

自动扶梯状态监测与智能预警诊断系统 应用研究

刘志峰, 潘慧玉

(山东耀翔电梯工程有限公司)

【摘要】关系到广大乘客人身安全的自动扶梯属于特种设备,保障其运行的安全和稳定极为关键。文章研究了自动扶梯状态监测与智能预警诊断系统的应用方法,在掌握自动扶梯状态监测与预警系统基础架构、传感器安装、系统级监测平台等基础上,对系统时域分析、频域分析、包络分析、智能预警等功能进行了研究。同时强调了系统应用环境、实时监测与数据分析、效果评估与优化系统应用测试方法,有助于及时发现自动扶梯的运行故障,提高维修有效性,实现精细化维修的处理目标。

【关键词】城市轨道交通;自动扶梯;状态监测;预警诊断

中图分类号:TH236

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2024.12.044

Research on the Application of Escalator Status Monitoring and Intelligent Early Warning and Diagnosis System

LIU Zhi-feng, PAN Hui-yu

(Shandong Yaoxiang Elevator Engineering Co., Ltd.)

【Abstract】The escalator, which is related to the safety of passengers, is a special equipment, and it is crucial to ensure the safety and stability of its operation. This paper studies the application method of escalator status monitoring and intelligent early warning and diagnosis system. On the basis of mastering the infrastructure of escalator status monitoring and early warning system, sensor installation, system level monitoring platform and so on, it studies the system time domain analysis, frequency domain analysis, envelope analysis, intelligent early warning and other functions. At the same time, it emphasizes the system application environment, real-time monitoring and data analysis, effect evaluation and optimization system application test method, which help to find the escalator running fault, improve the maintenance effectiveness, and achieve the processing goal of fine maintenance.

【Keywords】urban rail transit; escalator; condition monitoring; early warning and diagnosis

1 引言

自动扶梯状态检测与智能预警诊断系统能实时监控自动扶梯运行状态,通过各项运行参数预测潜在故障,制定预防性维修计划。自动扶梯状态检测与智能预警诊断系统独立于扶梯控制系统,系统利用传感器设备,动态化检测机械部件运行情况,精准评估核心部件故障发展特点,对其进行故障预警。

2 自动扶梯状态监测与预警系统简介

2.1 基础架构

主要包括传感器、数据采集器、线缆等各个部件的自动扶梯状态检测与智能预警诊断系统,其中传感器涉及振动加速度传感器、温度传感器以及其他传感器。针对驱动电机、电机基座以及减速箱等组成部位,都需要安装振动传感器,将红外温度传感器设置在桁架内,全天性收集运行参数;多通道、多类

型且灵活组合的数据采集器,核心作用为智能监控网关,面向振动加速度、振动速度以及温度等进行实时采集后,及时转化参数并储存;系统级监控平台运行过程中,对预警诊断软件参数进行分析,一旦发现异常设备,智能预警技术能够快速反应,综合智能诊断专家系统评估故障根源,且生成故障报表,利用网络模块输出后在智能管理平台上加以呈现。

2.2 传感器安装

以螺纹连接的振动传感器,连同底座进行固定,通过金属胶粘接后的底座,在驱动主机测点安装时,电机、减速箱等都需要安装。

2.3 系统级监测平台

统筹现代化状态监测技术的系统级监测平台,可以实时监测站点扶梯设备运行情况,如正常或存在隐患的扶梯设备等,都能够精确识别,且通过可视

化大数据分析技术直观展示设备运行状态,便于人员开展必要的维护与检修。一站式运行概览作业可以提高运维的有效性,精细化掌控所有站点扶梯的运行状态。同时,应用智能诊断算法创建系统级智能运维平台,深度分析采集参数,及时发现且处理潜在故障隐患,快速启动报警装置,依靠智能推动单元将情况反映给工作人员,降低故障带来的影响,确保故障处理更加准确;细致分析故障信息,找出问题根源,启动故障处理跟踪装置,高效解决故障隐患,制定预防性故障方案;在系统级监测平台运行中,AI智能诊断统计功能作为核心,借助大数据分析技术深入分析故障参数,多个角度评估故障特点,找出发生规律后优化扶梯设计方案,确保设备更具良好使用功能^[1]。

3 系统功能

3.1 时域分析

具有时域分析功能的自动扶梯状态监测与智能预警诊断系统,可以精确识别所有部件运行情况,降低故障出现几率。时域分析时,系统可以提取多个扶梯监测站点瞬态幅值,精确判断部件运行是否存在振动隐患。综合所有运行参数后检查部件使用情况,分析振动速度与加速度等振动特征,预测自动扶梯部件潜在运行故障。提高故障识别准确性,系统还能够差异性统计系统运行特征,单独分析后制定相应的解决方案。如系统提取振动速度特征后可以判断转子不平衡、不对中等隐患,分析振动速度后找出故障前期表象,且践行针对性预警机制;积极应对轴承、齿轮等部件运行隐患,应当统计振动加速度特征,深度分析后找出部件磨损、裂纹等不足,启动预警机制以提高维修水平。

3.2 频域分析

频谱分析振动参数后能够提取所有部件运动特点,融合结构动力学评估设备运行情况。例如,针对电机测点部分,可以对电机转频、倍频成分等进行研究;齿轮箱测点可分析获得齿轮箱的转频和齿轮啮合频率。分析电机振动速度频谱后能够得到相关频率成分,以常见梯级链齿啮合频率及其倍频为主,可以直接呈现出梯级链的使用情况。边频带可能与梯级通过频率存在直接关联,反映扶梯运行动态特点。充分发挥频域分析功能,一方面可以准确找出振动

信号内隐藏的相关信号,另一方面也能够帮助人员精准掌控扶梯运行状态,及时制定优化方案^[2]。

3.3 包络分析

由于内圈、外圈等故障问题,导致故障点位与接触面出现阶段性冲击,影响滚动轴承稳定运行。包络解调方法最为关键,对于振动信号内隐藏的相关故障特点,能够分解各个参数后进行频谱分析,工作人员综合分析结果,提取滚动轴承振动特点,分析数据,提高轴承预警诊断准确性。同时,在自动扶梯状态监测与智能预警诊断系统长期运行中,还会出现滤波与噪音问题,分析功能可以对振动参数进行处理,消除干扰隐患,保留扶梯真实运行状态的信号。利用 Hilbert 变换等特定的包络算法,定位振动信号的包络线,工作人员可以准确判断振动信号变化特征,评估自动扶梯当前运行情况,以制定切实可行的运维管理方案。

3.4 智能预警

不平稳、变工况运行模式下,传统固定限报警模式难以发挥作用。多种型号的自动扶梯设备,性能存在明显不同,采用固定限报警方式无法准确定位异常状况,全面推广智能预警技术至关重要。该项技术可实时监测扶梯振动、温度等参数,综合多特征数据融合技术后,通过机器学习算法构建关于轴承运行状态的模型,一来可以精准判断运行中的故障,二来也可以事先预警,降低故障几率以及危害程度。主要包括监督学习的支持向量机分类模型、无监督的 K-means 模型和 SVDD 模型等的建模分析模型,不同个体存在明显优势,人员结合现实情况灵活选择即可。在系统级自动扶梯监测平台中,智能预警技术已经得到广泛运用,融合其他功能全面监控扶梯运行全过程,提高扶梯运行稳定性,提升人员监管水平^[3]。

3.5 智能诊断

专家系统作为自动扶梯运维管理中的核心,积极整合专家知识可以得到针对性知识单元,不同单元代表具体指定情况,创建全面且真实的知识库。具有高效推理作用的系统,对设备运行过程进行动态化监督,及时发现运行异常,并做出妥善处理。充分整合扶梯运行参数,涵盖曳引设备、梯级、链轮等故障特征的专家系统,表示设备运行差异性隐患,确

保人员及时制定相应处理方案。如表1所示,当前专家系统涉及不同故障模式,对电机过热、梯级跑偏等故障实时全天性监测,快速给出反应,保证扶梯始终保持安全运行状态。

表1 专家系统主要故障模式汇总

设备名称	故障类型	故障描述
电机	转子故障	动不平衡、定子偏心
	联轴器	柱销磨损
	轴承故障	润滑不良、内圈磨损、外圈磨损等
减速器	齿轮故障	齿轮啮合不良、齿轮断齿
	轴承故障	润滑不良、内圈磨损、外圈磨损等
基础	基础松动不平	地脚螺栓松动、基础不平
主驱动轮	轴承故障	润滑不良、内圈磨损、外圈磨损等
梯级链涨紧轮	轴承故障	两侧涨紧度不一致
	涨紧弹簧故障	润滑不良、内圈磨损、外圈磨损等
制动器	制动距离趋势	刹车制动距离超标
	溜梯距离	溜梯故障
扶手带	扶手带温度	扶手带温度过高
链条故障	链条松紧故障	链条过紧或过松、链条润滑不良
	链条平行度	链轮共面性,链条平行度故障

4 系统应用与测试

4.1 系统应用环境

体现出复杂性、多变性特点的自动扶梯状态监测与智能预警诊断系统,在运行过程中还需要综合型号、生产方以及运行环境等,选择适合的设备类型。不同运行场所扶梯使用频率等有着较大不同,需要系统更加可靠、安全。在不同应用环境下维持系统可靠运行,一是需要事前开展项目调查,全面掌握结构特征以及运行机理;二是结合调查结果定制差异性自动扶梯型号的传感器等部件;三是安装中还需考虑扶梯运行环境与空间架构,正确安装传感器与监测设备^[4]。

4.2 实时监测与数据分析

对自动扶梯运行状态进行动态化监控,第一时间找出潜在隐患,并将采集运行参数传递给工作人员,及时制定应对方案。利用高精度传感器以及无线传输技术,实时采集扶梯振动、温度等数据后,借助无线传输技术快速传递数据,经由中央处理单元提取参数特征,确保后期运维工作顺利开展。此外,利用机器学习算法与深度学习技术进行数据深度分析,综合所有原始参数后自动识别运行隐患,根据当前系统运行状态预测一段周期内扶梯变化特点,保

证人员精准判断潜在故障,并制订预防性计划。

4.3 效果评估与优化

充分发挥自动扶梯状态监测与智能预警诊断系统作用,做好效果评估与优化极为关键。工作人员可以灵活选择多种评估模式,比较系统采集故障参数与现实参数,得到系统召回率、F1值等结果,判断系统预警性能是否达标;全面收集人员反馈参数后,判断日常运行中系统易用性与稳定性;结合系统运行成本、维护成本投入等,可以判断其带来的经济收益。根据评估结果优化系统运行方案,一是需要找出预警性能不足的根源,采用机器学习算法与深度学习模型可以提高其识别准确性。二是处理反馈系统易用性隐患,妥善调整可视化界面,优化移动端应用交互设计细节,满足所有用户使用需求。三是强调系统可靠性与安全性,面对多种恶劣环境,系统都可以始终保持稳定运行状态。四是科技水平迅猛提升,单位也应该实时更新最新扶梯设备,通过先进硬件、软件支撑的自动扶梯状态监测与智能预警诊断系统,可以适应不同应用场所^[5]。

5 结语

对自动扶梯状态监测与智能预警诊断系统时域分析、频域分析等功能进行研究,引入专家系统能够精准识别扶梯关键设备故障,通过预警装置提醒人员进行解决,智能化扶梯运维管理,给广大受众提供安全且稳定的城市公共交通环境。

参考文献

- [1] 张明, 冯坤, 江志农. 基于动态自学习阈值和趋势滤波的机械故障智能预警方法[J]. 振动与冲击, 2021, 33(24): 8-14.
- [2] 陈佳焱, 洪涛, 刘刚海, 等. 基于物联网技术的电梯安全监控系统研究[J]. 中国计量学院学报, 2020, 24(3): 231-236.
- [3] 李欣, 李蒙新, 王红艳, 等. 城市轨道交通扶梯在线状态监测数据采集的研究与实践[J]. 工程建设与技术, 2022(2): 176-178.
- [4] 李欣, 梅棋, 霍苗苗, 等. 城市轨道交通在线监测与智能诊断系统的自动扶梯应用功能设计与研究[J]. 工程建设与设计, 2021(18): 203-206.
- [5] 张丽坪, 刘永强, 杨绍普. 基于相关峭度及自适应变分模态分解的滚动轴承故障诊断[J]. 轴承, 2020(10): 64-69.