智慧供电系统在高速公路机电工程中的应用

刘国安

(葛洲坝集团交通投资有限公司, 湖北 武汉 430000)

摘要 智慧供电系统通过信息技术与供电设备的深度融合,提升了高速公路机电工程的供电可靠性和管理效率。本文围绕智慧供电系统的应用场景展开探讨,分析了其在供电调度、监控及运维中的具体应用,重点介绍了智慧供电系统在高速公路照明、监控、收费和应急系统中的作用,阐述了相关技术特点与工程实践,并提出了智慧供电系统在复杂工程环境中的优化应用策略,旨在为促进高速公路建设提供技术参考和实践指导。

关键词 智慧供电系统; 高速公路; 机电工程; 供电调度; 系统优化

中图分类号: U417

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.20.007

0 引言

高速公路机电工程涉及多个供电子系统,对供电系统的可靠性与智能化程度要求较高,传统供电系统在复杂环境中易出现故障,影响整体运行效率,智慧供电系统通过整合数字化控制、信息传输和设备管理,能够显著提高供电保障能力。深入探讨智慧供电系统在高速公路机电工程中的具体应用,分析智慧供电系统在工程实施中的技术实践和创新手段,对于提升高速公路机电工程运行质量具有重要的现实意义。

1 智慧供电系统的架构与功能

1.1 智慧供电系统的总体架构

智慧供电系统的总体架构以层次化设计为基础,主要包括数据采集层、控制执行层和管理决策层,数据采集层通过分布式传感器网络和通信设备,实现对电力系统运行状态的实时监控,覆盖电压、电流、温度等多种关键参数,这些数据通过高速通信链路传输至控制执行层。控制执行层利用智能化控制设备对采集的数据进行分析和处理,从而完成对供电设备的调节、切换及故障处理,同时管理决策层通过集成大数据分析、人工优化算法和智能预测技术,对整体系统进行协调和优化,制定动态供电策略以应对复杂多变的电力需求。分层架构的设计使得系统能够快速响应外部环境变化,同时保障数据的高效传递和设备间的无缝协作,系统架构还包括冗余设计和备份机制,在关键设备故障或通信链路中断时能够迅速启动备用模块,确保供电系统的稳定性和连续性。

1.2 智慧供电系统的核心功能

智慧供电系统作为现代电力管理的核心平台,整合了多项先进技术,实现了供电过程的全方位智能化

管理,在供电调度方面,系统采用实时监测与预测相结合的方式,通过布设在各个用电节点的智能传感器持续采集用电负荷数据。结合历史用电规律和人工智能算法,系统能够准确预测未来一段时间内的用电需求变化,基于这些数据,调度模块自动计算最优供电方案,包括电源切换策略、功率分配比例等,确保供电系统始终运行在最佳状态,这种智能化的调度管理不仅提高了供电的稳定性,还显著提升了电能利用效率。

在故障管理方面,智慧供电系统构建了完整的预警与诊断体系。系统通过对供电设备运行参数的实时监测,包括电压、电流、温度、谐波等多维度数据,结合大数据分析技术,建立了设备异常行为模型,当检测到参数偏离正常范围时,系统能够快速判断故障类型和严重程度并自动生成故障诊断报告。基于历史故障数据的深度学习,系统还能预测潜在的故障风险,提前发出预警信号,远程控制功能则使运维人员能够通过智能终端随时掌握设备运行状态,并进行远程操作和调试,极大地提高了故障响应速度和处理效率。

能源优化管理是智慧供电系统的另一重要功能。系统通过实时分析负载分布特征和用电行为模式,自动调整供电策略,实现能源消耗的精细化管理,在用电高峰期系统会优先调用效率较高的供电设备,并通过负载转移等方式平衡用电压力,系统还整合了光伏发电、储能装置等新能源设施,建立了多能互补的供电网络。通过智能算法对各类能源的发电特性和储能容量进行统筹规划,系统能够在保证供电可靠性的同时最大限度地提高可再生能源的使用比例,实现了经济效益和环境效益的统一,这种智能化的能源管理模式不仅降低了运营成本,也为建设绿色低碳的供电系统提供了技术支撑^[1]。

2 智慧供电系统在高速公路机电工程中的应用

2.1 照明系统的优化供电管理

高速公路照明系统的智慧供电管理是现代智能交通基础设施的重要组成部分，智慧供电系统通过部署光照传感器、交通流量检测器等多类型传感设备，构建了全方位的环境数据采集网络。系统采用先进的动态控制算法，能够根据实时采集的环境光照强度、能见度、车流量等数据，自动计算最优照明参数，这种基于多维数据的智能控制方式不仅确保了行车安全，还实现了照明供电的按需调节，有效避免了传统照明系统中普遍存在的能源浪费问题。

智慧供电系统的分区控制功能为高速公路照明管理提供了更为精细化的解决方案，系统根据道路等级、线型特征、互通立交分布等因素，将整个照明系统划分为多个独立控制区域，每个区域都配备独立的供电回路和控制单元，可以根据该区域的特定需求制定个性化的供电策略。

通过持续的数据采集和分析智慧供电系统实现了照明设备的预测性维护管理。系统会记录每盏路灯的运行时长、功率变化、电流波动等关键参数，通过大数据分析技术建立设备健康评估模型，当系统检测到某些异常指标，如功率衰减过快、电流波动异常等情况时，会自动生成设备维护建议并根据故障的紧急程度发出不同级别的预警信号。维护人员可以通过系统提供的故障诊断信息，有针对性地开展检修工作，既避免了设备带病运行的安全隐患，也减少了不必要的巡检工作，这种基于数据驱动的智能运维模式，显著提高了照明系统的可靠性。

2.2 监控与收费系统的稳定供电

高速公路的监控与收费系统是保障交通秩序和实现通行费收取的核心模块，对供电系统的稳定性与可靠性有着极高的要求，智慧供电系统通过采用双回路供电设计、冗余供电配置及动态负载均衡技术能够为监控与收费设备提供持续、稳定的供电支持，双回路供电设计确保在某一回路出现故障时，另一回路能够迅速切换接入，保障系统不间断运行，冗余供电通过增加备用电源为关键设备提供多重保护，进一步提高供电的安全性。智慧供电系统在监控摄像头、收费终端等核心设备的供电路径中部署了动态负载均衡模块，可以根据实时电力需求调整各回路的供电功率，避免因负载过大导致设备异常停机或系统瘫痪。智慧供电系统的故障检测功能能够在供电线路出现电压波动、

过载等问题时实时发出预警并定位故障点，便于维护人员快速排除故障，缩短供电中断时间，系统的远程控制模块进一步增强了供电管理的灵活性，管理人员可以通过信息平台直接调整供电参数，完成对设备运行状态的监控与优化^[2]。在复杂的工程环境中，如长隧道或多收费站区域，智慧供电系统通过结合分布式供电技术与自动化控制手段解决了传统供电模式中供电路径长、设备布置复杂等问题，确保监控与收费系统始终处于稳定的工作状态。

2.3 通信系统的高效供电保障

智慧供电系统在高速公路通信系统中有极为重要的作用，能够满足系统高效、稳定通信的要求。为确保高速公路系统正常运行，通信系统作为信息传输的核心，将光纤传输、无线通信、紧急电话、广播等各项设备融入通信系统内，进而提高通信系统运行的可靠性、稳定性，并且具备较强的应急响应能力和服务效率。以往高速公路供电系统的负荷波动大、设备分散范围广，供电系统中断、电压不稳定的情况较为常见。智慧供电系统在内部设置智能化配电单元，它能够动态化调节电流、电压，使其运行具备可靠性、稳定性的要求。同时，智慧供电系统内部设置备用电源，主要为UPS或锂电池组，在发生故障后能够满足紧急呼叫、路况广播的各项功能，从而确保系统运行不受影响。

2.4 服务区设施的节能供电策略

高速公路服务区为重要基础设施，它的主要作用是给驾乘人员提供休憩场所，其供电系统需要满足功能性、节能性的要求。智慧供电系统根据服务区设施的运行实际情况，对照明、空调、充电桩的各项设施展开智能化供电，满足驾乘人员的使用需求。例如：智能供电系统中配置智能照明控制器，能够确保服务区满足照明需求。该系统在分析人员密度和照明需求的情况下，调整照明亮度；空调系统内布置传感器和能耗监测模块。根据服务区的运行需求能够调节制冷、制热效率，防止引发能源浪费的现象。同时，电动汽车数量逐步增大的情况下，结合服务器区的充电需求配置智能充电桩调控系统，它使得功率分配达到适宜性要求，并且制定峰谷电价策略，进而能够降低运营成本。此外，智能供电系统可对用电负荷参数展开分析，制定适宜的充放电策略，从而提高运行效率以及节能性。

2.5 应急供电与灾害恢复能力强化

在高速公路运营的过程中，由于极端天气引起的突发事件现象比较多，这种情况会在一定的范围内影

响交通通行的安全。而智慧供电系统主要是采用多元电源系统的方式, 通过结合柴油发电机、超级电容与光伏储能系统形成一个稳定的供电系统, 这样就能够减少电力系统故障引起的波动异常问题。同时, 为了能够保证高速公路机电工程系统的安稳运行, 也可以将智能控制算法融合到供电系统当中, 利用该算法能够进行电源的切换, 达到保护系统稳定的目的。而考虑到高速公路机电工程的稳定需求, 分布式微电网也是一种经济可行的方法, 因为分布式电网主要是采用光伏电站储能装置进行电能分配, 可以把它与高速公路机电工程的相关系统对接, 这样就能有效预防受到灾害影响而导致的停电^[3]。

3 智慧供电系统的运维与优化策略

3.1 设备运维的智能化管埋

在现代供电系统中, 智能化运维管理已成为确保电力设备安全稳定运行的关键要素。智慧供电系统通过部署远程监控和数据采集装置, 实现了对变压器、开关柜、配电线路等关键设备的全方位监测。这些在线监测装置不仅能够实时采集设备的运行参数, 如电压、电流、温度、振动等数据, 还可以通过内置的智能算法对采集到的数据进行初步分析和筛选, 系统会根据预设的阈值自动生成设备运行状态报告并对异常数据进行标记^[4], 使运维人员能够快速识别潜在的设备故障隐患, 及时采取预防性维护措施。

智慧供电系统的智能巡检功能极大地提升了设备维护的效率和准确性, 系统会根据设备类型、运行环境和历史故障记录等因素, 自动制定科学合理的巡检计划, 通过预设的巡检规则, 系统能够识别设备运行过程中的异常状况, 如设备过载、绝缘老化、接触不良等问题。一旦发现异常, 系统会立即发出预警信号并给出具体的故障类型和处理建议。智能巡检系统还整合了大数据分析技术, 通过对历史运行数据的深度挖掘和分析建立设备健康状态评估模型, 实现对设备故障的精准预测^[5]。

在具有高温、高湿、强电磁干扰等特殊环境特征的供电场景中, 智能化运维管理发挥着更为重要的作用, 智慧供电系统采用特殊设计的传感器和监测设备, 确保在恶劣环境下仍能准确采集设备运行数据, 系统通过实时监测环境参数的变化, 自动调整设备运行参数, 优化其工作状态。基于人工智能技术的故障诊断系统能够快速分析复杂环境下的设备异常现象, 提供准确的故障定位和处理方案, 这种智能化的运维管理

方式不仅提高了供电设备在极端环境下的适应能力, 也显著延长了设备的使用寿命, 确保了整个供电系统的可靠运行。

3.2 复杂环境下的系统优化

智慧供电系统在复杂环境中通过分布式供电设计和优化算法实现了对供电网络的灵活调整与高效管理, 对于山地、隧道等地形复杂的区域, 系统通过分布式供电节点的设置, 缩短供电路径, 减少线路损耗, 提升供电效率。同时, 结合环境感知技术, 系统能够根据实时的环境参数来动态调整供电设备的运行参数, 增强系统的环境适应性, 在遇到突发事件如自然灾害或设备异常时, 智慧供电系统的快速恢复模块能够自动识别供电中断的位置和原因, 并迅速启动备用供电方案, 确保系统尽快恢复正常运行。另外, 通过对供电负载进行动态平衡分配, 智慧供电系统能够优化供电网络的负载压力, 避免单一节点过载导致供电中断, 在系统优化过程中采用高抗干扰性设备和先进传输技术可以进一步增强供电线路的稳定性和可靠性, 这种多层次的优化策略使智慧供电系统在复杂环境下仍能保持高效稳定的运行状态, 为高速公路机电工程的长期运营提供了有力保障。

4 结束语

智慧供电系统在高速公路机电工程中的应用提升了系统运行的可靠性与管理效率, 通过优化供电管理、提高设备运行稳定性, 实现了智能化运维。智慧供电系统在工程实践中展现出显著优势, 未来工程实施中, 需针对不同场景优化系统设计与应用策略, 进一步发挥智慧供电系统的技术潜力, 为高速公路机电工程建设提供持续支持。

参考文献:

- [1] 高玲. 智慧供电系统在高速公路机电工程中的应用分析[J]. 运输经理世界, 2023(26):146-148.
- [2] 姜少飞. 高速公路智慧供电系统的应用[J]. 中国交通信息化, 2021(11):135-137.
- [3] 赵强. 智慧供电系统在高速公路机电工程中的应用[J]. 工程建设与设计, 2022(21):120-123.
- [4] 李磊. 智慧供电系统在高速公路机电工程中的应用[J]. 电子技术, 2023, 52(05):184-185.
- [5] 王岩. 直流智慧照明供电系统在城市轨道交通中的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024(S1):136-138.