

智慧公路背景下机电系统集成技术探讨

王维海

辽宁省交通运输事业发展中心, 辽宁 沈阳 110000

DOI:10.61369/ETQM.2025120006

摘 要 : 随着信息技术的飞速发展, 智慧化公路建设正逐步成为现代交通体系发展的核心战略。机电系统作为保障智慧公路系统安全可靠运行的关键要素, 机电系统的效能直接取决于调试工艺水平、工程技术人员的专业素养等关键性指标。论文对智慧公路背景下机电系统集成技术进行了分析, 旨在为推动智慧公路机电系统集成技术的发展提供理论支持与实践参考。

关 键 词 : 智慧公路; 机电系统; 集成技术; 信息技术

Discussion on Electromechanical System Integration Technology in the Context of Smart Highways

Wang Weihai

Liaoning Transportation Development Center, Shenyang, Liaoning 110000

Abstract : With the rapid development of information technology, the construction of smart highways is gradually becoming a core strategy for the development of modern transportation systems. The electromechanical system is a key element to ensure the safe and reliable operation of the smart highway system, and the efficiency of the electromechanical system directly depends on key indicators such as the level of debugging technology and the professional quality of engineering and technical personnel. This paper analyzes the electromechanical system integration technology in the context of smart highways, aiming to provide theoretical support and practical reference for promoting the development of smart highway electromechanical system integration technology.

Keywords : smart highway; electromechanical system; integration technology; information technology

前言

智慧公路是运用大数据、云计算、物联网、人工智能等新一代信息技术对传统公路交通系统做智能化升级改造的产物, 它凭借实现人、车、路、环境之间的智能交互能显著提升公路运输的效率、安全性和服务水平, 为人们出行与货物运输提供更加便捷、高效、舒适的体验, 在智慧公路体系里机电系统如同人体神经系统负责信息的采集、传输、处理和控制在智慧公路各项功能的核心支撑, 机电系统集成技术是把各个机电子系统有机整合在一起让其协同工作发挥最大效能的关键技术^[1], 伴随智慧公路建设的持续推进对机电系统集成技术的要求日益提高, 深入研究机电系统集成技术并解决集成过程中面临的各类问题对推动智慧公路建设高质量发展意义重大

一、智慧公路机电系统集成设计方案

智慧公路机电工程体系是由多个功能模块构成的, 它的核心目标是提升道路运营效率、保障行车安全以及优化交通管理效能, 通过实时进行数据采集与分析, 这个系统能够为交通管理部门提供决策方面的支持, 实现动态管控与服务的优化, 研究显示在智慧公路运营阶段, 机电系统发挥着非常关键的作用, 其监控、收费、通信、供配电、照明及隧道管理等子系统借助物联网技术实现互联互通, 形成协同运作的整体架构, 这种系统集成模式不但突破了传统独立运行的局限, 还通过信息共享机制显著提升了整体运营效能, 基于这些情况, 构建科学合理的智慧公路机

电系统集成方案具有重要实践价值。

智慧公路机电系统集成设计需重点考量以下四个方面: 首先, 在人机交互界面设计这个领域, 要依据认知心理学的人因工程学原理, 采用契合用户心智模型的界面布局方式, 通过科学合理地划分功能模块区域、精心优化操作流程的逻辑顺序、巧妙设置合理的视觉引导元素, 来构建符合用户操作习惯且直观易用的交互系统, 与此同时引入语音交互和手势控制等多元化交互方式, 并且建立针对用户操作行为的分析机制, 持续不断地优化界面设计, 以此显著提升管理人员的操作效率以及信息获取能力。其次, 在数据管理这个层面要建立基于云计算技术的动态数据维护机制, 采用分布式数据库架构来确保海量交通基础设施运行数

据实时采集与高精度存储,运用数据清洗、校验和纠错算法保障数据的高质量,与此同时构建统一的数据交换平台,采用标准化数据接口协议和中间件技术达成收费系统、监控系统、通信系统等各子系统间数据互联互通与高效共享。再次,在业务流程优化方面,应建立基于 ISO 标准的全生命周期数据处理流程,规范数据采集环节的传感器部署策略、数据传输环节的网络安全协议、数据存储环节的灾备方案以及数据调用环节的权限管理机制,通过流程再造和持续改进确保系统间数据流转的可靠性、安全性与一致性。最后,在系统功能集成这块依靠函数计算技术构建融合深度学习算法智能决策模型,通过计算机技术网络技术物联网技术的深度融合来实现照明控制交通诱导应急指挥等各机电系统协同运行与智能管控,并且建立系统健康状态监测和故障预警机制给智慧公路安全高效绿色运营提供全方位技术支撑^[2]。

二、智慧公路机电系统集成技术要点

（一）通信集成技术

1. 异构网络融合

智慧公路机电系统里的通信网络一般是由多种不同类型网络构成的,像光纤通信网络、无线通信网络(包含 4G/5G、Wi-Fi 等)以及卫星通信网络等都是其中组成部分,达成这些异构网络的融合属于通信集成技术的关键要点之一,借助采用多模通信模块、网络融合网关等设备和技術,能够对不同网络的通信协议进行转换和适配,从而让各个子系统之间的信息可以在不同网络之间实现顺畅传输,比如在一些偏远山区的公路项目中,由于光纤通信网络覆盖存在困难,就可以利用 4G/5G 无线通信网络来作为补充,通过网络融合技术,把外场设备采集的数据经由无线通信网络传输到附近的基站,然后再经过光纤网络传输到监控中心,以此确保信息的实时性和完整性。

2. 高速可靠的数据传输

为了满足智慧公路机电系统大量数据实时传输需求,得确保通信网络具备高速可靠的数据传输能力,一方面要持续提升通信链路的带宽,像采用更高规格光纤线缆、升级通信设备端口速率等,以此支持高清视频流与海量监测数据等大流量数据快速传输,另一方面要采用先进差错控制、流量控制和拥塞控制技术,保证数据在传输过程当中的准确性和稳定性,比如在视频监控数据传输的时候,采用视频编码压缩技术来减少数据量,并且结合可靠传输协议(如 TCP)进行传输,同时利用缓存技术和流量整形技术,防止网络拥塞造成视频卡顿或者丢失。

3. 网络安全防护

随着智慧公路和互联网实现深度融合,通信网络所面临的安全威胁日益严峻,所以在通信集成的过程当中,必须要高度重视网络安全防护工作,要采用防火墙、入侵检测系统(IDS)、虚拟专用网络(VPN)、加密技术等多种安全防护手段,对通信网络开展全方位的安全保护措施,防火墙可以设置在网络边界的位置,以此来阻挡外部非法网络访问和恶意攻击,IDS 能够实时监测网络流量情况,及时发现并告警异常行为,VPN 借助加密隧道技

术,保障数据在公网传输过程中的安全性,加密技术会对敏感数据进行加密处理,防止数据被窃取或者篡改,比如在收费系统的数据传输工作里,对用户的支付信息、车辆通行记录等采用 SSL/TLS 加密协议进行加密传输,以此确保数据的安全性和隐私性。

（二）监控集成技术

1. 多源数据融合

智慧公路监控系统涵盖多种类型传感器和监测设备,像视频摄像头、交通流量检测器、事件检测器、环境监测仪等,这些设备会产生大量多源异构数据,实现多源数据融合是监控集成技术的核心要点之一,通过建立统一的数据模型和数据接口规范,采用卡尔曼滤波、贝叶斯估计等数据融合算法,对不同类型、不同来源的数据进行整合和分析,能够获取更全面准确的公路运行状态信息,例如把视频监控数据里的车辆行驶轨迹信息与交通流量检测器采集的车流量数据进行融合分析,可更精确判断道路拥堵情况和拥堵成因,为交通疏导提供更具针对性的决策支持。

2. 智能分析与预警

运用人工智能和机器学习等先进技术对监控数据开展智能分析,以此实现自动事件检测和预警,这属于监控集成技术的重要发展方向,通过针对大量历史监控数据进行学习和训练,建立交通事件识别、车辆行为分析和设备故障预测等模型,系统能够自动识别交通事故、车辆违章行为以及机电设备故障等异常情况,并及时发出预警信息,就像在视频监控图像分析当中,采用基于深度学习的目标检测算法,能够准确识别车辆、行人与交通标志等目标物体,并且通过对目标物体的行为分析来判断是否存在异常行为,例如车辆逆行、超速行驶以及行人闯入智慧公路等,一旦发现异常就立即触发预警机制通知相关人员进行处理,从而提高公路的安全性和应急响应能力。

3. 远程控制与联动

监控集成技术需要达成对监控设备远程控制以及各监控子系统联动功能,借助网络通信技术,管理人员能于监控中心远程控制摄像头云台与镜头来调整监控视角和焦距,还可远程优化和调整交通信号灯配时方案,并且能对通风、照明等设备进行远程启停和运行参数设置,当某个监控系统检测到异常事件时可自动触发其他相关子系统联动响应,比如视频监控系统检测到交通事故时自动联动交通信号灯调整信号配时引导车辆绕行,启动附近紧急电话系统和有线广播系统向周边车辆和行人发布事故信息与安全提示,触发应急救援预案通知相关救援部门赶赴现场。

（三）收费集成技术

1. ETC 与其他支付方式融合

在智慧公路收费系统当中实现 ETC 和其他支付方式融合,像移动支付、车牌识别收费等,为用户提供多样化缴费选择,这是收费集成技术的关键要点之一,通过建立统一支付平台和结算系统,对不同支付方式的交易流程进行整合和规范,实现支付数据的统一处理和管理,比如在收费站车道设置支持多种支付方式的终端设备,用户既能够使用 ETC 快速通过车道,也可以选择用手机扫码支付、银联闪付等移动支付方式,或者借助车牌识别技术完成无感支付,支付平台在接收到用户支付请求之后,依据用户

选择的支付方式，与相应支付机构进行通信和结算，并且将支付结果反馈给收费系统以完成收费交易^[3]。

2. 收费数据管理与分析

收费系统每天都会产生数量庞大的收费数据，涵盖车辆通行记录、收费金额与支付方式等内容，对这些数据开展有效的管理和分析工作，对于提升收费运营效率、防范逃费行为以及优化收费策略有着重要意义，要建立起完善的收费数据库，采用数据仓库技术对收费数据进行存储和管理，以此确保数据具备安全性、完整性和可扩展性，利用数据分析工具和数据挖掘算法对收费数据做深入分析，挖掘出数据背后隐藏的潜在信息，比如通过对车辆通行时间、行驶路径和车型等数据进行分析，能够了解交通流量的时空分布规律，为智慧公路的运营管理和规划建设提供决策依据，通过对收费交易数据进行分析，能够及时发现逃费、作弊等异常交易行为，采取对应措施进行防范和追缴。

3. 系统安全与可靠性

收费系统因为涉及大量资金交易和用户信息，所以其安全性和可靠性是至关重要的，在收费集成过程当中，需要采取一系列措施来确保系统安全稳定运行，除了采用网络安全防护技术保障通信网络安全之外，还应对收费系统核心业务逻辑进行严格安全设计和漏洞检测，以此防止黑客攻击和数据出现泄露情况，采用冗余设计以及备份恢复技术等方式提高系统可靠性，确保在系统故障或者自然灾害等突发状况下收费业务能够持续正常运行。

（四）供配电照明集成技术

1. 智能供配电管理

供配电照明集成技术重要内容是实现供配电系统智能化管理，通过安装智能电表、智能开关和电力监控系统等设备与系统，对供配电系统运行状态开展实时监测和远程控制工作，智能电表可实时采集电压、电流、功率、电量等电力参数并传输数据到电力监控系统^[4]，智能开关能够实现远程分合闸操作且依据用电设备需求自动控制电力供应，电力监控系统会对采集到的数据进行分析 and 处理，可及时发现供配电系统过载、短路、漏电等故

障隐患并发出报警信息通知维护人员处理，同时利用智能控制算法结合不同时间段用电负荷变化对供配电系统进行优化调度以实现节能降耗，比如在夜间交通流量较小时段自动降低部分非关键区域供电功率减少能源浪费。

2. 照明智能控制

照明系统的智能控制能显著提高照明效果并降低能源消耗，采用智能照明控制器和传感器（像光照传感器、人体红外传感器）等设备，结合物联网技术来实现对照明灯具的智能控制，依据环境光线的变化通过光照传感器自动调节照明灯具的亮度，在环境光线较亮时降低灯具亮度，在环境光线较暗时提高灯具亮度以确保照明亮度始终处于合适范围，在人员活动较少的区域利用人体红外传感器检测是否有人活动，当检测到无人活动时自动关闭或降低照明灯具的亮度从而实现人走灯灭或人少灯暗的节能效果，除此之外还能通过远程控制平台对照明系统进行集中管理和控制。

3. 能源优化与节能技术应用

在供配电照明集成过程中，应注重能源优化和节能技术的应用。采用高效节能的供配电设备和照明灯具，如节能变压器、LED照明灯具等，降低设备自身的能耗。推广应用新能源（如太阳能、风能）技术，在公路沿线合适的位置安装太阳能板、风力发电机等新能源发电设备，将产生的电能储存起来，用于部分机电设备的供电或照明，减少对传统能源的依赖。

三、结束语

高速公路机电系统构成具有多元化特征。为有效提升各子系统协同效能，需从人机交互界面、数据信息交互、业务流程优化以及功能模块整合等维度推进系统集成设计^[5]。通过引入智能化技术手段革新系统设计与施工工艺，并强化系统调试环节，从而充分释放机电系统在高速公路运营管理中的综合效能。

参考文献

- [1] 柳阳. 高速公路机电工程系统集成设计与施工调试技术 [J]. 交通世界, 2021(19): 142-143.
- [2] 苟春林. 高速公路隧道工程中的机电系统施工技术 [J]. 甘肃科技纵横, 2023, 46(10): 52-54.
- [3] 陈晨. 智慧公路机电系统集成中的通信技术融合应用 [J]. 中国交通信息化, 2023(08): 120-122.
- [4] 赵宇. 基于物联网的智慧公路机电系统集成优化策略 [J]. 交通建设与管理, 2022(06): 86-88.
- [5] 孙悦. 智慧公路背景下机电系统集成的智能化发展路径探讨 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2021(11): 105-107.