

浅谈城市特长隧道检查重点及管养难点

王开梦

招商局重庆公路工程检测中心有限公司 重庆 400067

【摘要】：随着中国社会的飞速发展，建设城市隧道的需求日益增多，但其运营养护成本增加、作业空间受限、病害监测困难等挑战。为了探索城市隧道后期运营期可能面临的难题，本文从隧道结构特性、交通组织、运营环境等维度，简单分析无检修道城市隧道的养护、检查重点与难点，提出隧道预防性养护与应急管理建议。通过对运营隧道进行安全风险识别，建立完善的应急管理体系，可大大减少事故的发生，以及降低发生安全事故后的伤亡。

【关键词】：城市隧道；无检修道；隧道检查；运营养护；风险识别；应急管理

DOI:10.12417/2811-0722.26.03.060

引言

近年来，为适应城市土地资源集约化利用需求，无检修道隧道设计逐渐兴起。此类隧道通过取消传统检修通道，压缩断面空间，降低了建设成本，但也同时导致运维期检修成本增加、作业空间受限、病害排查困难等问题。同时也会增加城市隧道内事故发生的可能性，以及发生事故后逃生的难度。暴露出传统运维模式与新设计理念的适配性矛盾。本文以珠海市兴业快线（北段）项目杨寮隧道为例，简单剖析无检修道隧道的检查的重点，运营养护难点，并提出较为合理的建议。

1 隧道工程特性分析

1.1 结构特征与功能定位

珠海市兴业快线是《珠海市综合交通运输体系规划》^[1]确定的“八横十一纵”路网中的重要一纵，建成后将实现珠海主城区南北快速化出行，贯通深中通道和港珠澳大桥，对完善城市路网主骨架，加快粤港澳大湾区城市联动发展等具有重要意义。

珠海市兴业快线（北段）工程南起兴业路—梅华东路路口以南，对接“兴业快线（南段）工程”，向北绕过大镜山水库，于凤凰山谷段分岔为东、西线。其中西线向北止于哈工大路—金唐东路路口；东线向北止于港湾大道—唐乐路交叉口。

杨寮隧道^[2]位于珠海市兴香洲区兴业快线（北段）城市快速路，为分离式双向四车道特长隧道。右线（北行）长 5742m；左线（南行）长 5777m。道路等级为城市快速路 1 级；隧道标准段建筑限界宽 8.5 米，高 4.5 米；隧道养护等级为一级。杨寮隧道衬砌类型为复合式衬砌；洞门为削竹式明洞；路面为沥青混凝土；全隧道拱部覆盖防火板，边墙安装防火装饰板；边墙脚设置混凝土防撞墙（无传统隧道的检修道），线缆敷设于隧道顶部两侧的桥架内。



图 1 兴业快线（北段）



图 2 隧道洞口

2 隧道检查重点

2.1 隧道检查内容

依据《公路隧道养护技术规范》JTG H12—2015^[3]要求，需对隧道开展日常巡查、经常性检查、定期检查、专项检查。主要是采用人工和信息技术的方式，配合简单的检查工具进行隧道结构检查，对外观进行一般性定性检查，异常情况做出缺损状况分类；机电设施是否处在正常工作状态和是否存在故障隐患进行观测；其他工程设施使用情况是否完好和是否存在异常进行检查。

2.2 隧道结构检查

因为隧道存在很多隐蔽性工程，使得后期的检查难度加大，缺陷不能第一时间检查发现，并且隧道表层是全覆盖防火

作者简介：王开梦（1993 年~），男，重庆人，工程师，从事隧道与地下工程养护、咨询、检测、监测及运营隧道评估工作。

材料，不能直接观察衬砌病害，仅通过外部防火板状况反映衬砌情况，因此常规的检查很难发现隐藏在防火板和装饰板后结构的状况。可能面临衬砌的破损、渗漏水、裂缝扩展等不能在前期发现，得到及时的监测和处治。在隧道取消检修道设计后，管线全部设置于隧道拱部，以及衬砌结构少了一道缓冲，衬砌结构损坏和运营安全风险。

2.3 隧道机电设施检查

特长隧道的机电设施是一个综合性系统，包括通风系统（风机、风阀）、照明系统（基本照明、应急照明）、供配电系统（变压器、配电柜、电缆）、消防系统（火灾探测器、灭火器、消火栓、水成膜泡沫系统）、监控与通信系统（CCTV、紧急电话、广播、交通信号、CO/VI 检测器）等。这些系统并非独立，而是紧密耦合。检查一个系统时，需要关联检查其他系统的联动功能，检查内容繁杂。

2.4 隧道其他工程设施检查

根据行业规范要求，隧道总体技术状况评定等级应采用土建结构和机电设施两者中最差的技术状况类别作为总体技术状况的类别，隧道其他工程设施在检查中存在检查不彻底，部分设施划分不明确，特别是养护单位容易忽略对此分项的养护管理。

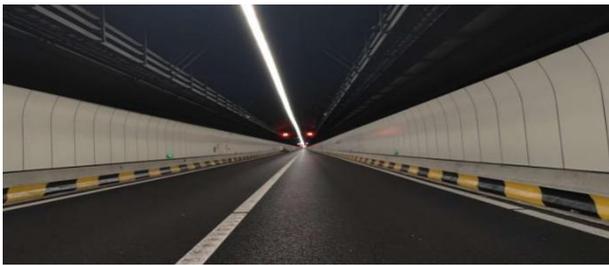


图3 隧道整体情况



图4 隧道常见机电设施



图5 隧道常见其他工程设施

3 隧道管养难点

3.1 运营与安全难点

隧道空间封闭，一旦发生火灾、交通事故或危化品泄漏，烟气蔓延快、能见度低、人员疏散困难、救援力量进入受阻。为进行养护作业，常常需要部分或全部封闭车道，这本身就会对区域交通流产生巨大影响，交通组织和疏导方案复杂。

3.2 养护作业实施难点

为尽量减少对交通的影响，养护作业通常只能在夜间车流量少的短暂“天窗期”进行。在有限的时间内，要完成设备材料运输、现场布置、高效作业、现场清理等一系列工作，对组织协调和施工效率提出极高要求。土建结构维修、机电设备保养、交通设施维护等不同专业队伍常常需要在同一狭小空间内交叉作业，管理协同难度大，容易相互干扰。

3.3 成本与管理难点

特长隧道的运营、养护、维修、更新成本是天文数字。如何在整个生命周期内进行科学的资金规划和成本控制，实现可持续发展，是业主单位面临的难题。传统的养护管理多基于经验和定期检测，缺乏对隧道健康状况的实时、连续数据支撑。

4 隧道风险识别与预防性养护

4.1 隧道风险识别

隧道作为地下线性交通工程，其运营安全面临来自结构、设备、环境及管理等多方面的风险。系统识别这些风险源是实施有效预防的基础。主要风险源可分为以下几类：

(1) 结构本体风险：衬砌裂缝、剥落、掉块、渗漏水、衬砌背后空洞、厚度不足、混凝土劣化等。这些是隧道最常见、最直接的风险源，可能存在危及结构安全和行车安全的趋势。路面开裂、隆起、沉陷、积水，影响行车平稳性与安全。各种预埋件和悬吊件锈蚀、断裂，各种桥架和挂件的变形、脱落等，存在会影响行车安全洞口区域边坡滑塌、落石、泥石流堵塞洞口、洞口结构开裂等，可能危及行车道内的通行安全。

(2) 运营设施风险：机电设施照明系统失效导致能见度骤降；通风系统故障导致烟雾、有害气体积聚；消防系统（火灾报警、灭火设施）失灵；监控与通信系统中断，影响应急指挥。排水沟、管道堵塞或泵站故障，导致隧道内严重积水，危及结构基础和行车安全。交通工程设施标志标线不清、防撞设施失效、逃生指示不明等。

(3) 环境与人为风险：交通事故造成火灾（尤其是油罐车、锂电池车辆）、危险化学品泄漏、重大碰撞事故对隧道结构和设施造成二次损害。养护单位未能及时识别初期病害或对病害严重程度判断失误，错过最佳干预时机。制定预案不完善、演练不足、响应迟缓，导致事故扩大。车辆超限超载加剧结构疲劳，违规运输易燃易爆品增加火灾风险。

4.2 隧道预防性养护

预防性养护^[5]是一种在隧道结构及设施性能出现明显劣化之前,基于定期检测、监测和风险评估,主动采取的有计划、低成本、周期性的养护干预措施。其核心目标是延缓病害发展、延长使用寿命、避免紧急大修、保障运营安全并降低全寿命周期成本。

土建结构方面:①对微细裂缝进行低压注浆或封闭处理,防止水分侵入和钢筋锈蚀。②对局部渗漏点进行疏导、引排或压力注浆封堵。③对衬砌表面剥落、疏松部位进行浅层修复和防护涂层处理。④定期清理和疏通纵向、横向排水系统,确保排水通畅。⑤对洞口边坡进行定期维护,加固防护网,清理危石。⑥吊顶及预埋件的防锈保护。

机电设施方面:①按计划对照明灯具进行清洁和分批更换,保持照度均匀。②定期启动、测试通风机和消防水泵,更换润滑油和滤网。③清洁火灾探测器、摄像头等传感器,测试其功能。④对供电线路、控制柜进行预防性试验和检修。⑤更新磨损的标线,修复损坏的标志和轮廓标。

环境与管理方面:①在雨季前、中、后期全面检查排水系统,清理截水沟。②与周边工程项目建立协调机制,监控其对隧道的影响。③定期修订应急预案,并组织多部门联合演练。

简而言之隧道风险识别是预防性养护的“眼睛”,而预防性养护则是控制风险的“手”。通过建立“检测-评估-预警-养护”的闭环管理体系,将养护工作从被动应急转向主动预防,是保障隧道长期安全、经济、高效运营的必由之路。

5 应急管理体系构建

5.1 事故分级响应机制

为满足养护单位对突发事件应急管理需要,提高养护单位预警、预防和应急救援能力,最大限度的降低突发事件损失(包括:人员伤亡、财产损失、环境污染和社会影响等不良后果),养护单位需结合实际情况特制定突发事件应急预案。

按照事件类型、严重程度、可控性、影响范围及应急处置能力等因素,结合管理实际,突发事件应急响应分级分为I级、

II级、III级、IV级共四级响应^[7]。

(1) I级响应由养护单位应急领导小组组长(董事长或总经理)下达响应或终止指令,并担任指挥处置,并上报属地政府管理部门和上级单位;(2) II级响应由养护单位应急领导小组副组长(分管安全总经理)下达响应或终止指令,并担任指挥处置,并上报属地政府管理部门和上级单位;(3) III级响应由养护单位应急领导小组办公室主任(安全应急部负责人)下达响应或终止指令,负责指挥处置,并上报副组长;(4) IV级响应由养护单位监控中心主任下达响应或终止指令,并担任指挥处置,上报养护运维部,并登记突发事件处理情况,每月报安全应急部。

5.2 多部门协同预案

隧道,尤其是长隧道和隧道群,是一个复杂的运营系统。其突发事件的应急处置往往超出单一运营管理部门的职责和能力范围,涉及交通管控、消防救援、医疗急救、治安维护、环保处置等多个领域。因此,需建立一套权责清晰、响应迅速、运作高效的多部门协同预案,是应对隧道重大风险、最大限度减少生命财产损失、快速恢复交通的关键保障。

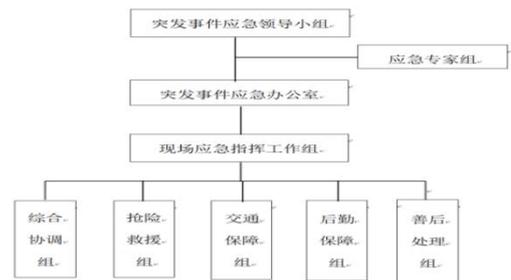


图6 应急组织机构图

6 结语

本文通过简单的描述隧道检查和运营期间面临的重难点问题,对隧道总体情况有了初步的认识。我们检测单位隧道定期检查或专项检查时,也更加注重结合养护单位的日常养护情况开展工作,养护单位也能建立更完善的隧道数据库。为隧道健康良性的运行,隧道安全运营,人民财产安全提供可靠的保障。

参考文献:

- [1] 珠海市交通运输局.《珠海市综合交通运输体系发展“十四五”规划》,2024.
- [2] 上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司.兴业快线(北段)施工图工程编号:GD2015001S,2018.
- [3] 重庆市交通委员会.公路隧道养护技术规范:JTG H12—2015[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.
- [4] 陈园园,项彦茂,李俊,等.公路隧道土建结构病害分析及养护建议[J].工程技术研究,2024,9(08):124-127.
- [5] 代东林,蒋明星.普通国道隧道机电设施养护检测典型问题及成因分析[J].机电信息,2025,(11):69-72.
- [6] 王裘财,马济昶.公路隧道预防性养护研究初探[J].运输经理世界,2020,(04):59-61.
- [7] 中华人民共和国应急管理部.国家突发公共事件总体应急预案,2006.