

高速公路机电工程电力监控系统的重要性研究

张瀚巍

(四川路桥交通工程有限公司, 四川 成都 610000)

摘要 高速公路机电工程电力监控系统是智慧交通的核心组成部分, 其重要性一方面体现在实时监测、智能调控和故障预警等技术功能上, 另一方面更深度融合了大数据分析 with 物联网技术, 实现了能源精细化管理以及设备全生命周期维护。该系统经过优化电力分配、预防性维护和自动化控制, 显著降低了运营成本, 同时为关键场景的安全运行提供可靠保障。本文探究了高速公路机电工程电力监控系统的重要性, 并提出切实可行的应用思路, 以期为相关人员提供借鉴。

关键词 高速公路; 机电工程; 电力监控系统; 重要性

中图分类号: U417.9

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.20.040

0 引言

近年来, 随着社会经济的快速发展, 道路交通基础设施建设步伐显著加快。高速公路作为现代交通网络的核心组成部分, 重要性日益凸显。在高速公路中引入机电工程电力监控系统, 能够实时监测高速公路运行状态, 并精准调控交通流量, 预防潜在安全隐患。随着物联网技术与大数据分析的不断发展, 电力监控系统功能不断升级, 逐步实现从单一监控跨越到综合管理。当前高速公路的日常运维中, 电力监控系统已成为不可或缺的技术支撑, 为提升道路通行效率提供强有力的技术保障。

1 高速公路机电工程电力监控系统的重要性

1.1 提升能源效率, 优化电力分配

随着高速公路机电设备规模不断扩大, 电力消耗成为运营成本的重要组成部分。电力监控系统实时采集电力数据, 能精准掌握各设备的用电情况, 识别高能耗环节, 针对性调整电力分配策略, 进而在车流量较少的时段, 自动降低照明设备或通风设备运行功率, 避免能源浪费^[1]。电力监控系统还会动态监测电力负荷, 合理调配电力资源, 避免局部设备过载等情况, 从而降低能源消耗, 延长设备使用寿命, 减少电力分配不均导致的设备损坏风险。除此之外, 电力监控系统还能分析相关数据, 为管理者提供科学节能建议, 进一步提高能源利用效率, 为实现绿色交通可持续发展提供技术支撑。

1.2 保障设备稳定, 减少故障停机

高速公路机电设备种类繁多, 涵盖照明、通风、监控以及通信等系统, 直接关系高速公路的安全。电

力监控系统实时监测设备电压、电流以及功率等电力参数, 能够及时发现异常波动, 并立即发出预警, 提示运维人员检查相关设备, 防范相关灾害风险。除此之外, 电力监控系统还具备故障诊断功能, 能快速定位故障点并提供解决方案, 大幅缩短故障处理时间, 减少设备停机对交通运营的影响。这种主动式的管理设备方式, 能显著提高设备的可靠性, 降低运维成本, 为高速公路安全畅通提供坚实的保障。

1.3 降低运维成本, 提升管理效能

传统的高速公路机电设备运维依赖人工巡检, 会耗费大量人力物力, 还难以全面覆盖设备运行状态。而电力监控系统能自动采集相关数据, 实时掌握设备的电力运行情况, 减少人工巡检的频率, 并精准定位高能耗设备, 为运维人员提供针对性维护建议^[2]。另外, 电力监控系统的故障预警功能能够提前发现潜在问题, 减少突发故障导致的设备停机损失, 且延长设备使用寿命, 进一步降低运维成本。除此之外, 电力监控系统还能集中化管理多路段、多设备, 显著提升管理效率, 为高速公路运营单位提供精细化管理手段。这种高效的管理模式, 能降低运营成本, 为高速公路可持续发展奠定基础。

1.4 增强应急能力, 保障运营安全

电力监控系统能够实时监测电力设备运行状态, 及时发现异常情况并发出预警, 有效预防电力故障。突发情况下, 电力监控系统还能迅速定位故障点, 提供准确的故障信息, 为应急处理提供依据, 缩短故障处理时间, 减少电力中断导致的交通拥堵^[3]。另外, 电力监控系统还具备远程控制功能, 可以在紧急情况

下远程操作电力设备,快速恢复供电,确保高速公路的正常运营。通过数据分析,还能识别潜在风险,提前采取预防措施,进一步提升系统的可靠性。电力监控系统既能提高高速公路应急响应效率,还降低人工干预误差,为高速公路安全运营提供保障,有助于提升整体运营管理水平。

2 高速公路机电工程电力监控系统的应用

2.1 调控隧道照明,保障行车安全环境

隧道是高速公路的特殊路段,其稳定运行的照明系统直接关系到行车安全与通行效率。电力监控系统实时监测照明设备的电压、电流以及功率因数等电力参数,能够精准掌握照明系统的运行状态,及时发现并处理异常情况。根据隧道内外的光照强度、车流量等数据,结合 PLC(可编程逻辑控制器)与 SCADA(数据采集与监控系统)技术,电力监控系统能自动调节隧道照明亮度,避免过度照明造成的能源浪费,还能确保充足的隧道光线,减少安全隐患。除此之外,电力监控系统还能在照明设备出现故障前发出警报,提醒运维人员及时检修,防范照明不足导致的交通事故,为隧道行车安全提供有力保障。

高速公路隧道照明系统一般由高压钠灯与 LED 灯组成,未安装电力监控系统前,主要依赖人工调节照明,存在能耗高、故障发现滞后等问题。引入电力监控系统后,该系统能借助集成光照传感器、车流量检测设备与电力监测模块,动态调节照明亮度。在白天光照充足且车流量较小时,自动降低照明功率,节省电能,夜间或阴雨天气,则根据实际需求提高照明亮度,确保行车安全。另外,电力监控系统还能自动诊断设备故障,实时监测照明设备的电流、电压等参数,及时发现异常波动并发出预警,帮助运维人员远程锁定故障点,及时进行维修,避免中断照明。电力监控系统还可以整合物联网技术,连接照明设备,实时传输、分析相关数据,进一步优化照明策略,降低照明能耗,缩短故障处理时间,证明在隧道照明调控中的实际价值,为高速公路隧道安全管理提供有力支持。

2.2 管理收费站电力,确保设备稳定运行

收费站作为高速公路重要枢纽,依赖电力供应正常运转。电力监控系统借助 SCADA(数据采集与监视控制系统)、PLC(可编程逻辑控制器)等自动化控制技术,能实时监测并调控收费站变电站、低压配电系统以及 UPS(不间断电源)等设备,稳定电能质量,防止电压波动、电网故障导致设备损坏^[4]。电力监控系统

还能远程监测、智能调度,优化电力分配,提高能效,减少不必要的能源损耗,降低运营成本,且进一步结合分时电价策略,合理安排用电时段,提升收费站的供电经济性。

在具体应用中,电力监控系统联动控制高速公路收费站的主配电柜、备用电源以及应急柴油发电机等关键设备,能保证电网异常时仍正常运行收费站。当主电源出现短时波动时,UPS 系统可立即切换至电池供电模式,持续为收费系统、车道摄像头及道闸控制器等设备供电。若电网长时间停电,电力监控系统则自动启动柴油发电机,且在恢复供电后无缝切换回正常电网模式,防止突然断电丢失收费数据。该系统还能监测配电柜内断路器的温度、电流电压等参数,结合历史数据进行分析,提前预测设备老化风险,减少突发故障。管理中心可查看各收费站的电力状态,远程调整负荷分配,合理配置不同收费车道的供电优先级。这种精细化管理模式能提升收费站供电系统的可靠性,降低运维成本,为高速公路智慧化发展提供电力保障。

2.3 监控服务区能耗,实现节能降耗目标

高速公路服务区运营时间长、设备种类多,能源管理的复杂性较高,传统人工管理模式难以精细化控制服务区电力,容易造成电力浪费。电力监控系统利用能耗数据采集终端、智能电表以及配电管理系统等设备,能监测服务区各用电单元的实时能耗,实现分区域、分时段的动态管理,并依据历史负荷数据预测不同时间段电力需求,合理调整供电策略,避免高峰期电力负荷过载,提高低谷期能源利用效率。结合智能控制技术,电力监控系统还能精准定位高能耗设备,且自动调节该设备功率,从源头上减少不必要的电能消耗,为服务区的节能降耗提供技术保障。

在照明系统实际应用中,电力监控系统可根据光照传感器数据,智能调节室内外照明亮度,高亮度区域减少不必要的灯光,夜间自动提升照明水平,平衡节能与舒适度。部分服务区还能采用分区照明策略,自动降低人流量较低区域的灯光亮度,在人员经过时瞬时提升亮度,避免长时间空耗电。电力监控系统还可依据温湿度传感器的监测数据,自动调整空调通风设备的运行模式,于客流高峰期均匀分配冷暖风量,确保舒适性,而低人流时段,则适当降低功率或关闭部分区域空调,减少电力消耗。在电动汽车充电桩方面,电力监控系统依据服务区整体用电情况,分配充电桩功率,高峰时段避免大功率充电导致电网负荷过载,低谷时段引导车辆优先充电,提高整体能源利用率。

除此之外,部分服务区还能够在电力监控系统中接入光伏发电系统与储能设备,实现部分自供电,在白天使用太阳能提供电力,夜间利用储能系统供电,进一步降低依赖传统电网的程度,推动高速公路服务区向绿色低碳方向发展。

2.4 电缆防盗监测,防范非法破坏行为

高速公路沿线电缆分布广泛且隐蔽性强,易成为盗窃、破坏的目标,影响供电系统稳定性。电力监控系统借助集成分布式光纤传感技术(DTS)与智能电流监测模块,能够实时监测电缆的电流、电压等参数,识别异常状态^[6]。当电缆因外力破坏导致电流骤降时,电力监控系统会立即触发报警,并使用GIS(地理信息系统)精准定位故障点,分析历史数据,预测高盗窃风险区域,实现主动防护,为电缆安全提供全天候、多维度的技术保障,有效降低盗窃事件发生概率。

在高速公路上,相关部门可以部署DMS(电缆监测系统)与光纤振动传感器,并接入电力监控系统实时监控电缆状态,若某段电缆电流突然归零,光纤传感器检测到异常振动信号,电力监控系统就立即触发多级报警,将定位信息推送至监控中心。运维人员结合无人机巡检,可迅速锁定被盜区域,及时处理相关问题,防止供电中断。电力监控系统还能运用大数据分析,结合历史盗窃事件数据与天气、时间等外部因素,识别高盗窃风险时段,加强相关区域监测频率,且联动视频监控系统重点巡查。另外,电力监控系统还能及时监测温度异常升高趋势,发现检测电缆绝缘层破损等情况,提前发出维护指令,避免漏电引发安全隐患。在技术细节上,LoRa无线通信技术能实现远程传输数据,保障偏远区域监测信号的稳定性,解决传统有线通信局限性,提升电缆防盗效率,为高速公路供电安全提供系统性解决方案。

2.5 监测桥梁机电设备,预防突发故障

从本质上来看,高速公路机电工程电力监控系统是一种集成化远程监测系统,能实时检测桥梁上的机电设备运行状况,提供智能调控功能。在运行过程中,该系统借助传感器、数据采集终端以及光纤通信技术,能将桥梁机电设备的运行状态转化为数字信号,传输至监控中心数据库。该系统还具备自动控制功能,管理人员可以在电力监控软件上直观地查看各项运行数据,远程处理各种异常情况,减少人工巡检工作量,优化设备运行策略,提升桥梁机电设施的稳定性。

在具体应用中,电力监控系统主要监测桥梁的供电设施与排水设备,防止突发故障影响桥梁正常运

行。供电设施是桥梁机电系统的核心,直接关系到各类设备的稳定运行。当配电柜中电路出现过载、短路时,电力监控系统能自动识别异常并快速切断故障线路,启动备用电源,避免供电中断影响桥梁通行。另外,其还能根据历史数据分析设备运行状态,提前识别潜在隐患,若变压器长期处于高负荷运行状态,系统会发出预警,提醒管理人员进行检修,减少突发性故障。强降雨季节,排水系统发生故障,桥面就容易出现积水,影响车辆行驶安全。电力监控系统能够实时监测排水泵的运行状态,结合桥梁排水井的水位传感器数据,动态调整抽排水速率。系统检测到桥面排水井水位迅速上升时,会自动提升排水泵工作效率,加快积水排出,防止水位过高影响桥梁结构安全。电力检测系统还会重点查看电源供应情况,预防电力故障影响排水泵正常工作,保障排水作业的正常运行。除此之外,通过数据分析,电力检测系统可识别水泵功率消耗异常升高、电机温度持续上升等排水泵运行中的异常情况,预警设备堵塞等问题,避免突发性损坏影响桥梁安全,提高整体应急响应能力。

3 结束语

高速公路机电工程电力监控系统作为现代交通基础设施的重要组成部分,其重要性体现在提升能源效率、优化电力分配以及保障设备稳定运行等方面。借助实时监控、数据分析与智能调控等技术,机电工程电力监控系统能够有效降低运维成本,增强应急响应能力,为行车安全提供保障。在具体应用中,电力监控系统也展现出多场景、多维度的综合管理能力。未来,随着技术的不断升级,电力监控系统将在高速公路智能化建设中发挥更加关键的作用,为实现安全、高效、绿色的交通运营目标提供持续动力。

参考文献:

- [1] 申文超,中铁军.基于高分可视化技术的高速公路监控系统:以机电工程为例[J].交通科技与管理,2024,05(02):13-15.
- [2] 阮应安.高速公路机电系统电力监控前端监测预警系统探讨[J].交通科技与管理,2023,04(11):23-25.
- [3] 朱悦敏.基于模糊控制的高速公路改扩建工程机电设备智能监控系统[J].中国交通信息化,2023(03):96-98.
- [4] 邓博轩,徐峰.高速公路机电工程电力监控系统研究[J].工程技术研究,2022,07(15):98-100.
- [5] 甘韶安.广深高速公路沿线变电所电力监控改造工程施工要点分析[J].黑龙江交通科技,2021,44(08):218-219,221.