

通信系统技术在高速公路机电系统中的应用分析

邱俊峰

(四川南渝高速公路有限公司, 四川 南充 637100)

摘要 现代通信技术是支撑控制逻辑运行的关键基础, 高速公路机电系统需依托通信系统技术来提升运行效能。基于此, 本文阐述了在高速公路机电系统中应用通信系统技术的必要性, 并提出融合多源通信架构、打造全路段感知网、推动云边端协同控制、融合智慧高速模式等应用策略, 旨在精细设计通信架构与技术路径, 有效拓展机电系统功能边界, 从而为建设智慧交通提供有益参考。

关键词 通信系统技术; 高速公路; 机电系统

中图分类号: TN91; U41

文献标志码: A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2025.27.010

0 引言

随着信息密集型场景不断扩展, 机电系统对通信网络的要求越来越高, 重点强调多设备之间高效连接及指令反馈的准确性。在高速公路的运行环境下, 通信系统负责协调外部信息及动态适配内部结构, 数据链条一旦中断, 设备反馈将难以闭环, 从而直接影响整个机电功能的完整性。因此, 通信能力强弱直接影响信息调度的效率, 调度是否精准可反映出系统控制的深度, 而控制的稳定性最终决定着道路运行的安全性。因此, 在整个高速公路机电系统运行过程中, 通信技术在各个环节始终发挥着关键支撑作用。

1 高速公路机电系统应用通信系统技术的必要性

1.1 保障数据畅通

通信系统技术作为高速公路机电系统的核心支撑环节, 直接关系到各类子系统之间的信息联动及数据交换效率^[1]。在日常运行中, 高速公路监控系统、收费系统、照明系统及气象感知设备需依赖稳定的数据通道完成状态反馈。若通信链路存在延迟、卡顿或中断, 将会削弱指挥调度能力并降低整体运行效率。在此基础上, 保障数据的连贯性能够使前端采集终端与后端决策平台保持信息同步, 从而为评估运行状态及运维干预提供可靠基础。在密集节点分布、高车流强度的高速路段, 通信系统技术的质量直接影响监测精度。数据畅通环境下信息传输便可保持完整、连续且高效的状态, 机电系统运行也会更具抗干扰能力。相反, 若通信不畅, 将出现指令失效、信息延迟甚至频繁误报, 不但增加安全风险还会打乱整体运行节奏。因此,

通信系统技术在保障数据畅通方面, 关键就在于其精准度的技术表现。此外, 稳定的数据传输还能为后续智能分析、联动控制及远程运营打下基础。技术人员可以利用连续的数据流判断运行趋势, 及时发现潜在问题并提前安排应对方案, 从而增强系统的运行弹性, 保证高速公路机电系统稳定高效地运作。

1.2 强化应急响应

通信系统所提供的是一种贯穿事件感知、预警判断及联动指令的整体技术桥梁。在高密度运营压力下, 任何一次高效应对背后都离不开通信技术所提供的响应保障。在高速公路机电系统运行过程中, 突发事件处理效率常常受到通信系统技术能力的制约。事故发生后若通信响应迟缓或信息传输受阻, 将延误预警发布、指令下达及现场联动等关键环节, 从而影响整体应急处理效果。高质量的通信系统技术能够在紧急情况下优先传送数据, 借助低时延、高可靠的信道能够保障信息通路不受干扰。当各类机电子系统分布广泛、功能交叉时, 通信通道的连续性是联动反应的技术前提。稳定的通信支撑可快速完成事故图像上传、位置数据锁定、应急广播触发等操作, 增强事故处理的主动性^[2]。为提升整体应急能力, 通信系统需深度融合智能识别、远程控制等模块, 使信息传递更加精准高效。相关技术可完成各节点协同反馈、数据同步更新及多端快速响应, 在保障应急流程连贯性的同时, 为复杂场景下的动态调度提供有力支持。

1.3 助力远程维护

高速公路机电系统设备分布广、线路长、运行时间久, 依靠传统人工巡检的方式常常面临效率低、反

馈慢等难题。引入通信系统技术能为远程设备监测提供可靠支撑,让远程维护从设想变成日常操作的一部分。结合高速传输链路,管理平台可以及时接收现场设备的运行数据、故障信息及状态报警,从而动态掌握信息。与传感终端、高频采集模块协同运作,通信系统可将维护任务从“定时被动”过渡为“状态驱动”,从而减少重复检查的成本并提高针对性分析的精度。一旦设备出现异常,通信系统可以同步传输诊断数据帮助分析故障情况,方便技术人员快速定位问题,并判断是否需要远程处理或安排人员到现场检修^[3]。此外,技术人员可借助智能诊断平台实行趋势分析及故障预测,在问题发生前采取预防性调整,这种借助通信系统技术开展维护支持的方式能够让机电设备管理更高效精准,有助于减少发生突发故障且延长设备的使用寿命,从而提升高速公路机电系统的整体运行可靠性。

2 在高速公路机电系统中应用通信系统技术的策略

2.1 融合多源通信架构,夯实高速机电基础

有线通信具备高速传输及稳定性优势,适用于主干通道的数据传递;无线通信则能够在地形受限、施工复杂的区域表现出较强的适应能力。两者结合可增强机电系统在空间布局的联通能力,并有效分担传输负荷,提升整体运行的稳定性。在隧道、互通、服务区等场景中,不同通信方式的互补优势更加明显,使相关工作人员在设计、部署及运行等环节能够构建双重信息保障路径,从而为高速公路机电系统打下稳定高效的信息传输基础。

在实际工作中,相关工作人员需以高速公路隧道段作为重点测试区域,持续推进通信技术的融合应用。项目初期,可利用光纤通信作为主干通道,部署至沿线监控点和控制中心之间,并与各子系统接口对接形成主力数据通道。同时,针对隧道内信号弱、布线难的问题,技术人员可增设 5G 微基站及 Wi-Fi 热点节点,用于补充区域内移动信号覆盖。为弥补固定传输盲区,工作人员还可引入蓝牙中继模块,将道路状态感知终端所采集的数据短距离推送至就近的无线接收点,再利用有线链路上传至后端平台。在设备安装期间,施工团队需提前评估不同通信方式的信号干扰区间,并在相邻设备之间保持合理间隔,防止因高频信号叠加而造成通信故障。在整个通信架构融合过程中,工作人员需不断对比数据时延、带宽使用率及节点故障率等核心指标,以动态校正设备参数保障机电系统与通信系统技术之间的协同运行。采用这种多源架构的协

调部署可以有效缓解隧道空间制约有线网络布设,从而提升关键区域通信连续性,为整个高速公路机电系统高效运行打下坚实的基础^[4]。

2.2 打造全路段感知网,促进精准状态监测

高速公路机电系统运作的精度,在很大程度上取决于对沿线运行状态的掌握能力,通信系统技术演进能使状态感知方式由单点采集走向全线覆盖。在复杂多变的交通运行环境下,车辆行为、道路状况、气象变化等因素彼此交织,仅依靠传统定点监测已难以支撑实时判断及综合分析的要求。基于此,整合 5G 通信、北斗导航及光纤数据通道等手段可完成厘米级定位、全天候采集及低时延传输,从而有效解决传感覆盖盲区、数据上报延迟等问题。通信系统技术可承担状态识别、信息过滤及异常预警等多重功能,全面精准地掌握路面运行状态,为高速公路机电系统的运行调度、安全保障及服务响应提供稳定的数据基础^[5]。

在具体部署过程中,相关工作人员需围绕复杂路段展开全路段感知网的建设工作。技术人员可以在沿线重要节点安装高频感知设备,并借助光纤通道将图像、车流、振动及温湿参数实时送入数据中心。为获取更高精度的空间位置信息,操作团队可将北斗导航模块嵌入边坡、桥梁、隧道等关键结构的状态监测装置,能够保证各类地理与工程数据可精确映射至道路断面。在信息传输环节,通信工作人员应结合前端硬件情况优化 5G 基站参数,并在多车道与匝道汇合区域合理设置信号增强点,以保证高频采集数据能够及时稳定上传。在日常运维过程中,负责人员可依托全路段感知数据,分析车流密度及异常加速度波动,及时识别出通行障碍或设备预警信号。数据分析组则基于连续定位轨迹可研判施工区域周边通行状态,为管理人员提供交通组织建议。部分地质不稳定区域,相关工作人员可利用多源融合数据回看时段变化,在感知网络支撑下有效辨别沉降趋势并推送报警指令。基于此,技术人员始终围绕信息覆盖密度、传输可靠性及状态识别精度展开工作,结合通信系统技术整合多点采集能为高速公路机电系统顺利运行奠定数据保障基础。

2.3 推动云边端协同控制,提升处理响应速度

在边缘端部署具备处理能力的节点可以就近完成初步判断及响应,减轻云端负担,避免因数据传输瓶颈导致决策延迟。与此同时,高速公路机电系统在复杂运行场景里往往涉及大量设备、海量数据及实时决策需求。云计算中心作为全局调度及数据归集平台,承担着跨区域融合、历史趋势研判及综合分析任务。

边端具备主动识别能力，云端提供策略支持，二者之间借助稳定的通信链路能够保持高频交互，从而在高速公路机电系统内形成更具弹性的响应模式^[6]。

在具体任务执行过程中，相关工作人员可围绕收费广场与主线交汇区域设定边缘计算节点，各类传感设备借助通信系统技术接入边缘端处理模块可即时汇集车流信息、图像数据及设备状态等基础数据。技术人员在现场配置处理程序能够使边缘节点具备识别拥堵趋势及信号异常的基本能力，一旦触发设定阈值，便可在本地生成响应信号，并联动现场设备及时调整运行状态。

在数据同步方面，运维团队需设定间隔上传策略，边端每隔固定时长将关键变量及判断结果打包传至云端服务器，供集中数据中心做跨时段趋势分析。基于此，云平台还内设有多类型算法模型，工作人员需要比对各区域传入数据，输出交通组织建议及设备调节指令，再由通信链路下发至对应边缘节点。在整个过程中，数据路径依赖高速通信通道能避免因信息堆积影响响应时效。此外，技术人员还应定期查看边缘节点处理日志，识别异常流量及处理瓶颈，并根据通信频率及反馈内容微调节点，保证高频运行状态下系统负载分配更趋合理。在此过程中，相关工作人员以精准分工与通畅传输为核心，不断压缩决策环节的传输链路可以使高速公路机电系统具备在高并发场景下高效运行的能力。

2.4 融合智慧高速模式，拓展机电功能边界

实时嵌入AI算法、动态映射数字孪生模型及设备互联的高频反馈，使机电系统可依托数据驱动，提前感知潜在风险并参与运行决策。在高速公路运行日益迈向智能化管理的趋势下，机电系统的功能定位正由传统辅助管理手段转变为主动参与调度的核心平台。与此同时，通信系统技术作为连接感知端与控制端的关键桥梁，为智慧高速模式提供了结构支撑。在此基础上，通信系统技术的稳定性直接关系到AI分析的时效性，进而影响机电系统对复杂交通行为的响应能力^[7]。

在实施过程中，相关工作人员可围绕自动驾驶专用车道测试区实行通信资源配置及系统融合。现场工程技术人员需将道路关键点位嵌入多模态感知设备，利用通信通道实时传输动态图像、车辆运行轨迹及环境参数。AI模块则部署于边缘节点，用于解析车辆行驶行为、识别异常状态，并预判风险等级。通信系统的稳定性在这一过程中很关键，相关人员合理分配信

号传输频率可保证AI处理结果能以毫秒级速度反馈至控制平台。数字孪生模型由数据中心建模小组实时维护，相关工作人员需将前端上传的多维数据导入三维虚拟环境，并动态模拟道路状态、车流密度及设备运行情况。每当通信延时异常或感知数据波动剧烈时，模型便标记对应区域，由技术组跟进回查信道质量及设备状态。在自动驾驶车辆通行过程中，现场通信技术组依据轨迹偏移预警信号能够调整信号调度路径，保障高密度数据可稳定送达指令节点。工作人员在此过程中通过借助通信系统技术与AI、数字孪生模型联动能逐项打通传感、分析、执行三者之间的信息链，推动高速公路机电系统向精细化管理方向持续深入。

3 结束语

深层融入通信系统技术可提升高速公路机电系统在信息传递、状态感知及事件响应方面的技术水平，重塑其在现代交通运行下的功能定位。通信链路作为联结各类感知终端、处理节点与控制平台的枢纽，可为设备联动、数据互通及智能分析提供稳定通道。在多源通信架构、全路段感知、云边端协同及智慧融合等多维策略的支撑下，机电系统可具备在高复杂交通环境下开展高频调度、精准识别及主动调控的技术基础，其功能边界不断向数据驱动的深层管理延展，通信系统技术是这一发展过程中不可或缺的关键力量。未来，在智慧交通持续优化的进程中，拓展通信能力将持续引领机电系统向更高效智能的方向发展。

参考文献：

- [1] 白峰,王万良.现代通信技术在高速公路机电系统中的应用[J].信息与电脑,2025,37(08):99-101.
- [2] 王明旭,石雨欣,樊升印,等.SD-WAN技术在高速公路通信系统的应用探究[J].中国交通信息化,2025(03):124-128.
- [3] 周逢潮.高速公路机电工程通信系统技术及应用[J].信息与电脑,2025,37(05):98-100.
- [4] 谭聪.OTN技术在广西高速公路干线通信系统中的应用[J].企业科技与发展,2025(03):124-128.
- [5] 王学富.现代高速公路机电通信系统新技术研究[J].科技资讯,2025,23(05):51-53.
- [6] 王永辉.PTN技术在高速公路通信系统中的应用[J].汽车画刊,2024(04):215-217.
- [7] 陈志鹏.高速公路智能通信系统中ASON技术的应用[J].交通科技与管理,2023,04(23):26-28.