基于物联网的高速公路机电养护管理模式探讨

林郁潮
广东新粤交通投资有限公司　广东　广州　515400

摘　要：本文探讨基于物联网的高速公路机电养护管理模式。概述了高速公路机电系统，阐述其构成与作用。介绍了物联网技术在机电养护中的具体应用，如智能监控、远程诊断等。随后构建基于物联网的养护管理模式，涵盖模式架构、流程优化与组织架构调整。还探讨关键技术应用，包括状态感知、数据传输等。旨在利用物联网技术提升高速公路机电养护效率与质量。

关键词：物联网；高速公路；机电养护；管理模式

1 高速公路机电系统概述

高速公路机电系统是保障高速公路安全、高效运营的核心支撑体系，它融合了电子、通信、计算机、自动控制等多领域技术，主要由监控、收费、通信、供配电及照明、隧道机电等子系统构成。监控系统如同高速公路的“千里眼”，通过外场摄像机、车辆检测器等设备，实时采集交通流量、车速、气象等信息，经处理后传输至监控中心，以便管理人员及时掌握路况，迅速应对交通事故、拥堵等突发状况。收费系统是高速公路运营管理的关键环节，采用自动化收费技术，如ETC不停车收费和人工收费相结合的方式，实现快速、准确的车辆通行费征收，提高收费效率，减少车辆排队等待时间。通信系统为各子系统提供稳定可靠的信息传输通道，确保监控数据、收费信息、语音指令等能够及时、准确地传递，保障高速公路运营管理的协同性和高效性[1]。供配电及照明系统为机电设备提供电力保障，合理设置照明设施，保证夜间行车安全。隧道机电系统则针对隧道特殊环境，集成通风、照明、消防、监控等设备，为隧道安全通行创造良好条件。高速公路机电系统各子系统相互协作、有机统一，共同为高速公路的安全、畅通、高效运营提供坚实保障。

2 物联网技术在机电养护中的具体应用

2.1 智能传感器与监控系统

物联网技术中的智能传感器是机电养护的重要基础。智能传感器能够实时感知机电设备的各种状态参数，如温度、湿度、电压、电流、振动等。在高速公路机电系统中，安装在收费设备、监控设备、通信设备等上的智能传感器可以实时采集设备的运行数据，并将这些数据通过无线通信网络传输到监控中心。例如，在收费亭内的收费计算机上安装温度传感器，可以实时监测计算机的工作温度。当温度超过设定阈值时，系统会自动发出警报，提醒养护人员及时采取散热措施，避免计算机因过热而损坏。在通信设备上安装振动传感器，可以检测设备的振动情况，判断设备是否正常运行。如果振动异常，可能表示设备存在故障隐患，养护人员可以提前进行检查和维修。智能监控系统结合智能传感器采集的数据，能够实现对机电设备的全方位、实时监控。监控中心的工作人员可以通过监控大屏直观地看到各个设备的运行状态，一旦发现异常情况，系统会立即发出警报，并显示故障设备的位置和相关信息，方便养护人员快速定位和处理故障。

2.2 远程故障诊断与预警

物联网技术实现了高速公路机电设备的远程故障诊断与预警。通过在机电设备上安装各种传感器和监测模块，实时采集设备的运行数据，并将这些数据传输到远程诊断中心。远程诊断中心利用先进的故障诊断算法和专家系统，对采集到的数据进行分析和处理，判断设备是否存在故障隐患，并预测故障可能发生的时间和位置[2]。例如，对于高速公路上的大型广告牌照明系统，通过安装电流传感器和电压传感器，实时监测照明系统的电流和电压变化。当电流或电压出现异常波动时，远程诊断中心可以及时分析出可能是灯泡损坏、线路故障等原因导致的，并发出预警信息。养护人员可以根据预警信息，提前准备好维修工具和备件，迅速赶到现场进行维修，避免了因故障导致的广告牌无法正常显示，影响宣传效果。远程故障诊断与预警系统还可以对设备的运行历史数据进行分析，总结设备的故障规律和趋势，为设备的预防性养护提供依据。

2.3 养护作业管理与调度

物联网技术为高速公路机电养护作业的管理与调度提供了高效、便捷的手段。通过在养护车辆和养护人员身上安装定位设备，如GPS定位模块，实时掌握养护车辆

和人员的位置信息。同时，结合养护作业计划和设备故障信息，系统可以自动生成最优的养护作业路线和调度方案。在养护作业过程中，养护人员可以通过手持终端设备实时上传作业进度和作业情况，监控中心可以随时掌握养护作业的动态，及时调整调度方案，确保养护作业的高效进行。物联网技术还可以实现对养护物资的实时管理。通过在养护物资仓库安装传感器，实时监测物资的库存数量和存放状态。当物资库存低于设定阈值时，系统会自动发出补货提醒，确保养护物资的充足供应。

2.4 数据分析与决策支持

物联网技术采集到的海量机电设备运行数据为数据分析与决策支持提供了丰富的资源。通过对这些数据进行深入分析，可以挖掘出设备运行的规律和潜在问题，为机电养护决策提供科学依据。利用数据分析技术，可以对设备的故障发生率、故障类型、维修成本等进行统计分析，找出故障高发的设备和故障原因，有针对性地制定养护策略和改进措施。同时，数据分析还可以为设备的更新换代提供决策支持。通过对设备的使用寿命、运行成本、性能指标等进行分析，评估设备是否需要更新换代。当设备的运行成本过高、性能无法满足实际需求时，及时进行设备更新，可以提高机电系统的整体运行效率和质量。

3 基于物联网的高速公路机电养护管理模式构建

3.1 模式架构设计

基于物联网的高速公路机电养护管理模式采用分层架构设计，主要包括感知层、网络层、平台层和应用层。感知层是整个模式的基础，由各种智能传感器、监测设备等组成，负责实时采集机电设备的运行状态数据和环境数据。这些传感器和设备分布在高速公路沿线的各个机电设备上，如收费设备、监控设备、通信设备等，能够全面、准确地感知设备的各种信息。网络层负责将感知层采集到的数据传输到平台层。它采用多种通信技术，如无线传感器网络、4G/5G通信、光纤通信等，确保数据传输的稳定性和可靠性。网络层可以根据不同的应用场景和数据传输需求，选择合适的通信方式，实现数据的高效传输。平台层是整个模式的核心，它包括数据存储与管理平台、数据分析与处理平台、故障诊断与预警平台等。数据存储与管理平台负责对采集到的海量数据进行存储和管理，确保数据的安全性和完整性。数据分析与处理平台利用先进的数据分析算法和模型，对数据进行深入分析，挖掘数据背后的价值。故障诊断与预警平台根据数据分析结果，结合专家系统和故障知识库，对机电设备的故障进行诊断和预警。应用层是模式的具体应用层面，它面向高速公路机电养护管理人员和用户，提供各种应用服务，如养护作业管理、设备状态监测、故障预警通知、决策支持等。通过应用层，养护管理人员可以实时掌握机电设备的运行状况，合理安排养护作业，提高养护效率和质量[3]。

3.2 管理流程优化

基于物联网的高速公路机电养护管理模式对传统的管理流程进行了优化。在设备监测环节，通过智能传感器和监控系统实现对设备的实时、在线监测，取代了传统的人工定期巡检方式，大大提高了监测的及时性和准确性。在故障诊断环节，远程故障诊断与预警系统能够快速、准确地判断设备故障原因，并发出预警信息，减少了故障排查时间。养护人员可以根据预警信息，提前准备好维修工具和备件，迅速赶到现场进行维修，提高了故障处理效率。在养护作业管理环节，利用物联网技术实现养护作业的智能化调度和管理。系统根据设备故障信息和养护人员的位置信息，自动生成最优的养护作业路线和调度方案，合理安排养护人员和车辆，提高了养护作业的协同性和效率。在养护质量评估环节，通过对设备维修后的运行数据进行跟踪分析，评估养护效果。如果设备在维修后仍然出现频繁故障，说明养护质量存在问题，需要及时调整养护策略和方法，提高养护质量。

3.3 组织架构调整

为了适应基于物联网的高速公路机电养护管理模式的需求，需要对传统的组织架构进行调整。设立专门的物联网技术应用部门，负责物联网技术的研发、应用和维护，确保物联网系统在机电养护中的正常运行。加强养护管理部门与技术部门之间的协作与沟通。养护管理部门在发现设备故障和养护需求时，及时与技术部门沟通，技术部门利用物联网技术提供技术支持和解决方案。同时，技术部门根据养护管理部门的反馈，不断优化物联网系统和养护管理模式。建立跨部门的协同工作机制，加强收费、监控、通信等各子系统之间的信息共享和协同工作。例如，当收费系统出现故障时，监控系统可以及时提供故障现场的图像信息，通信系统确保故障信息的快速传输，各部门协同工作，共同解决故障问题，提高机电系统的整体运行效率。

4 基于物联网的高速公路机电养护管理关键技术应用

4.1 设备状态感知与数据采集技术

设备状态感知与数据采集技术是基于物联网的高速公路机电养护管理的基础。采用多种类型的智能传感器，如温度传感器、湿度传感器、电压传感器、电流传

感器、振动传感器等，实时感知机电设备的各种状态参数。为了提高数据采集的准确性和可靠性，采用高精度的传感器和先进的数据采集算法。同时，对传感器进行定期校准和维护，确保传感器的性能稳定。在数据采集过程中，采用分布式数据采集方式，将多个传感器采集的数据就近进行处理和传输，减少数据传输的延迟和误差。还可以利用图像识别技术和声音识别技术对机电设备进行状态感知。利用声音传感器采集设备运行时的声音信号，通过声音识别技术判断设备是否存在异常声音，从而及时发现设备故障隐患。

4.2 数据传输与处理技术

数据传输与处理技术是确保物联网系统正常运行的关键。在数据传输方面，采用多种通信技术相结合的方式，根据不同的应用场景和数据传输需求选择合适的通信方式。对于数据量较小、实时性要求不高的数据，可以采用无线传感器网络进行传输；对于数据量较大、实时性要求高的数据，采用4G/5G通信或光纤通信进行传输。为了提高数据传输的可靠性和安全性，采用数据加密技术和冗余传输技术。数据加密技术对传输的数据进行加密处理，防止数据在传输过程中被窃取和篡改。冗余传输技术通过多条传输路径同时传输数据，当某条传输路径出现故障时，系统可以自动切换到其他传输路径，确保数据的正常传输。在数据处理方面，采用分布式计算和云计算技术。分布式计算将大规模的数据处理任务分解为多个小任务，分配到多个计算节点上进行并行处理，提高数据处理效率。云计算技术提供强大的计算资源和存储资源，能够满足海量数据处理和存储的需求。同时，利用数据挖掘和机器学习算法对处理后的数据进行深入分析，挖掘数据背后的价值，为设备故障诊断和养护决策提供支持。

4.3 故障诊断与预警技术

故障诊断与预警技术是基于物联网的高速公路机电养护管理的核心。采用基于模型的方法、基于数据驱动的方法和基于专家系统的方法相结合的故障诊断技术。基于模型的方法通过建立机电设备的数学模型，将设备的实际运行数据与模型预测数据进行比较，判断设备是否存在故障。基于数据驱动的方法利用历史数据和实时数据，通过机器学习算法训练故障诊断模型，实现对设备故障的自动诊断。基于专家系统的方法将专家的知识和经验整理成规则库，根据设备的运行状态和故障现象，通过推理机进行故障诊断。故障预警技术根据故障诊断结果和设备的运行趋势，预测设备故障可能发生的时间和位置[4]。采用阈值预警和趋势预警相结合的方式，当设备的状态参数超过设定阈值时，系统发出阈值预警；当设备的状态参数呈现出异常变化趋势时，系统发出趋势预警。根据故障的严重程度和影响范围，将预警信息分为不同等级，及时通知相关养护人员进行处理。

4.4 智能决策与资源调度技术

智能决策与资源调度技术能够根据设备故障信息和养护资源情况，自动生成最优的养护决策和资源调度方案。利用优化算法，如遗传算法、粒子群算法等，对养护作业路线、养护人员分配、养护物资调配等进行优化。智能决策系统考虑多种因素，如设备故障的紧急程度、养护人员的技术水平和工作量、养护物资的库存情况和运输成本等，综合评估各种决策方案的优劣，选择最优方案进行实施。在资源调度方面，实时掌握养护资源的动态信息，根据养护作业的需求，合理调配养护车辆、养护人员和养护物资，提高资源利用效率，降低养护成本。

结束语

物联网技术为高速公路机电养护管理带来新契机。通过智能传感器、远程诊断等应用，实现对机电设备的实时监测与精准养护，优化了管理流程与组织架构，关键技术的运用也提升决策科学性。随着物联网不断发展，其在高速公路机电养护领域的应用将更成熟，有望进一步提高养护水平，保障高速公路安全、高效运营，推动行业向智能化迈进。

参考文献

[1]谷明.探讨大数据在高速公路预防性养护中的应用[J].交通科技与管理,2023,4(01):59-61.

[2]徐阳.基于物联网技术的安全预警系统设计与研究——以高速公路养护人员为对象[J].无线互联科技,2021,18(14):63-65.

[3]景海林.高速公路养护管理的“互联网+”[J].中国公路,2020,(05):70-72.

[4]王立浩.高速公路养护作业中交通事故风险因素分析[J].劳动保护,2024,(10):109-110.