

PHM 技术在 LKJ-15C 型列车运行监控系统中的应用

王嘉利

国能朔黄铁路发展有限责任公司机辆分公司 062350

【摘要】PHM技术即故障预测与健康管理技术，通过实时收集并深入分析设备运行数据，能够准确评估设备的健康状况，提前预测可能出现的故障。便于工作人员便能提前制定维护计划，有效预防设备故障，大幅提高设备的可靠性与可用性。将PHM技术运用到LKJ-15C型列车运行监控系统中，能够为系统的维护管理开辟了新路径。借助这一技术，能够更科学、高效地维护系统，有力保障列车运行的安全性与稳定性，推动铁路运输行业迈向更高的发展台阶。

【关键词】PHM技术；LKJ-15C型列车；运行监控系统

Application of PHM Technology in LKJ-15C Train Operation Monitoring System

Wang Jiali

Guoneng Shuohuang Railway Development Co., Ltd. Rolling Stock Branch 062350

【Abstract】PHM technology, also known as fault prediction and health management technology, can accurately evaluate the health status of equipment and predict possible faults in advance by collecting and analyzing equipment operation data in real time. Facilitating staff to develop maintenance plans in advance, effectively preventing equipment failures, and significantly improving equipment reliability and availability. The application of PHM technology to the LKJ-15C train operation monitoring system has opened up a new path for system maintenance and management. With the help of this technology, the system can be maintained more scientifically and efficiently, effectively ensuring the safety and stability of train operation, and promoting the railway transportation industry to a higher level of development.

【Key words】PHM technology; LKJ-15C type train; Operation monitoring system

引言：

在铁路运输领域，列车运行的安全性与可靠性至关重要。LKJ-15C型列车运行监控系统是保障列车安全高效运行的关键，能实时监测、精准控制列车运行参数，有效避免超速、冒进信号等危险，为铁路运输筑牢根基。但传统的LKJ-15C系统在设备维护管理上存在局限，依赖定期检修和故障后的被动维修，无法精准掌握设备实时健康状况，难以及时预警，不仅导致维护成本高，还威胁列车运行安全。尤其随着铁路运输业务量增长、列车运行速度和密度增大，对LKJ-15C系统可靠性与稳定性要求更严。PHM技术，即故障预测与健康管理技术，凭借实时监测、故障预测和主动维护的优势，为解决上述问题提供新思路和方法。将其融入LKJ-15C系统，有望实现设备全生命周期健康管理，提升系统安全性、可靠性和运维效率，推动铁路运输向智能化、精细化管理迈进。

一、LKJ-15C型列车运行监控系统概述

（一）LKJ-15C系统的组成结构

LKJ-15C型列车运行监控系统主要涵盖车载设备与地面设备两大关键部分。一部分是车载设备，主要由主机、显示器、速度传感器、压力传感器以及通信接口等构成。其中，主机作为系统的核心组件，承担着数据采集、处理以及控制指令生成的重要职责^[1]。显示器的作用是向司机呈现列车运行的各类相关信息，例如速度、行驶里程、线路具体数据等等。速度传感器专门用于检测列车的运行速度，压力传感器则负责检测列车的制动压力等参数。通信接口的功能是实现车载设备与地面设备之间，以及与其他列车设备之间的信息通信。另一部分是地面设备，主要包含数据传输设备、数据处理中心和调度终端等。数据传输设备的任务是将车载设备采集到的数据传送到地面数据处理中心。数据处理中心会对接收到的数据展开分析、处理以及存储操作，同时生成相应的报表和分析结果。调度终端能够为铁路调度人员实时提供列车的运行状态信息，便于其做出合理的调度决策。

（二）LKJ-15C系统的工作原理

LKJ-15C型列车运行监控系统的运作原理，建立在列车运行的线路数据、运行参数以及司机操作指令的基础之上。

该系统借助速度传感器、压力传感器等装置,对列车的运行速度、制动压力等参数进行实时采集,再把这些参数与预先存储的线路数据,如线路坡度、弯道半径、信号机位置等相结合,以此来推算列车当下所处的位置以及实际运行状态。一旦列车在运行过程中出现超速、冒进信号这类危险状况,系统便会依照预先设定好的控制策略,自动发出制动指令,让列车减速或者停止运行,以此保障列车运行安全。与此同时,系统还会把列车的运行数据及时传输至地面设备,为铁路调度人员提供决策所需的依据,达成对列车运行情况的实时监测与管理。

二、PHM技术的概念与组成部分

(一) PHM技术的概念

PHM技术是一项将传感器技术、数据处理技术、故障诊断技术、预测技术以及智能决策技术有机融合在一起的综合性技术体系。其核心观念在于,借助对设备运行状态展开实时监测,收集并深度分析相关数据,从而提前预判设备可能会发生的故障,精准评估设备的健康状况。之后,依据所评估出的设备健康状态,制定出科学合理的维护策略,以此实现对设备的主动式维护,以及覆盖设备从投入使用到报废整个生命周期的全方位管理。

(二) PHM技术的主要组成部分

第一,数据采集模块。此模块借助各类传感器,如温度传感器、振动传感器、压力传感器等,对设备的运行数据予以实时收集。所采集的数据涵盖设备的工作状态、性能参数以及环境参数等方面。这些数据是PHM技术开展后续分析与决策的根本依据^[2]。第二,数据传输模块。该模块负责把采集到的数据,通过有线通信或者无线通信的方式,传送到数据处理中心。数据传输模块必须确保数据在传输过程中的准确性、实时性以及可靠性。第三,数据处理与分析模块。此模块针对传输过来的数据进行清洗、预处理、特征提取以及数据分析等操作。其目的是挖掘出数据中潜藏的信息和规律,为评估设备的健康状态以及预测设备故障提供有力支持。常见的数据处理和分析方法包含信号处理、数据挖掘、机器学习、人工智能等。第四,设备健康状态评估模块。该模块依据数据分析得出的结果,再结合设备的历史运行数据以及故障模式,对设备的健康状态进行综合评估。以此判断设备是否处于正常的运行状态,以及明确设备当前的健康程度。设备健康状态的评估结果能够为制定设备的维护决策提供重要参考。第五,故障预测模块。此模块利用数据处理和分析模块所获得的信息,选用恰当的预测模型和算法,对设备可能出现的故障进行预测。其能够提前预估故障发生的具体时间、故障的类型以及故障可能产生的影响程度。故障预

测可以协助维护人员提前做好维护准备工作,从而降低设备故障所带来的损失。第六,维护决策支持模块。该模块根据设备健康状态评估和故障预测的结果,同时结合设备的维护策略以及维护成本等因素,为维护人员提供全面的维护决策支持。这些支持包括确定合适的维护时间、选择恰当的维护方式以及合理分配维护资源等内容。

三、PHM技术在LKJ-15C型列车运行监控系统中的应用

(一) 系统架构设计

把PHM技术融入LKJ-15C型列车运行监控系统,就必须对现有的系统架构进行重新规划设计。全新的系统架构应当涵盖数据采集层、数据传输层、数据处理与分析层、应用层以及用户界面层这几个部分。首先,数据采集层。在原有的LKJ-15C车载设备以及地面设备的基础之上,增添多种用于PHM的传感器,例如温度传感器、振动传感器等^[3]。通过增加这些传感器,能够采集到更多与设备健康状态紧密相关的数据,从而为后续的分析 and 决策提供更丰富的信息基础。其次,数据传输层。充分利用现有的列车通信网络和地面通信网络,达成数据的实时、高效传输。与此同时,运用数据加密和校验技术,对传输的数据进行加密处理并进行校验,以此保障数据在传输过程中的安全性和准确性,防止数据丢失或被篡改。其三,数据处理与分析层。构建专门的数据处理中心,对采集到的各类数据进行全面的清洗、预处理、特征提取以及深入分析。引入大数据处理技术和人工智能算法,借助这些先进技术和算法的优势,提高数据处理和分析的效率和精准度,更快速、准确地挖掘出数据背后的潜在信息。其四,应用层。开发一系列与设备管理相关的应用模块,如设备健康状态评估模块、故障预测模块、维护决策支持模块等。通过这些应用模块的协同工作,实现对LKJ-15C系统设备从投入使用到报废整个生命周期的全方位、精细化管理。最后,用户界面层。为铁路维护人员和调度人员打造友好、便捷的用户界面。在这个界面上,清晰展示设备的健康状态、故障预测结果以及相应的维护建议等信息,让用户能够直观、快速地获取关键信息,从而方便他们进行操作和做出科学合理的决策。

(二) 监测对象选择

在LKJ-15C型列车运行监控系统当中,可以挑选以下关键设备和部件作为PHM技术的监测对象:首先,主机。主机是整个系统的核心所在,其性能表现会对整个系统的运行状况产生直接且关键的影响。可以对主机的多项参数进行监测,比如主机的温度、电源电压、CPU使用率等,同时也要密切关注主机内部各个板卡的工作状态。通过这样全面细

致的监测,能够及时察觉主机可能出现的故障隐患,避免故障进一步恶化影响系统运行。其次,传感器。速度传感器、压力传感器等设备,在 LKJ-15C 系统里承担着采集列车运行参数的重要职责。为了确保这些传感器能够准确、可靠地工作,要对其输出信号是否处于正常范围进行监测,同时还要关注传感器的工作温度以及振动情况^[4]。因为异常的工作温度和振动可能会影响传感器的性能,进而导致采集到的列车运行参数不准确。其三,通信接口。通信接口主要负责实现车载设备与地面设备以及其他列车设备之间的通信连接。要对通信接口的信号强度、误码率等参数进行监测,因为这些参数能够反映通信接口的工作状态。一旦发现信号强度异常或者误码率过高,就意味着可能存在通信故障,及时发现并处理这些故障,能够保证数据在不同设备之间的传输始终保持畅通无阻。

(三) 数据采集与处理

利用多种传感器实时收集监测对象运行数据。模拟量数据先由传感器转为电信号,再经 A/D 转换为数字信号;数字量数据直接采集。同时为数据添加时间标记,便于后续分析处理。采集的数据经列车通信网络传至车载数据处理单元,再由其通过地面通信网络传至地面数据处理中心。传输中采用数据压缩和缓存技术,减少传输量和延迟,保障数据高效传输。地面数据处理中心接收数据后先清洗,去除噪声和异常数据。然后用数据挖掘和机器学习算法进行特征提取与分析,挖掘设备健康相关信息。如分析主机温度数据构建模型,预测过热故障。

(四) 设备健康状态评估

依据监测对象自身的特点以及可能出现的故障模式,构建与之相匹配的健康状态评估指标体系。举例来讲,对于主机而言,可把温度、电源电压、CPU 使用率等参数设定为评估指标;而对于传感器,能够将输出信号的准确性、稳定性等作为评估的考量指标。运用层次分析法、模糊综合评价法等手段,对设备的健康状态展开全面、综合的评估。具体步骤如下:首先,明确各个评估指标的权重,该权重能够体现每个指标对设备健康状态的影响程度大小;接着,依据采集到的数据,计算出各指标对应的评估值;最后,通过一系列

综合计算得出设备的健康状态评估结果。把设备的健康状态划分为正常、亚健康、故障预警和故障这四个等级。当设备处于正常状态时,无需开展特殊的维护工作;若设备处于亚健康状态,则需要加强对其的监测力度,并适当增加维护频次;当设备处于故障预警状态时,要提前做好维护的各项准备工作,如准备好维修工具、安排维修人员等;一旦设备处于故障状态,必须立刻进行维修,以确保设备尽快恢复正常运行。

(五) 设备故障预测

结合设备的故障特性以及数据所呈现出的特征,挑选适宜的故障预测模型。常见的故障预测模型有时间序列模型、神经网络模型、支持向量机模型等。比如,当设备运行数据具备时间序列特征时,可以运用 ARIMA 这类时间序列模型来开展故障预测工作;要是面对复杂的非线性故障模式,则可以采用神经网络模型进行预测^[5]。借助历史数据对故障预测模型进行训练,在训练过程中不断调整模型的参数,从而让模型能够精准地预测设备可能出现的故障。与此同时,采用交叉验证等方法对模型的预测性能加以验证,以此保证模型具有较高的可靠性和准确性。把实时采集到的数据输入到已经训练好的故障预测模型之中,对设备可能会出现的故障进行预测。一旦预测到设备即将发生故障,就要及时发出预警信息,通知维护人员迅速采取相应的维护措施,从而避免设备发生故障,减少因故障带来的损失。

结束语:

综上所述,将 PHM 技术应用于 LKJ-15C 型列车运行监控系统意义深远、成效显著。通过系统架构设计、监测对象选择、数据处理、健康评估与故障预测等环节协同,增强了系统可靠性与安全性,降低了运维成本。但实际应用仍面临挑战,如数据质量不稳定、预测模型准确性待提升。未来,需完善数据采集与处理机制,优化预测模型,深化 PHM 技术与系统融合,推动铁路运输监控系统智能化、高效化发展,保障铁路安全。

参考文献

- [1]孙泽勇,周志飞.PHM 技术在 LKJ-15C 型列车运行监控系统中的应用[J].大功率变流技术,2018(4):74-77.
- [2]宣钧波,钱如骏.全自动运行轨道交通列车状态监控与调度管理系统的研究[J].现代交通与路桥建设,2024,3(5).
- [3]谭康柏.全自动运行系统列车远程控制技术研究[J].设备监理,2024(6):50-54.
- [4]江林珈.列车运行监控装置的双冗余人机交互系统设计分析[J].数字技术与应用,2024,42(3):74-76.
- [5]李刚.全自动运行背景下综合监控系统研究[J].交通世界,2024(12):17-19.

作者简介:王嘉利(1993.3-)男,河北沧州人,大学本科,助理工程师,研究方向:LKJ_15 型。