度调整	原则上需要根据一年四季的环境温度调整
火灾探测的稳定性问题	采用视频技术,可以稳定的获得隧道内的视频探测性能不会随温度变化,季节变化而变化	探测性能不会随温度变化,季节变化而变化	随季节不同,温湿度不同,使用时间长短的不同,探测器性能变化很大,时间长了又不报警的风险	随季节,温湿度等不同报警性能有所变化,探测性能不稳定
产品寿命	不小于 10 年	不小于 10 年,	不小于 5 年	不小于 5 年
遮挡火焰探测能力	受遮挡影响很小	受遮挡影响很大	有一定影响,尤其是车底盘下的火	有一定影响,尤其是车底盘下的火
防误报能力	防误报能力强	会因为隧道口太阳光被调制而误报警,如果降低灵敏度等级,则可能不报警	与系统设定的参数有关,如果设的灵敏了,则会误报,如果设的不灵敏,则可能造成不报警或很大的火才报警。由于一年四季环境温度不停的变化,找到理想的参数有一定困难	
兼容性	支持 Onvif、GB/T 28181 国际与国标协议,同时具有模块,网络,继电器输出,兼容性强	继电器输出,可接入任一报警主机	只能与相应光栅主机配套使用	可接入同规格光源光纤主机
安装方式	安装于隧道 5.2m 以上	安装于隧道侧壁,距底部 2.7-3.5m,	安装于隧道顶部	安装于隧道顶部
维护	需要半封道维护	不需要封路	需要道路全封养护	需要道路全封养护
工程造价	高	中	低	低

缆进行了更换、对隧道火灾探测报警系统主机及综合盘等设备进行了检修调试,更换火灾探测报警系统输入输出模块及手动报警按钮,但历次检修维护均未能有效恢复到火灾报警系统的原设计功能。

为对隧道火灾探测系统进行彻底排查和修复,运营管理部门又协同设备厂家和维护单位对隧道火灾报警系统进行了系统性的现场检测,并由设备厂家出具了隧道火灾报警系统的现场考察报告,该报告又指出造成火灾报警系统不能正常发挥作用

的主要因素还包括火灾探测回路长度超过系统限制、现场连接设备数量达到回路极限、防雷模块对线路造成影响、设备防护等^[2]。

根据现场调查,西略高速隧道火灾报警系统采用的是双波长火灾探测器,由于设备老化、受潮导致误报警使整个火灾探测报警系统处于瘫痪状态,给隧道运营和行车安全带来了很大的安全隐患。

2 修复设计方案

2.1 总体修复方案

考虑到原产品型号已停产且设备投入使用年限已接近设备使用寿命,为实现对隧道火灾探测报警系统的设计功能修复,采用对火灾报警探测系统设备进行整体更换的方案,使火灾探测报警设备的性能参数、技术要求满足现行技术标准、规范的要求。

2.2 火灾探测器选型

目前火灾探测器主要类型有图像型火焰探测器、点型火焰探测器和线形火焰探测器,各类火焰探测器性能对比如下表1所示:

综上所述,从火灾探测器的稳定性、可靠性、兼容性、易维护性、经济性等角度考虑,并尽量利用现有配套洞室、预埋管道等土建设施,西略高隧道火灾探测报警系统修复工程设计选用点型红外火焰探测器。

2.3 具体修复方案

2.3.1 点型红外火焰探测器、综合盘、手动报警按钮

为充分利用原有土建的洞室及管道,减少不必要的土建改造工程,以降低修复费用、保障交通畅通,更换后的报警设备与原有设备同址设置;原有设备手动报警按钮与火灾声光报警器均设置于综合盘内,根据《公路隧道设计规范,第二册 交通工程与附属设施》(JTG D70/2-2014)9.4.1的要求:“隧道内手动报警按钮设置间距不应大于50m,宜与消火栓等灭火设施同址设置,按钮距检修道高差应为1.3~1.5m”、“火灾声光报警器应设置于隧道中央控制室、隧道入口前方100~150m处、隧道内各报警区域,设置高度不宜小于2.5m”。西略高速综合盘(含箱体、手动报警按钮、模块)与声光报警器按规范要求分开设置,并在隧道入口前100~150m处增设声光报警器,并配套设置火灾报警控制器、电源箱、避雷器,同时做好设备及防雷接地。

2.3.2 传输电缆

维护单位虽对火灾探测报警系统传输电缆进行了更换,但由于线缆设置于检修道盖板内侧上方,采用PVC管防护后封装,未设置于隧道电缆沟内,存在安全隐患,且厂家检测报告指出现有传输电缆线径不满足要求,因此对火灾报警线缆重新更换并敷设于隧道电缆沟内,以保证电缆的安全。

2.3.3 隧道火灾报警工作站及火灾报警软件

火灾报警工作站选用当前主流配置计算机,火灾报警软件采用厂家配套的系统软件,软件功能应具有良好的人机工作界面,便于管理人员对火灾发生地点进行准确定位,并联动隧道内闭路电视监视系统对火灾进行确认。

2.3.4 数据传输

隧道内火灾探测设备通过信号线缆将报警信号传输至火灾报警控制器,为保证火灾报警信号传输的安全性和冗余性,火灾报警控制器至火灾报警工作站采用两条通路进行数据传输,一

路利用原PLC机柜内工业以太网交换机将数据传输至管理所监控室火灾报警工作站,一路通过新增1对数据光端机,利用现有1芯剩余光纤将数据传输至管理所监控室火灾报警工作站。

2.3.5 设备供电

原有隧道火灾探测报警系统、隧道内应急照明、电光标志等与隧道一级负荷中特别重负荷共用EPS电源,根据《公路隧道设计规范,第二册 交通工程与附属设施》(JTG D70/2-2014)要求“隧道火灾探测报警系统备用电源供电时间不应小于3h,其余隧道一级负荷中特别重负荷后备电源供电时间不应小于30min”,考虑到后备电源供电时间要求的不同,为保证隧道火灾探测报警系统的供电稳定性及备用电源供电时间满足规范要求,增设2台6KVA UPS作为隧道火灾探测报警系统专用备用电源。

3 结束语

由于隧道交通的特殊性、交通组成的复杂性和交通量的不断增长,隧道的火灾和污染等风险不断增加,容易引发严重的灾难性事故,尤其是火灾事故,不仅对交通设施和正常的交通秩序带来非常大的影响,而且严重威胁人民的生命和财产安全,进而对用于隧道的火灾报警设备提出了特殊要求^[3],火灾自动探测与报警系统是具有预知、预报功能的消防设备,能为火灾预防及抢险救援工作创造宝贵时机,近年来在长大公路隧道中得到了广泛的应用。

本文以西略高速隧道火灾报警系统为依托,探讨对已不能正常发挥隧道火灾报警系统作用的火灾设施如何进行修复设计,分析了火灾报警系统存在的问题,对火灾报警探测器的性能进行了比较,选择适合隧道火灾报警系统的火灾探测器,提出了利用已有土建设施布设火灾探测设施的方案对隧道火灾报警系统进行整体更换修复,使其达到原设计功能,为隧道火灾报警设施修复及改造提供了借鉴的经验。西略高速隧道火灾报警系统已经竣工验收,隧道火灾报警系统的各项指标满足设计要求,能够正常发挥火灾报警的功能,保障隧道行车安全起到了重要作用。

[参考文献]

[1]交通运输部,2021年交通运输行业发展统计公报,http://www.gov.cn/shuju/2022-05/25/content_5692174.html,2022-5-25.

[2]谭晓敏,光纤光栅传感技术在隧道火灾报警系统中的应用,公路交通科技[J],2010(10):331-336.

[3]马春城,李通,党伟荣,等.特长高速公路隧道火灾自动报警系统设计研究,公路交通科技[J],2016(6):181-185.

作者简介:

黄亚龙(1992--),男,汉族,陕西省咸阳市人,中级工程师,硕士,主要从事交通工程研究。