

高速公路机电管理的数字化转型路径探究

王 胜

浙江高信技术股份有限公司 浙江 杭州 310000

摘要：随着高速公路路网扩容与机电系统复杂度提升，传统机电管理模式已难以适配现代化管控需求。本文界定了高速公路机电管理、数字化转型等核心概念，分析转型必要性与核心目标，重点探究数据体系建设、技术与管理融合两大核心路径，提出具体实操措施，为高速公路机电管理数字化转型提供可借鉴的实践参考，助力提升机电管理精细化水平，推动智慧高速建设落地。

关键词：高速公路；机电管理；数字化转型；必要性；核心路径

引言：当前，我国高速公路建设已进入高质量发展阶段，机电系统作为高速公路安全畅通、高效运营的核心支撑，其管理水平直接影响路网运营效能。传统机电管理以人工巡检、经验判断为主，存在信息壁垒、效率低下、运维粗放等突出问题。在此背景下，数字化转型成为破解管理瓶颈、适配智慧高速建设的必然选择。本文结合行业实践，探究高速公路机电管理数字化转型的路径，为行业内相关单位开展转型工作提供思路与支撑。

1 高速公路机电管理的数字化转型概述

1.1 高速公路机电管理概念

高速公路机电管理是围绕高速公路机电系统开展的全流程管理工作，核心涵盖监控、收费、通信三大核心系统，同时包含供电、照明等辅助系统的运维、管控与优化。其核心目标是保障机电系统稳定运行，为高速公路安全畅通、高效管控提供技术支撑，贯穿系统规划、建设、运维、更新的全生命周期，涉及设备状态监测、故障排查、参数调试、日常养护等具体工作，是高速公路现代化管理的重要组成部分。

1.2 数字化转型定义

数字化转型是指依托大数据、物联网、人工智能等现代信息技术，对传统管理模式、工作流程进行重构优化，将机电管理各环节的物理信息转化为数字信息，实现管理过程的数字化、智能化、精细化。不同于简单的信息化升级，数字化转型更注重数据的整合利用与流程的深度变革，核心是通过数据驱动提升管理效率、降低运维成本，打破传统管理中的信息壁垒，推动机电管理从“被动应对”向“主动预判”转变。

1.3 智慧高速与机电数字化概念

智慧高速是以数字化、智能化技术为核心，实现交通流、信息流、资金流协同联动的现代化高速公路发展形态，而机电数字化是智慧高速建设的核心支撑与重要

组成部分。机电数字化通过对机电系统的数字化改造，实现设备状态、交通运行等数据的实时采集、传输与分析，为智慧高速的自动驾驶、智能调度、精准管控提供数据支撑，是连接传统机电管理与智慧高速建设的关键纽带，二者相互依托、协同推进，共同推动高速公路管理体系的现代化升级^[1]。

2 高速公路机电管理数字化转型必要性

随着高速公路路网规模持续扩大、机电系统复杂度不断提升，传统机电管理模式已难以适配现代化管控需求，数字化转型成为破解管理瓶颈、提升管理效能的必由之路，其必要性主要体现在以下方面：（1）破解传统管理瓶颈的现实需要。传统机电管理以人工巡检、经验判断为主，存在响应滞后、效率低下等问题，且各系统数据分散存储、互不互通，形成信息壁垒，难以实现设备全生命周期管控，数字化转型可实现数据整合与实时监测，精准排查故障、优化养护方案，从根本上解决传统管理的痛点。（2）适配智慧高速建设的核心要求。智慧高速建设依赖海量实时数据支撑，机电系统作为数据采集、传输、处理的核心载体，其数字化水平直接决定智慧高速建设成效，唯有推进机电管理数字化，才能实现与智能调度、自动驾驶等系统的协同联动，夯实智慧高速建设基础。（3）提升运维效能、降低管理成本的关键路径。通过数字化转型，可实现机电设备状态的实时预判、精准养护，减少无效巡检和盲目维修，降低设备故障率和运维成本，同时优化管理流程、精简冗余环节，提升管理协同效率，实现机电管理的精细化、高效化升级^[2]。

3 高速公路机电管理数字化转型的核心目标

高速公路机电管理数字化转型的核心目标，是构建科学、高效、精准的数字化管理体系，适配高速公路现代化管控需求，具体明确为以下三点：（1）实现机电数

据全流程规范化管理。整合监控、收费、通信等各系统分散数据,建立统一的数据标准和采集、传输、存储体系,打破信息壁垒,实现数据资源的集中管控与规范应用,确保数据真实、实时、可用。(2)构建机电设备精细化管控体系。依托数字化技术,实现设备状态实时监测、故障精准定位,建立全生命周期管控机制,推动设备管理从粗放式向精细化转变,保障机电系统稳定、可靠运行。(3)建立协同高效的数字化管理模式。优化管理流程,整合管理资源,实现各岗位、各环节的协同联动,简化冗余流程,提升管理效率,为后续智慧化升级奠定坚实的数字化基础^[3]。

4 高速公路机电管理数字化转型的核心路径

4.1 数据体系建设

4.1.1 机电数据采集体系优化

机电数据采集体系优化以“全面覆盖、精准高效、标准统一”为核心,结合现有机电系统实际,针对性解决采集不全面、数据不精准、标准不统一等问题,具体措施包括:(1)优化采集终端布局与升级。对现有监控、收费、通信、供配电等系统的采集终端全面排查,替换老旧低效设备,新增关键点位采集设备,实现机电系统全设备、全环节数据采集覆盖。重点在隧道、桥梁、互通立交等关键路段,增设设备运行状态采集终端,实时采集电压、电流、运行温度等核心参数;在收费车道优化车辆识别、通行数据采集终端,提升采集实时性和准确性。(2)统一采集标准与规范。结合实际管理需求,制定统一数据采集标准,明确各类数据的采集范围、频率、格式和编码规则,避免不同系统、路段数据不兼容问题。明确监控视频、收费交易、通信传输等各类数据的采集规范,确保采集数据可直接用于后续整合分析,减少数据清洗成本。(3)强化采集数据质量管控。建立数据质量审核机制,对采集数据实时校验、异常筛选和纠错,剔除无效、错误、重复数据。安排专人负责管控,定期巡检维护采集终端,及时处理故障、信号中断等问题,确保数据真实、完整、实时,为后续应用奠定基础。

4.1.2 数据整合与共享平台搭建

数据整合与共享平台是打破信息壁垒、实现数据高效利用的关键载体,重点解决现有机电系统数据分散、互不互通、共享不畅等问题,具体建设路径如下:(1)推进碎片化数据整合。梳理机电各子系统数据资源,对分散在不同数据库、平台的数据分类整理,按统一标准进行格式转换和规范化处理。建立统一数据资源目录,明确各类数据的来源、用途、存储位置和访问权限,实

现碎片化数据集中整合,形成完整的机电管理数据资源池。(2)搭建统一数据共享平台。依托云计算技术,搭建机电管理统一数据共享平台,实现各子系统、各路段数据互联互通。平台设置数据接入接口,支持现有机电系统实时接入和后续系统扩展,实现数据“一次采集、多方复用”;划分不同访问权限,确保各岗位、部门按职责获取所需数据,实现管理协同。(3)建立数据共享机制。制定明确的数据共享管理办法,规范共享范围、流程、责任主体和安全要求。建立跨部门、跨路段协调机制,推动机电管理数据与运营、养护等相关数据协同共享,打破信息壁垒,提升数据利用效率。

4.1.3 数据存储与分析能力提升

数据存储与分析能力直接决定数据应用成效,重点围绕海量数据存储、精准数据分析两个方面提升,确保数据有效支撑管理决策,具体路径如下:(1)优化海量数据存储方案。结合机电管理数据特点,采用“云端存储+本地备份”混合模式,满足海量数据存储需求。云端存储依托云计算平台,实现集中存储、弹性扩展,支持结构化与非结构化数据存储;本地备份关键数据,防止云端故障导致数据丢失,保障存储安全可靠。同时优化存储架构,提升数据读写速度,满足实时处理需求。(2)构建精准数据分析模型。结合实际需求,重点围绕设备运行状态、故障预警、运维效率构建针对性分析模型。通过数据挖掘识别设备运行规律和异常特征,建立故障预警模型实现提前预判;统计分析运维数据,梳理流程薄弱环节,为优化运维方案提供支撑。简化模型复杂度,确保贴合实际场景,便于一线人员操作。(3)提升数据分析成果应用能力。建立成果输出机制,以报表、图表等简洁直观形式呈现分析结果,为决策提供清晰支撑。加强一线人员数据分析培训,提升其运用成果解决实际问题的能力,推动分析成果与实际工作深度融合,避免脱节^[4]。

4.2 技术与管理融合

4.2.1 核心数字化技术应用落地

核心数字化技术落地是转型的技术支撑,结合机电管理实际,重点推广物联网、人工智能、云计算与边缘计算等技术,避免形式化应用,确保贴合实际需求,具体路径如下:(1)物联网(IoT)技术应用。将物联网与机电设备深度融合,安装物联网终端模块,实现设备运行状态实时监测和远程控制。通过物联网将运行数据实时传输至共享平台,管理人员可远程查看状态、调试设备、排查故障,减少现场巡检工作量,提升运维效率。重点在隧道通风照明、桥梁监测等关键设备上推

广,保障设备稳定运行。(2)人工智能与大数据技术应用。聚焦管理痛点,推动技术落地。设备故障排查方面,利用人工智能实时分析运行数据,自动识别故障特征、精准定位并报警,缩短排查时间;收费管理方面,利用大数据分析车辆通行规律,优化车道配置,提升通行效率。优先选择成熟实用的技术方案,确保解决实际问题。(3)云计算与边缘计算协同应用。结合场景特点,采用二者协同模式提升数据处理效率。边缘计算处理隧道、收费车道等现场实时数据,实现本地快速响应,减少传输延迟;云计算负责海量数据集中存储、深度分析和全局管理,实现资源统筹利用,兼顾实时管理与全局管控需求。

4.2.2 管理模式数字化重构

管理模式数字化重构是转型核心环节,重点打破传统粗放式、经验式管理,构建数字化、精细化、协同化管理模式,具体重构路径如下:(1)建立扁平化协同管理机制。打破层级化管理,减少中间环节,建立“决策层-执行层-一线岗位”扁平化架构。依托数据共享平台实现各岗位、环节信息实时同步,管理人员可直接获取一线数据和运维情况,及时下达指令;一线人员可实时反馈故障、难题,实现上下协同、高效联动,提升响应速度。(2)优化全生命周期数字化管理流程。梳理机电设备从规划、建设、运维到更新淘汰的全流程,将数字化技术融入各环节,实现全流程管控。规划阶段利用数据分析优化设备配置;建设阶段实现施工数字化监管,保障质量;运维阶段依托平台实现实时监测、精准养护;更新淘汰阶段通过数据分析评估设备寿命,制定科学方案,实现全生命周期高效管理。(3)推进管理流程标准化。结合数字化需求,制定统一机电管理流程标准,明确各环节工作内容、操作规范、责任主体和时间节点,重点规范巡检、故障排查、数据上报等流程。利用数字化平台固化流程,实现自动化流转,减少人工干预,提升流程高效性和规范性。

4.2.3 数字化考核与激励机制完善

数字化考核与激励机制是转型落地的重要保障,重点建立贴合数字化管理需求的考核体系,完善激励机

制,调动管理人员积极性,具体路径如下:(1)建立数字化考核指标体系。结合转型目标,制定科学可量化的考核指标,重点涵盖数据采集质量、应用效率、设备运维成效、技术应用情况等,如数据采集准确率、故障预警准确率、运维响应时间等,确保考核真实反映转型成效和工作实绩,避免模糊化、形式化。(2)优化考核实施方式。依托数字化平台,实现考核数据自动采集、统计和分析,减少人工工作量,确保结果客观公正。采用日常考核与定期考核相结合,日常监测指标实时完成情况,定期评估阶段性转型成效;建立考核结果反馈机制,及时反馈并指导改进工作。(3)完善激励与约束机制。结合考核结果,对优秀岗位和个人给予绩效加分、评优优先等奖励,调动参与积极性;对不合格者进行约谈提醒,督促整改,对整改不到位的采取约束措施。同时鼓励探索数字化管理新方法,对有效改进建议给予额外奖励,推动转型持续优化^[5]。

结束语:高速公路机电管理数字化转型是一项系统性工程,贯穿数据采集、平台搭建、技术应用、管理重构全流程,并非简单的技术升级,而是管理模式与技术应用的深度融合。本文明确了转型的必要性、核心目标与具体路径,覆盖数据体系建设和技术管理融合等关键环节。后续可结合实际运营场景,持续优化转型措施,解决落地过程中的各类难题,不断提升机电管理数字化、精细化水平,为智慧高速高质量发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]黄媛,吴鹏,吴波.高速公路机电设备数字化管理关键技术研究[J].交通科技与管理,2023(7):154-156.
- [2]谢宁,雷凯茹,余冰雁,葛雨明.面向协同管控与用户服务的高速公路数字化转型路径与建议[J].交通运输研究,2025,11(4):46-59+66.
- [3]梁霄.高速公路数字化转型路径浅析[J].工程建设与设计,2025(23):117-119.
- [4]张盼.高速公路企业数字化转型的路径研究[J].北方交通,2022(2):88-91.
- [5]刘晓文,徐小龙,李丹.高速公路机电管理的数字化转型路径探究[J].张江科技评论,2025(7):144-146.