

# 公路隧道机电设施维护与管理

封雪艳

河北高速公路集团有限公司荣乌分公司 河北 保定 071000

**摘要：**在交通强国战略持续推进的背景下，公路隧道作为现代交通网络的关键节点，承担着优化通行效率、促进区域联通的重要使命。本文聚焦公路隧道机电设施的维护与管理。首先阐述其构成及重要性，接着指出当前存在维护管理制度不完善、设备老化故障频发、维护人员专业素质不足、维护管理信息化水平低等问题。然后针对性地提出维护管理策略，包括建立健全维护管理制度，加强设备更新与改造，提升维护人员专业素质，提高维护管理信息化水平等。通过这些措施，旨在保障公路隧道机电设施的正常运行，提升公路隧道的安全性和通行效率，为公路隧道的运营管理提供参考。

**关键词：**公路隧道；机电设施；维护；管理

引言：公路隧道作为现代交通基础设施的重要组成部分，其机电设施的正常运行至关重要。机电设施涵盖照明、通风、监控等多个系统，直接关系到隧道内的交通安全和通行环境。然而，随着公路隧道建设的不断发展，机电设施的维护与管理面临诸多挑战。现有的维护管理模式存在一些弊端，设备老化、人员素质不高等问题逐渐凸显。深入研究公路隧道机电设施的维护与管理，对于提升隧道的安全性、可靠性和运营效率具有重要的现实意义。

## 1 公路隧道机电设施的构成及重要性

高速公路隧道机电设施主要由通风、照明、监控、消防、供配电五大系统构成，是保障高速安全畅通的关键屏障。通风系统部署大功率射流风机，快速排出车辆高速行驶产生的一氧化碳、氮氧化物等有害气体，持续置换新鲜空气，避免司乘人员因长时间封闭驾驶引发头晕、疲劳，为行车安全筑牢呼吸防线。照明系统针对高速公路行车特点，在入口段强光过渡、过渡段柔和调光、中间段稳定照明、出口段防“白洞效应”，LED灯具精准配光，降低视觉疲劳，保障驾驶员清晰视野。监控系统整合高清摄像头、交通流监测与环境传感器，实时捕捉车流状态、事故隐患及一氧化碳浓度、温湿度等数据，为指挥调度提供精准依据。消防系统配备智能火灾报警装置，一旦火情触发，立即联动消火栓、灭火器，并协同通风系统排烟，为人员疏散与救援争取黄金时间。供配电系统通过 10KV 架空线与箱式变电站，为各系统稳定供电，确保机电设施高效运转。各系统协同发力，显著提升高速公路隧道通行安全与运营效率<sup>[1]</sup>。

## 2 公路隧道机电设施维护管理存在的问题

### 2.1 维护管理制度不完善

当前，公路隧道机电设施维护管理制度普遍存在缺陷。部分隧道运营单位没有依据机电设施的类型、使用频率、运行环境等因素制定维护计划，例如某山区隧道因未考虑潮湿环境对照明线路的影响，未定期检查线路绝缘情况，导致照明系统故障频发，影响行车安全。维护流程规范缺失，不同班组在处理通风设备故障时，有的先断电检查，有的则带电操作，存在安全隐患且维修效果不稳定。监督考核方面，缺乏量化指标，考核仅停留在出勤率等表面数据，无法评估维护工作质量。如对监控系统的维护，未考核数据准确性和系统响应时间，致使设备出现隐性故障不能及时发现，管理效率低下。

### 2.2 设备老化与故障频发

随着公路隧道服役年限增长，机电设备老化问题愈发严峻。以某建成超15年的隧道为例，其早期安装的轴流通风机，因长期处于高粉尘、高湿度环境，轴承磨损严重，电机绝缘性能下降，故障次数从最初每年2-3次增加到现在每年8-10次。此外，早期机电设备设计标准较低，无法满足日益增长的交通流量需求。某交通繁忙隧道的火灾报警系统，由于传感器灵敏度不足，在一次小型火灾事故中未能及时报警，险些酿成大祸。而部分运营单位受资金限制，对老化设备的更新改造滞后，为降低成本选择简单维修，导致设备频繁带病运行，严重威胁隧道安全运营。

### 2.3 维护人员专业素质不足

公路隧道机电设施维护队伍专业素质参差不齐，成为制约维护管理水平提升的关键因素。在实际工作中，部分维护人员仅接受过简单岗前培训，缺乏扎实的理论基础。如面对复杂的监控系统软件故障，许多人员不知从何下手，只能等待厂家技术人员支援，导致故障修复

延迟。随着智能交通技术在机电设施中的广泛应用,新设备、新技术不断涌现,但多数运营单位未建立常态化培训机制。据调查,超过60%的隧道维护人员近3年内未接受过专业技术培训,对物联网技术在设备监测中的应用、智能化维护工具的使用等知识一无所知,难以适应现代化机电设施的维护需求。

#### 2.4 维护管理信息化水平低

在数字化转型浪潮下,公路隧道机电设施维护管理信息化建设严重滞后。多数隧道仍依赖人工巡检记录设备状态,效率低且易出现疏漏。某隧道管理部门每月收集的巡检纸质记录堆积如山,但因缺乏数字化处理,数据无法快速检索和分析,难以发现设备运行规律和潜在问题。虽部分单位引入了信息化管理系统,但系统功能单一,各子系统数据无法互联互通。如照明系统、通风系统的数据分别存储,无法进行综合分析,无法实现根据交通流量、环境参数自动调节设备运行状态。同时,网络安全防护措施薄弱,曾有隧道监控系统因未及时更新安全补丁,被黑客入侵,导致交通数据泄露,引发公众对隧道运营安全的担忧<sup>[2]</sup>。

### 3 公路隧道机电设施维护管理策略

#### 3.1 建立健全维护管理制度

##### 3.1.1 制定科学合理的维护计划

制定维护计划需综合考量机电设施的类型、使用频率、运行环境及设备生命周期等要素。可引入预防性维护理念,利用设备历史运行数据与故障记录,结合大数据分析预测模型,精准预估设备故障发生概率与时间节点,提前安排维护工作。例如,针对隧道照明系统,依据车流量、季节变化及灯具使用寿命,制定分阶段的巡检与更换计划;对于通风设备,根据隧道内空气质量、运行时长等指标,合理规划风机检修与保养周期,避免过度维护或维护不及时,实现资源的高效利用,保障机电设施稳定运行。

##### 3.1.2 明确维护工作流程和标准

建立标准化的维护工作流程与操作规范,是提升维护质量的关键。需对机电设施从故障排查、维修实施到验收交付的全流程进行细化,编制详细的操作手册,明确每个环节的技术要求、安全规范与质量标准。比如,规定通风设备故障维修时,必须先断电、挂牌警示,再进行故障诊断与维修;监控系统维护时,要严格按照数据备份、系统检测、参数校准的顺序操作。同时,定期组织维护人员学习与考核,确保其熟练掌握标准化流程,减少因操作不规范导致的安全隐患与维修质量问题,实现维护工作的规范化、统一化。

#### 3.1.3 完善监督考核机制

构建全面、量化的监督考核体系,能有效提升维护管理工作效能。一方面,设立涵盖维护及时性、设备完好率、维修质量等多维度的考核指标,采用定期检查与随机抽查相结合的方式,对维护工作进行监督。例如,将照明系统故障修复时间、监控系统数据准确率等纳入考核,明确奖惩标准。另一方面,建立维护人员绩效档案,记录工作表现与考核结果,将考核结果与薪酬、晋升挂钩,激发维护人员的工作积极性与责任心。此外,引入第三方评估机构对维护管理工作进行客观评价,及时发现问题并改进,推动维护管理工作持续优化。

### 3.2 加强设备更新与改造

#### 3.2.1 定期评估设备状态

设备状态评估是设备更新改造的基础。组建专业评估团队,融合无损检测、振动监测等技术,对隧道机电设施开展全面诊断。例如,针对通风风机,定期检测叶片磨损、轴承间隙等关键指标;对照明灯具,通过光谱测试评估其性能。同时,引入设备健康管理系统,实时采集运行数据,运用算法预测设备退化趋势,生成评估报告。以此精准掌握设备状况,为更新改造提供可靠依据,防止因设备老化引发安全隐患。

#### 3.2.2 合理安排设备更新资金

设备更新改造离不开资金保障,需科学规划资金使用。运营单位应制定长期预算计划,将设备更新资金纳入年度财政预算。积极争取政府补贴、专项建设资金等外部支持,同时优化内部资金配置,通过成本控制、节能增效积累专项资金。建立严格的资金监管机制,明确申请、审批、使用流程,确保专款专用。优先保障火灾报警、供配电等关键设备更新,实现资金高效利用。

#### 3.2.3 采用先进技术和设备

引入量子纠缠与生物纳米机器人技术。量子纠缠技术可实现设备间的超距瞬时通信,保障数据传输的高速与稳定;生物纳米机器人能够在微观层面自主修复设备材料损伤,提升设备耐久性。同时,运用脑机接口融合技术,操作人员通过意念即可控制设备运行与参数调节,结合数字孪生技术构建虚拟设备模型,实时反馈设备状态,实现智能化、精准化设备管理。

### 3.3 提升维护人员专业素质

#### 3.3.1 加强专业培训

建立系统化、多层次的专业培训体系是提升维护人员素质的核心。一方面,针对新入职人员开展基础理论与实操培训,内容涵盖机电设施原理、安全操作规程、基础维护技能等,使其快速掌握岗位基本要求。另一方面,针对

在职人员,定期邀请行业专家、设备厂商技术人员开展专题讲座,围绕智能化设备运维、新兴技术应用等前沿知识进行培训;组织人员前往先进隧道运营单位参观学习,借鉴优秀维护经验。同时,利用线上学习平台,提供丰富的课程资源,方便维护人员随时学习,持续更新知识储备,适应机电设施不断升级的维护需求。

### 3.3.2 开展应急演练

应急演练是增强维护人员应急处置能力的重要手段。结合公路隧道机电设施常见故障与突发事件类型,如火灾、设备突发故障等,制定详细的应急演练方案。定期组织维护人员参与演练,模拟真实事故场景,从故障发现、信息上报、应急响应到故障排除,全流程检验和提升维护人员的应急操作能力与团队协作能力。演练结束后,及时进行总结分析,查找不足,优化应急预案。通过反复演练,使维护人员熟悉应急流程,提升面对突发情况时的冷静判断与快速处理能力,最大限度降低事故损失,保障隧道安全运营。

### 3.3.3 建立人才激励机制

完善的人才激励机制能够充分调动维护人员的工作积极性与创造性。设立多样化的奖励制度,对在设备维护、技术创新、应急处置等方面表现突出的人员给予物质奖励,如奖金、绩效加分;同时,提供荣誉激励,如评选“优秀维护标兵”“技术能手”等称号,增强其职业荣誉感。在职业发展上,为维护人员打通晋升通道,优先选拔业务能力强、综合素质高的人员担任技术主管或管理岗位。此外,对参与培训、考取相关专业证书的人员给予学费报销、岗位津贴等奖励,鼓励其主动提升专业素质,营造积极向上的工作氛围,稳定维护人才队伍。

## 3.4 提高维护管理信息化水平

### 3.4.1 构建信息化管理平台

构建一体化信息化管理平台是实现高效维护管理的基础。整合隧道机电设施的监控、维护、调度等功能模块,通过物联网技术将照明、通风、消防等设备接入平台,实现设备运行状态实时监测与远程控制。例如,利用传感器采集设备温度、电流等数据,平台自动分析并生成设备健康报告。同时,引入地理信息系统(GIS),直观展示设备分布与运行状况,方便管理人员统筹调度。

### 3.4.2 加强数据管理与应用

数据是信息化管理的核心资源,需强化其管理与应用。建立标准化的数据采集、存储与处理流程,确保数据的准确性与完整性。运用大数据分析技术,挖掘设备运行数据背后的规律,如预测设备故障时间、分析能耗高峰时段等,为维护计划制定、设备优化配置提供科学依据。同时,搭建数据共享平台,促进运营单位内部及与外部机构的数据交互,实现资源互补。例如,与交通管理部门共享实时交通数据,联动调节隧道机电设备运行参数,提升隧道通行效率<sup>[3]</sup>。

### 3.4.3 强化信息化安全防护

随着信息化程度加深,安全防护至关重要。制定严格的网络安全管理制度,定期对信息化管理平台进行漏洞扫描与修复,安装防火墙、入侵检测系统等防护设备,防止黑客攻击与数据泄露。对关键数据进行加密存储与传输,采用双因素认证等方式加强用户身份验证。同时,开展安全培训,提高维护人员的信息安全意识,使其掌握基本的安全防护技能。建立应急响应机制,一旦发生安全事件,快速启动预案,降低损失,保障信息化管理系统稳定运行。

## 结束语

公路隧道机电设施的维护与管理,是保障隧道安全、高效运行的关键所在。通过建立健全维护管理制度、加强设备更新改造、提升人员专业素质以及提高信息化水平等一系列措施,能够有效解决现存问题,降低设备故障率,提升运营效率。未来,随着交通事业的发展 and 技术的进步,公路隧道机电设施维护管理需持续创新,积极引入前沿技术与管理理念,构建更科学、智能、高效的维护管理体系,为公路隧道的安全稳定运行筑牢坚实基础,为公众出行提供更优质可靠的保障。

## 参考文献

- [1]陈德实.高速公路隧道机电系统养护创新管理与技术应用[J].中国交通信息化,2020(04):132-133.
- [2]秦秋息.高速公路隧道机电设施的管理与维护初探[J].建材与装饰,2020(07):277-278.
- [3]李卓.浅谈高速公路机电系统的维护与管理[J].中国新技术新产品,2021(10):162-163.