

# 数字化形势下高速公路机电营运提质增效路径

温 林

江苏宁沪高速公路股份有限公司 江苏 南京 210000

**摘要:** 数字化时代背景下,高速公路机电营运作为保障路网安全、高效、有序运行的核心支撑,亟需通过转型实现提质增效。本文明确高速公路机电营运、数字化技术等核心概念,梳理相关理论及二者耦合关系,剖析当前设备运维、数据整合、流程改造、人才储备等方面的问题及根源,从设备升级、数据融合、流程优化、人才建设四方面,提出针对性提质增效路径,为机电营运数字化转型、实现高质量低成本运行提供实践与理论支撑。

**关键词:** 数字化形势下;高速公路;机电营运;提质增效路径

**引言:** 随着智慧交通建设不断推进,大数据、物联网、数字孪生等数字化技术快速发展,为高速公路机电营运提质增效提供了新机遇。当前我国高速公路机电营运规模持续扩大,数字化应用初见成效,但传统营运模式的短板仍较为突出,制约了质效提升。在此背景下,深入探究数字化与机电营运的融合路径,破解发展瓶颈,对推动高速公路机电营运高质量发展、助力交通强国建设具有重要意义。

## 1 相关概念与理论基础

### 1.1 核心概念界定

(1) 高速公路机电营运:指依托高速公路通信、监控、收费三大核心系统,开展设备运维、通行管控、服务保障等一系列常态化工作,是保障高速公路安全、高效、有序运行的核心支撑,涵盖设备巡检、故障处置、数据统计等全流程环节。(2) 数字化技术:以数据为核心,涵盖大数据、物联网、人工智能、数字孪生等技术,通过对各类信息的采集、传输、分析与应用,实现传统流程的数字化重构,为行业发展提供精准化、智能化支撑。(3) 提质增效内涵:“提质”指提升高速公路机电营运的服务质量、设备可靠性和管控精准度;“增效”指降低运营成本、减少人力投入、提升工作效率,最终实现机电营运的高质量、低成本运行。

### 1.2 相关理论支撑

(1) 数字孪生理论:通过构建高速公路机电系统的虚拟镜像,实现物理系统与虚拟系统的实时映射、数据同步和双向交互,可用于设备故障预判、运维流程模拟优化、应急处置演练,为机电营运提供可视化、可追溯、可预测的现代化管理手段。(2) 物联网技术理论:基于各类传感器、通信模块和网络传输设备,实现机电设备运行状态、道路环境参数等信息的实时采集与互联互通,打破传统机电营运中的信息孤岛,为机电营运的

智能化决策和精准化运维提供全面、实时的数据支撑。

(3) 精细化管理理论:强调以标准化、规范化、精准化的管理模式,细化机电营运各环节的工作流程、责任分工和操作标准,优化资源配置,减少人为失误和冗余环节,提升营运管理的科学性、规范性和高效性,助力机电营运提质增效。

## 1.3 数字化与高速公路机电营运的耦合关系

(1) 数字化对机电营运的赋能作用:数字化技术可实现机电设备运维的智能化、通行管控的精准化和服务保障的精细化,减少人工干预,降低设备故障发生率和处置时间,同时提升服务响应速度,优化司乘出行体验,推动机电营运模式升级。(2) 机电营运数字化转型的核心需求:源于传统机电营运中设备运维效率低、数据碎片化、管控滞后、成本偏高的痛点,核心是通过数字化手段破解发展瓶颈,满足设备可靠运行、管控精准高效、服务优质便捷的发展需求,实现营运模式的转型升级<sup>[1]</sup>。(3) 耦合发展的核心逻辑:以机电营运的实际需求为导向,依托数字化技术的支撑能力,实现“需求牵引技术创新、技术赋能需求落地”的双向联动,推动数字化技术与机电营运各环节深度融合,最终实现机电营运提质增效的核心发展目标。

## 2 数字化形势下高速公路机电营运现状及存在问题

### 2.1 高速公路机电营运发展现状

(1) 机电营运规模与覆盖范围:随着我国高速公路网络的持续完善,机电营运规模不断扩大,已实现全国主要高速公路路段的机电系统全覆盖,涵盖通信、监控、收费、照明等各类设备,形成了跨区域、一体化的营运格局。当前,机电设备总量稳步增长,从核心系统到配套设施的运维范围不断延伸,为高速公路安全畅通运行提供了基础保障,同时也对营运管理的效率和质量提出了更高要求。(2) 数字化应用初步实践:数字化技

术已在机电营运中初步落地,部分路段引入了智能巡检设备、数据采集终端等工具,实现了设备运行状态的初步监测和数据记录;收费系统完成了ETC全覆盖,通行效率显著提升;监控系统实现了视频实时监控,为应急处置提供了支撑,数字化应用已呈现出初步成效,为后续转型发展奠定了基础。(3)现有提质增效工作基础:行业内已逐步重视机电营运提质增效工作,通过规范运维流程、优化人员配置、更新老旧设备等方式,降低了营运成本、提升了工作效率;部分地区建立了机电营运管理台账,明确了运维责任,积累了一定的管理经验,为数字化转型背景下的提质增效工作提供了良好的实践基础。

## 2.2 数字化形势下机电营运存在的核心问题

(1)设备运维数字化水平偏低:当前多数路段机电设备运维仍以人工巡检为主,数字化运维工具应用不广泛,缺乏对设备运行状态的实时监测和智能预警,故障排查依赖人工经验,不仅效率低下,还易出现漏检、误判等问题,无法及时发现潜在故障,影响设备运行可靠性。(2)数据资源整合不足,存在信息壁垒:机电营运涉及的通信、监控、收费等系统各自独立运行,数据标准不统一,形成了“信息孤岛”,无法实现数据的互联互通和高效共享;各类数据分散存储、杂乱无章,缺乏统一的管理平台,难以发挥数据的分析和决策支撑作用。(3)营运管理流程数字化改造滞后:传统机电营运管理流程繁琐、冗余,仍依赖人工填报、纸质记录等方式,数字化改造进度缓慢;流程衔接不顺畅,各环节协同效率低,缺乏智能化的流程管控手段,无法适应数字化形势下高效营运的需求<sup>[2]</sup>。(4)专业数字化人才储备不足:机电营运领域缺乏既懂机电设备技术、又掌握数字化技术的复合型人才,现有从业人员数字化技能不足,难以熟练操作数字化运维工具、分析处理数据,无法满足数字化转型和提质增效的人才需求,制约了数字化应用的深度落地。

## 2.3 问题产生的根源分析

(1)技术投入力度不足:部分运营单位对数字化技术投入重视不够,资金、技术资源向传统运维倾斜,数字化设备更新、系统升级和技术研发投入不足,导致数字化技术无法全面、深入应用于机电营运各环节,难以支撑数字化转型需求。(2)管理机制不完善:缺乏适配数字化转型的管理制度和协同机制,各部门职责划分不清晰,数据管理、设备运维、人才培养等方面缺乏明确的标准和规范;激励机制不健全,从业人员参与数字化转型的积极性不高,制约了问题的有效解决。(3)数字化转型理念滞后:部分运营单位和从业人员仍固守传统

营运管理理念,对数字化转型的重要性、紧迫性认识不足,缺乏主动转型的意识;对数字化技术的应用价值理解不深入,未能将数字化理念融入机电营运全流程,导致转型工作推进缓慢。

## 3 数字化形势下高速公路机电营运提质增效路径

### 3.1 推进机电设备数字化升级,筑牢提质增效硬件基础

(1)老旧设备数字化改造与替换:针对现有老化、低效、不兼容的机电设备,制定分阶段改造替换计划,优先对通信、监控、收费等核心系统的老旧设备进行升级,替换为具备数字化采集、传输、交互功能的智能设备,淘汰能耗高、故障率高的落后设备。同时,确保新设备与现有系统的兼容性,避免重复建设,通过设备升级提升运行稳定性,减少故障停机时间,为机电营运提质增效筑牢硬件根基。(2)智能监测设备全域部署:在高速公路全线、隧道、互通立交等关键路段,全域部署智能传感器、高清摄像头、物联网终端等监测设备,实现对机电设备运行状态、道路通行环境、交通流量等信息的实时采集。重点覆盖收费设备、监控设备、照明系统等核心设施,构建全方位、无死角的监测网络,为后续数据处理和智能决策提供精准、实时的数据支撑,提升设备运维和通行管控的精准度。(3)设备全生命周期数字化管控:建立机电设备全生命周期数字化管理体系,依托数字化平台,对设备采购、安装、运维、报废等全流程进行动态管控,记录设备运行参数、维护记录、故障信息等数据。通过数据分析实现设备故障预判、精准维护,合理安排运维计划,减少盲目巡检,降低运维成本,延长设备使用寿命,实现设备资源的高效利用<sup>[3]</sup>。

### 3.2 构建一体化数据平台,打破信息壁垒

(1)多源数据整合与标准化处理:整合高速公路机电营运中通信、监控、收费、运维等各系统的多源数据,明确数据采集标准、格式规范和分类体系,对分散的数据进行清洗、整理、标准化处理,消除数据冗余和不一致性。将设备运行数据、交通流量数据、运维记录数据等纳入统一数据池,实现数据的集中管理,为数据共享和深度应用奠定基础。(2)数据共享机制建设:建立跨部门、跨路段的数据共享机制,明确数据共享范围、权限和流程,打破各系统之间的信息壁垒,实现数据互联互通。推动机电营运数据与高速公路管理、应急救援、公众服务等相关数据的共享,提升数据利用率,让数据为营运决策、服务优化提供支撑,实现“一次采集、多方复用”。(3)数据安全保障体系完善:

在数据整合共享的基础上,构建全方位的数据安全保障体系,加强数据采集、传输、存储、使用等各环节的安全防护。采用加密技术、访问控制、安全审计等手段,防范数据泄露、篡改和滥用;建立数据安全应急处置机制,及时应对数据安全风险,保障数据安全稳定,为数字化应用提供安全可靠的环境。

### 3.3 优化营运管理流程,推动数字化赋能

(1) 收费系统数字化优化:进一步完善ETC收费系统,优化通行流程,提升收费效率;推广无感支付、车牌识别等数字化收费方式,实现“无人值守、无感通行”。同时,整合收费数据与交通流量数据,分析通行规律,优化收费站点布局和车道配置,减少车辆拥堵,提升司乘出行体验,降低收费环节的人力成本。(2) 运维流程智能化升级:依托数字化平台和智能监测设备,将传统人工巡检模式升级为“智能监测+远程运维+现场处置”的智能化模式。通过实时监测数据实现故障自动预警,精准定位故障位置和原因,安排运维人员高效处置;建立运维工单数字化管理体系,实现运维任务的精准分配、进度跟踪和效果评估,提升运维效率,降低运维成本<sup>[4]</sup>。(3) 应急处置数字化转型:构建数字化应急处置体系,整合监控数据、交通数据、设备数据等资源,实现应急事件的自动识别、快速预警和精准处置。建立应急处置预案数字化库,通过模拟演练优化预案;利用视频监控、实时定位等技术,实现应急资源的合理调配和应急人员的高效协同,缩短应急处置时间,提升应急处置能力,保障高速公路通行安全。

### 3.4 强化人才队伍建设,夯实数字化转型支撑

(1) 数字化人才引育:制定针对性的数字化人才引育计划,重点引进既精通机电设备技术、又掌握大数据、物联网、人工智能等数字化技术的复合型人才,充实人才队伍,弥补人才短板。同时,与高校、职业院校、行业企业开展深度合作,开展定向培养和校企联合育人,结合行业发展需求设置相关专业课程,为机电营运领域持续输送专业素养高、实操能力强的数字化人才,缓解人才短缺问题。(2) 现有人员数字化技能培

训:针对现有从业人员,开展分层分类、精准高效的数字化技能培训,培训内容涵盖数字化设备操作、数据处理与分析、智能运维系统应用、网络安全等方面,全面提升从业人员的数字化素养和实操能力。定期组织培训考核、技能竞赛和交流学习活动,鼓励从业人员主动学习数字化技术、更新知识结构,适应数字化转型需求,打造一支具备数字化能力的专业运维和管理队伍<sup>[5]</sup>。

(3) 人才激励机制完善:建立健全数字化人才激励机制,将从业人员的数字化技能水平、工作成效与薪酬待遇、晋升机会、评优评先直接挂钩,充分调动从业人员参与数字化转型工作的积极性和主动性。设立数字化工作专项奖励,对在数字化应用、技术创新、流程优化等方面表现突出的个人和团队给予表彰和奖励,激发人才创新活力,稳定数字化人才队伍,为数字化转型提供坚实的人才支撑。

### 结束语

推动数字化转型是高速公路机电营运提质增效的必然选择,也是适配智慧交通发展的关键举措。本文提出的设备数字化升级、一体化数据平台构建、营运流程优化及人才队伍强化等路径,可有效破解当前机电营运的核心痛点。未来需持续加大技术投入、完善管理机制、更新发展理念,深化二者深度融合,持续提升营运质效,为公众提供更优质的出行服务,助力高速公路行业高质量发展。

### 参考文献

- [1]黄本锐.基于人工智能的高速公路隧道机电设备管理系统的设计与应用[J].自动化应用,2024,65(13):49-55.
- [2]郑雄杰.高速公路机电设备管理系统AI智能体的建设及应用[J].中国交通信息化,2024,9(10):121-124.
- [3]刘昊.高速公路机电设备智慧运维探索与实践[J].建筑技术开发,2021,48(6):113-116.
- [4]赵淑俊.高速公路机电设备物资管理系统的设计与实现[J].企业改革与管理,2023,16(13):210-214.
- [5]上官燕洪.高速公路隧道机电安装施工技术措施研究分析[J].中国设备工程.2022,6(19):87-91.