

# 高速公路机电设备故障维护与维修体系构建研究

李 博

石家庄市交投津石高速公路建设管理有限公司深正分公司, 河北 石家庄 050000

**[摘要]**随着我国高速公路网络的智能化升级, 机电设备运行稳定性直接决定高速公路通行质量与管理效能。当前, 传统故障维护与维修模式存在流程不规范、资源配置不合理等问题。文章基于设备全生命周期管理理论与智能化运维理念, 系统分析当前故障维护与维修工作的现存问题, 构建故障维护与维修体系, 提出针对性的保障措施, 为提升高速公路机电设备运维效率、降低故障发生率、延长设备使用寿命。

**[关键词]**高速公路; 机电设备; 故障维护; 维修体系; 全生命周期管理; 智能化运维

DOI: 10.33142/sca.v9i1.18953

中图分类号: TP38

文献标识码: A

## Research on the Construction of Maintenance and Repair System for Mechanical and Electrical Equipment Malfunctions on Highways

LI Bo

Shenzheng Branch of Shijiazhuang Communication Investment Jinshi Expressway Construction Management Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** With the intelligent upgrade of Chinese highway network, the stability of mechanical and electrical equipment operation directly determines the quality of highway traffic and management efficiency. Currently, the traditional fault maintenance and repair mode has problems such as non-standard processes and unreasonable resource allocation. Based on the theory of equipment life cycle management and the concept of intelligent operation and maintenance, this article systematically analyzes the existing problems in current fault maintenance and repair work, constructs a fault maintenance and repair system, and proposes targeted guarantee measures to improve the efficiency of highway electromechanical equipment operation and maintenance, reduce the incidence of faults, and extend the service life of equipment.

**Keywords:** highway; mechanical and electrical equipment; fault maintenance; maintenance system; whole life cycle management; intelligent operation and maintenance

### 引言

随着高速公路建设的快速发展, 机电设备的稳定运行成为保障高速公路畅通无阻的关键。近年来, 我国高速公路建设进入高质量发展阶段, 智能化、信息化技术在高速公路领域的深度应用, 高速公路机电设备已形成涵盖监控系统、收费系统、通信系统、供配电系统、照明系统及隧道机电系统等多个子系统的综合体系, 高速公路机电设备长期处于户外复杂环境中, 面临自然因素的侵蚀, 同时承受着高负荷、长时间的连续运行压力, 加之设备技术集成度不断提高, 导致故障发生率, 不仅影响高速公路的正常通行, 还可能造成巨大的经济损失。当前, 传统的运维模式已难以满足机电设备精细化、智能化管理的需求, 构建一套系统化、智能化的故障维护与维修体系, 包括人员专业化建设、智能监控平台开发和制度保障体系完善, 提升高速公路机电设备运维管理的精细化水平, 延长设备使用寿命, 为高速公路高质量发展提供有力保障。

### 1 相关理论基础与高速公路机电设备故障分析

#### 1.1 相关理论基础

全生命周期管理理论 (Lifecycle Management, LCM)

核心目标是实现设备价值最大化、运维成本最小化。该理论注重设备运行过程中的状态监测与维护保养, 通过优化运维策略, 降低故障发生率, 引入全生命周期管理理论, 能够实现对机电设备的全程管控, 提升运维管理的系统性与科学性。

闭环管理理论通过持续的循环优化, 提升管理效率与质量。闭环管理体现为“故障发现-故障上报-故障诊断-维修处置-效果检查-复盘优化”的完整流程, 每一个环节都能得到有效管控, 同时不断完善运维策略, 减少同类故障的重复发生。

#### 1.2 高速公路机电设备分类与运行特性

##### 1.2.1 设备分类

高速公路机电设备种类繁多、功能多样, 根据其功能定位与系统归属, 可分为五大类, 具体如下表 1 所示。

##### 1.2 高速公路机电设备常见故障类型与原因分析

结合高速公路机电设备的运行特性, 常见故障类型主要发生在具有机械结构的设备中, 多由设备老化、磨损、安装不规范等因素引发, 电气故障主要发生在供配电系统、监控系统、收费系统等设备中, 表现为设备断电、无法正

表 1 高速公路机电设备五大类

设备类别	核心设备	主要功能
监控系统设备	摄像头、车辆检测器、路况显示器、监控主机等	实时监测高速公路路况、车流、车速，采集路况信息，为交通管控提供支撑
收费系统设备	ETC 门架、车道控制器、费额显示器、读卡器、收费终端等	实现高速公路车辆收费管理，包括 ETC 自动收费、人工收费等，保障收费工作有序开展
通信系统设备	光纤交换机、路由器、光端机、应急电话等	承担路况信息、收费数据、指令信号等的传输任务，保障各子系统互联互通
供配电系统设备	变压器、配电箱、UPS 电源、发电机等	为各类机电设备提供稳定的电力供应，保障设备正常运行，应对突发停电情况
辅助系统设备	LED 照明灯具、隧道通风机、消防设备、养护设备等	保障高速公路夜间通行安全、隧道环境安全，为设备养护提供支撑

日常工作、信号异常等。结合故障类型，对高速公路机电设备故障的核心原因进行分析，设备质量不达标，工艺不完善等问题，导致设备运行稳定性差，长期高负荷运行导致零部件磨损、老化，性能下降，引发故障，导致设备运行过程中出现异常，引发故障。缺乏系统的维护保养计划，对设备的日常检查、定期保养不及时，导致设备隐患未及时发现，对智能化设备的故障诊断，维修效率低下，责任不明确。

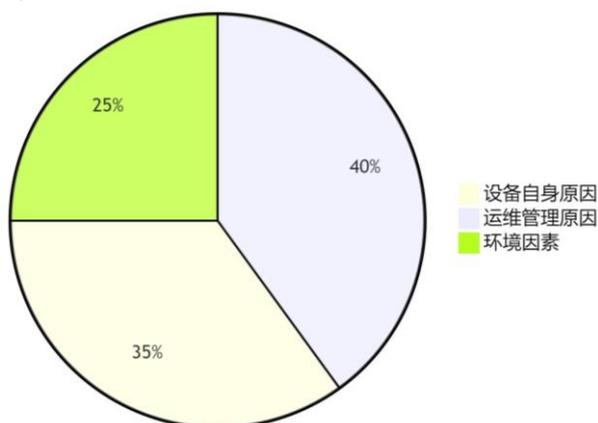


图 1 高速公路机电设备故障原因分布

## 2 高速公路机电设备故障维护与维修工作现存问题

当前，我国高速公路机电设备故障维护与维修工作虽然取得了一定的进展，仍存在诸多问题，难以适应新时代高速公路机电设备智能化、精细化管理的需求。多数高速公路机电设备运维采用“事后维修、被动响应”的传统模式这种模式存在明显的局限性，部分高速公路采用“外包运维”模式，缺乏对设备的长期维护规划，运维质量难以保障，高速公路机电设备故障维护与维修工作缺乏统一、规范的流程，导致运维工作混乱故障上报不规范，缺乏统一的故障上报渠道与标准，运维人员多依靠个人经验进行故障诊断，导致维修工作反复，维修过程中未严格遵循技术标准，故障处置完成后生，无法实现运维工作的持续改进。高速公路机电设备故障维护与维修的资源配置不合

理，运维人员数量不足，运维人员分布不均，维修设备老化、种类不全，运维技术水平难以提升。虽然我国高速公路机电设备智能化水平不断提升，故障维护与维修工作中，故障预警与诊断技术落后维修工作仍以传统工具为主，缺乏智能化的维修设备与工具，未对设备运行数据、故障数据、维修数据进行系统分析，无法通过数据分析优化运维策略，实现预测性维护。高速公路机电设备的技术集成度不断提高，对运维人员的专业素质提出了更高的要求，缺乏系统的专业培训，硬件维修设备维护，导致人才流失严重。

## 3 高速公路机电设备故障维护与维修体系构建

### 3.1 设备全生命周期管理模块

该模块实现设备从采购到报废的全程管理，为故障维护与维修工作提供支撑。建立严格的设备采购管理制度，明确采购标准、采购流程与质量管控要求，优先选择质量可靠、性能稳定、售后完善、适配高速公路运行环境的设备，加强采购过程中的质量审核，确保采购设备的质量。制定统一的设备安装技术标准与流程，安排专业的安装人员进行设备安装，加强安装过程中的质量管控，安装完成后，验收合格后方可投入使用。建立设备运行台账，实现设备运行状态的全程追溯；为故障预警与维护保养提供数据支撑。建立设备报废评估机制确保机电系统的正常运行。

### 3.2 故障监测与预警模块

该模块是构建智能化数据采集网络，在各类机电设备上安装传感器、监测终端等设备，实时采集设备的运行参数，采集设备的环境数据为故障分析与预警提供全面的数据支撑确保采集数据的质量。构建统一的智能化监测平台，为故障预警提供依据。运用大数据、人工智能等算法模型，提醒运维人员及时处置，尽快恢复受影响区域的服务。

### 3.3 故障诊断与维修模块

该模块是建立统一的故障上报渠道明确故障上报的标准与要求，确保故障上报信息完整结合智能化监测平台采集的数据、故障上报信息，提高诊断效率与准确性。运维人员根据故障诊断结果与维修方案确保故障尽快处置。故障维修完成后，确认设备能够正常运行，满足使用需求

## 4 高速公路机电设备故障维护与维修体系实施保障措施

### 4.1 资源保障

优化运维人员配置,根据高速公路里程、设备数量、分布情况,合理配备运维人员,确保运维人员数量充足;同时,加大复合型人才培养与引进力度,引进既懂硬件维修、又懂软件调试,既懂设备维护、又懂数据分析的复合型人才;建立运维人员梯队,明确各级运维人员的职责与晋升渠道,稳定运维人才队伍。更新老化、落后的维修设备,配备智能化的故障诊断与维修设备,如智能检测仪器、机器人维修设备、移动运维终端等,提升维修效率与质量;同时,配备充足的应急维修设备,应对突发故障,确保故障能够及时处置;建立维修设备管理制度,加强设备的维护保养,确保维修设备正常运行。建立科学的备件储备体系,根据设备的种类、故障发生率、使用寿命等因素,合理确定备件的储备种类、储备数量与储备地点,在高速公路沿线、收费站、隧道等关键区域设立备件储备点,确保常用备件能够及时调配;同时,建立备件管理制度,加强备件的采购、存储、领用、更新等管理,确保备件质量,避免备件积压与短缺。加大运维资金投入,合理安排运维资金预算,确保资金充足,重点投入设备维护保养、智能化技术应用、人员培训、备件储备等环节;同时,建立资金管理制度,加强资金的使用监管,确保资金专款专用,提高资金使用效率;积极争取政策支持,拓宽资金筹措渠道,为体系实施提供稳定的资金支撑。

### 4.2 技术保障

技术保障是体系实施的核心支撑,加快构建统一的智能化运维平台,整合各子系统设备的监测数据,实现数据共享与协同分析。智能化技术的高速发展进一步推动了高速公路机电设备的更新换代,将智能化技术与机电设备相结合不仅可以推动高速公路的智能化发展,而且还可以提升高速公路机电设备管理的效率和质量,充分运用大数据、物联网等技术,优化故障监测、预警、诊断与维修流程,实现故障自动预警、智能诊断、精准维修;推广智能化维修工具与设备的应用,减少人工干预,提高运维效率与质量。加大运维技术创新投入,鼓励运维人员与技术人员开展技术研发,针对运维工作中的难点问题,研发针对性的技术与设备。与高校、科研机构、设备供应商建立长期稳定的技术合作关系,开展联合研发、技术攻关、人才培养等合作,借助高校与科研机构的技术优势,解决运维技术难题。加强行业内技术交流与合作,分享运维经验与技术成果,共同提升高速公路机电设备运维技术水平。

### 4.3 制度保障

制度保障是体系实施的重要支撑,结合体系构建内容,制定完善的设备全生命周期管理制度、故障监测与预警制度、维护保养制度等,明确各制度的具体内容,确保体系

各模块、各环节有章可循。制定统一的运维工作流程,明确各流程的操作步骤、时间要求、责任人员,确保运维工作规范、有序开展;同时,建立流程监督机制,加强对流程执行情况的监督检查,及时发现与纠正流程执行过程中存在的问题。建立体系运行考核评价制度,明确考核评价指标,定期对体系运行效果、运维部门与人员的工作绩效进行考核评价;考核评价结果与运维人员的薪酬待遇、晋升渠道、评优评先等挂钩,形成有效的激励与约束机制,提升运维人员的工作积极性与主动性。

### 4.4 人员保障

人员保障是体系实施的关键,建立系统的运维人员培训体系,制定常态化的培训计划,明确培训内容、培训方式、培训周期,培训内容涵盖设备结构、原理、故障诊断、维修技术、智能化技术、安全操作等,培训方式采用理论培训与实践操作培训相结合、线上培训与线下培训相结合的方式,邀请专家、设备供应商进行授课,提升培训效果;同时,建立培训考核制度,对培训效果进行考核,确保运维人员掌握相关知识与技能。鼓励运维人员参加行业培训、技能竞赛、职称评定等活动,拓宽知识面,提升专业能力;建立“导师带徒”机制,由经验丰富的运维人员带领新入职人员,传授运维经验与操作技能,加快新入职人员成长;同时,鼓励运维人员主动学习先进的运维技术与理念,不断更新知识结构,适应设备更新迭代与技术升级的需求。

## 5 结论与展望

本文聚焦高速公路机电设备故障维护与维修体系构建,经理论梳理、故障与现存问题分析,构建了科学高效闭环的体系,结论如下:高速公路机电设备特点突出,常见故障有四类,原因有三方面,当前运维问题多,构建完善体系迫切且必要。基于相关理论,遵循一定原则明确核心目标,构建“一个核心、五大模块、三大支撑”的整体框架,涵盖五大核心模块与三大支撑。设计四大运行机制确保协同高效运行,从四方面提出实施保障措施促体系落地优化。该体系突破传统局限,实现运维模式转型,能降低故障发生率等,保障设备运行,具实践指导与应用价值。随着我国高速公路智能化、信息化发展,机电设备更新加快,体系需持续优化。未来研究方向:加强智能化技术深度应用,优化运维平台;针对新型设备优化核心模块与运行机制;加强区域协同运维研究;完善体系考核评价机制。

### [参考文献]

- [1]郭鑫.高速公路机电设备故障维护分析及维修的高效管理[J].交通世界,2021(12):219-220.
- [2]杜森.高速公路机电设备故障的维修与维护研究[J].黑龙江交通科技,2021,44(2):240-241.
- [3]胡鱼园,庄发彬.高速公路机电设备故障维修与维护措施探讨[J].科技风,2021(2):166-167.

- [4]左霖杰.高速公路机电系统的维护及管理[J].现代工业经济和信息化,2018,8(16):106-108.
- [5]王振业.基于高速公路交通机电工程设备技术研究[J].智库时代,2018,11(47):126-127.
- [6]张新斌.浅谈高速公路机电设备的维护保养[J].四川水泥,2018,12(11):62-63.
- [7]郝焱伟.高速公路机电设备的常见故障与防范措施[J].中国高新科技,2018,11(20):112-114.
- [8]王鹏.高速公路机电设备故障及其预防策略[J].黑龙江科学,2020,11(10):108-109.
- [9]欧楚锐.高速公路机电设备故障的预防及控制[J].欧楚锐.中国交通信息产业,2010,13(2):24-25.
- [10]邵志鹏.论高速公路机电设备故障的维护和维修的高效管理策略[J].电子元器件与信息技术,2018(5):28-31.
- [11]隆忠华.高速公路机电设备故障维护和维修的高效管理[J].科技创新与应用,2015(31):231.
- [12]韩华.浅谈高速公路机电设备的维护管理[J].中国交通信息化,2015(1):36-38.
- [13]周东坚.高速公路机电设备维护和管理措施研究[J].运输经理世界,2022(36):160-162.
- 作者简介:李博,当前就职单位:石家庄市交投津石高速公路建设管理有限公司深正分公司。