

电梯安全检测装置及检测方法

蒋俊豪 张伟程 崔一奥

浙江省特种设备科学研究院 浙江 杭州 311100

摘要: 电梯作为高频使用的垂直交通工具,其安全运行直接关系乘梯人员安全。本文围绕电梯安全检测展开研究,先阐述电梯系统组成、常见隐患及检测核心指标等基础理论,再设计机械性能、电气安全、运行状态监测三大关键装置模块,明确各模块硬件架构与软件功能。同时提出基于人工操作的传统检测、基于传感器的自动检测、基于智能算法的进阶检测三种方法,分析各方法的工具配置、操作流程与数据处理逻辑。

关键词: 电梯安全;检测装置;检测方法

引言:随着电梯在建筑中的广泛应用,其安全运行问题愈发凸显,机械故障与电气故障易引发安全事故,威胁乘梯人员生命安全。当前部分检测手段存在效率低、精度不足等问题,难以满足实际需求。基于此,本文以浙江省特种设备科学研究院相关研究为基础,从基础理论、装置模块设计、检测方法三方面展开研究,旨在构建科学的电梯安全检测体系,为电梯安全检测实践提供技术支撑,保障电梯稳定运行。

1 电梯安全检测相关基础理论

1.1 电梯系统组成与工作原理

电梯系统由机械结构与电气控制系统两大核心部分构成。机械结构涵盖曳引系统、导向系统、门系统、轿厢系统、重量平衡系统,其中曳引系统通过曳引机提供动力,借助曳引绳与轿厢、对重的配合实现升降运动;导向系统通过导轨与导靴限制轿厢和对重的横向位移,保障运行稳定性。电气控制系统包含控制柜、操纵盘、层门门锁装置、安全保护装置等,通过控制曳引机的启停与转速调节电梯运行速度,同时利用各类电气元件实现楼层识别、开关门控制及安全保护功能,各部分协同运作,确保电梯按指令稳定、安全运行。

1.2 电梯常见安全隐患类型

电梯运行中的安全隐患主要分为机械故障与电气故障两类。(1)机械故障多源于部件磨损、老化或装配偏差,涉及曳引系统的曳引绳磨损、曳引轮变形,导向系统的导轨接头不平顺,门系统的门机传动机构卡阻等问题,可能导致电梯运行卡顿、异响甚至骤停。(2)电气故障则与电路连接、元件性能相关,包括电气回路短路或断路、接触器触点氧化、传感器失灵、安全回路失效等情况,易引发电梯误动作、失控或安全保护功能失效,对乘梯安全构成威胁。

1.3 电梯安全检测核心指标

电梯安全检测要围绕以下关键指标展开,且需符合国家相关标准要求。(1)运行速度指标需检测电梯实际运行速度与额定速度的偏差,确保不超出标准允许范围;(2)制动性能指标包括制动力矩、制动响应时间及制动距离,需验证制动器在不同工况下能否可靠制动;(3)门锁可靠性指标需检测层门与轿门门锁的闭合紧密性、电气联锁功能的有效性,防止门未锁紧时电梯启动。(4)还需涵盖电梯的振动与噪声、轿厢平层精度、安全保护装置动作有效性等指标,共同构成电梯安全检测的核心评价体系^[1]。

2 电梯安全检测关键装置模块设计

2.1 机械性能检测模块

机械性能检测模块以电梯曳引系统与导向系统的核心性能参数采集、分析为核心设计目标,要满足高精度、抗干扰的实际应用要求。(1)在硬件架构上,该模块包含参数采集单元、信号调理单元与数据预处理单元。参数采集单元选用适配曳引系统与导向系统检测场景的传感器,针对曳引系统,配置可实现非接触式测量的转速传感器与扭矩传感器,前者用于捕捉曳引机输出轴转速变化,后者用于获取曳引绳传输的扭矩数据,二者均需具备适应电梯机房复杂机械振动环境的防护性能;针对导向系统,配备位移传感器与压力传感器,位移传感器用于监测导轨与导靴之间的相对位置偏差,压力传感器用于采集导靴对导轨的正压力,确保能精准反映导向系统的运行贴合度。(2)信号调理单元作为数据传输的关键环节,要对传感器采集的原始信号进行滤波、放大与降噪处理,消除电梯运行过程中机械振动、电磁干扰带来的信号失真问题,保障信号传输的稳定性;数据预处理单元则搭载低功耗微处理器,对调理后的信号进行初步运算与格式转换,将模拟信号转化为数字信号,为后续数据上传与分析奠定基础。(3)在软件功能设计上,模

块内置参数校准算法与异常识别逻辑,可根据电梯额定参数对检测数据进行实时校准,同时通过预设的机械性能阈值,对采集到的转速、扭矩、位移、压力等数据进行动态比对,当参数超出正常范围时,触发模块的预警信号输出功能,及时反馈机械性能异常情况,满足实际检测中对机械系统故障早发现、早预警的需求。

2.2 电气安全检测模块

电气安全检测模块要符合电气安全检测的行业规范,兼顾检测过程的安全性 with 数据的准确性。(1) 模块硬件设计围绕绝缘电阻测量单元与接地电阻测量单元展开,同时配备安全防护单元与数据存储单元。绝缘电阻测量单元采用高精度绝缘电阻测试仪核心电路,通过输出符合标准的测试电压,施加于电梯电气回路的相线与零线、相线与地线之间,测量回路绝缘电阻值,该单元需具备过压保护功能,防止测试电压对电梯原有电气元件造成损坏;接地电阻测量单元采用四端测量法原理设计,配置专用的电流极与电压极探头,可有效消除测试引线电阻对测量结果的影响,精准获取接地回路的接地电阻值,满足接地可靠性检测的精度要求。(2) 安全防护单元是模块设计的重点,需设置双重保护机制,一方面通过硬件电路实现测试回路与电梯主电路的电气隔离,避免检测过程中对电梯正常供电产生干扰;另一方面内置紧急停止按钮与过载保护电路,当检测过程中出现电流异常、电压超标等情况时,能迅速切断测试回路,保障检测人员与设备安全。(3) 数据存储单元选用大容量非易失性存储器,可实时存储每次检测的绝缘电阻值、接地电阻值及检测时间、电梯编号等关联信息,支持数据的本地查询与导出,便于后续检测记录的追溯与管理,贴合实际检测工作中对数据完整性与可追溯性的需求^[2]。

2.3 运行状态监测模块

运行状态监测模块要具备全天候工作能力与数据实时传输功能,适应电梯频繁启停、运行轨迹变化的检测场景。(1) 模块硬件由多参数采集单元、无线通信单元与供电单元组成。多参数采集单元根据检测参数需求配置相应传感器,速度传感器选用增量式编码器,安装于电梯轿厢或曳引机轴端,通过记录脉冲信号数量计算电梯实时运行速度,具备高频响应特性,可捕捉电梯加速、减速过程中的速度变化细节;振动传感器采用三轴加速度传感器,固定于轿厢底部与曳引机机座,用于采集电梯运行过程中的垂直与水平方向振动数据,能有效反映机械系统的振动幅值与频率特征;位移传感器选用激光位移传感器或拉线式位移传感器,安装于电梯井道顶部或底部,用于测量轿厢相对于井道的垂直位移,实现对轿

厢层精度的间接监测。(2) 无线通信单元采用工业级无线通信模块,具备抗干扰能力强、传输距离远的特点,可将采集到的速度、振动、位移数据实时上传至电梯安全检测平台,同时支持接收平台下发的参数配置指令,实现模块检测参数的远程调整;供电单元采用宽电压输入的开关电源,适配电梯井道与机房不同的供电环境,同时配备备用锂电池,确保在突发断电情况下模块仍能维持短时间的数据采集与传输,保障检测数据的连续性。(3) 在软件设计上,模块内置数据滤波与异常判断算法,可对采集到的原始数据进行平滑处理,去除瞬时干扰信号,同时通过预设的运行状态参数阈值,对电梯运行速度偏差、振动超标、位移异常等情况进行实时判断,当检测到异常时,立即通过通信单元向平台发送报警信息,为电梯运行状态的实时监控与故障预警提供数据支持^[3]。

3 电梯安全检测主要方法

3.1 基于人工操作的传统检测方法

该方法依赖检测人员经验与基础工具,适用于电梯日常巡检与基础安全验证,核心在于通过人工介入实现关键参数与状态的核查。(1) 基础工具配置:需准备万用表、钳形电流表、转速表、塞尺等通用检测工具,以及针对电梯特性的专用工具,如层门门锁测试仪、制动器间隙测量尺,确保工具精度符合电梯安全检测标准要求,且使用前需完成工具校准,避免因工具误差导致检测结果偏差。(2) 操作流程设计:首先开展外观与状态核查,检查曳引机、导轨、层门等部件的外观磨损、紧固情况,以及电气元件的接线是否松动,同时确认电梯机房、井道、轿厢内的安全标识是否完整清晰;其次进行参数手动测量,通过工具采集电梯运行速度、制动距离、绝缘电阻等关键数据,测量时需严格遵循安全操作规范,如切断部分电气回路电源后再进行绝缘电阻测试,避免触电风险;最后完成功能验证,手动触发安全回路、紧急停止按钮等保护装置,确认其动作有效性,同时检查电梯应急照明、通话装置是否正常工作。(3) 数据处理方式:将测量数据与电梯额定参数、行业标准进行人工比对,判断参数是否在正常范围,对超出标准的情况进行标记,详细记录隐患位置、类型及程度,形成结构化检测报告,明确需整改的隐患点及整改时限,便于后续跟踪闭环。

3.2 基于传感器的自动检测方法

该方法以传感器为核心数据采集载体,通过自动化设备实现参数连续采集与初步分析,减少人工干预带来的误差,提升检测效率与精度。(1) 传感器部署策略:根据检测参数需求,在电梯关键部位部署对应传感器,如在

曳引机轴端安装转速传感器,轿厢底部安装振动传感器,井道内安装位移传感器,电气回路中串联电流传感器,传感器安装需采用防振动、防电磁干扰的固定方式,如使用减振支架固定振动传感器,避免电梯运行振动导致传感器移位;同时需考虑传感器的工作温度、湿度适配性,针对井道潮湿环境选用防水型传感器,确保长期稳定工作。(2)数据采集与传输:传感器实时采集机械性能、电气参数、运行状态等数据,采样频率需根据参数特性设定,如振动数据采样频率不低于1kHz以捕捉高频振动信号;通过有线或无线方式将数据传输至本地控制器,无线传输时需优化信号频段,避开电梯电气系统产生的电磁干扰频段;控制器对原始数据进行滤波、放大等预处理,消除环境干扰影响,将标准化数据暂存或上传至检测终端,暂存容量需满足至少72小时的连续数据存储需求。(3)自动分析与预警:检测终端内置预设的参数阈值与判断逻辑,阈值设定需参考电梯额定参数及国家标准要求,对接收的数据进行自动比对,当检测到参数超出正常范围时,触发本地声光预警或向管理平台发送预警信号,预警等级可分为轻微、一般、严重三级,分别对应不同的响应机制。

3.3 基于智能算法的进阶检测方法

该方法融合数据挖掘与智能分析技术,在传感器自动检测基础上实现故障深度识别与预测,适用于电梯长期运行状态监测与潜在隐患预警。(1)数据预处理环节:对传感器采集的海量数据进行清洗,去除缺失值、异常值等无效数据,采用插值法补充少量缺失数据,通过3 σ 原则剔除极端异常值;通过数据归一化、特征提取等操作,从原始数据中筛选出反映电梯运行状态的关键特征,如振动频率特征、电流波动特征,同时结合电梯运行工况划分数据子集,构建标准化数据集,数据集需包含至少1年的正常运行数据与典型故障数据,确保模型训练的有效性。(2)智能算法选型与训练:根据检测需求选择适配算法,如采用支持向量机算法进行故障分类,适用于小

样本故障数据场景;利用长短期记忆(LSTM)神经网络算法实现故障预测,可捕捉数据的时序关联特征;以历史故障数据、正常运行数据为样本,按照7:3的比例划分训练集与测试集,对算法模型进行训练与优化,通过调整学习率、迭代次数等参数,降低模型的训练误差与测试误差,确保模型对常见故障的识别准确率不低于95%。(3)实时分析与决策输出:训练完成的算法模型接入电梯检测数据链路,采用边缘计算方式在本地完成实时数据分析,减少数据传输延迟,对实时采集的特征数据进行分析,识别当前运行状态是否正常,预测未来一段时间内可能出现的故障类型与时间;将分析结果以可视化报表形式输出,报表包含故障概率、风险等级、影响部件等信息,同时为维护人员提供故障定位建议与预防性维护方案,如针对预测的曳引机轴承磨损故障,建议提前更换轴承,降低电梯突发故障概率^[4]。

结束语:本文完成了电梯安全检测基础理论梳理、关键装置模块设计及主要检测方法研究,明确了各装置模块的技术要点与各检测方法的实施逻辑,形成了较为完整的电梯安全检测研究体系。研究成果可直接应用于电梯安全检测实践,为检测工作提供具体指导。后续可进一步优化装置性能,提升智能算法检测精度,结合更多实际应用场景完善检测体系,持续推动电梯安全检测技术发展,更好地保障电梯运行安全。

参考文献:

- [1]赵明,兰余振,陈林.电梯检验检测及维修保养过程中存在的安全隐患及排除方法[J].电工技术,2025(S1):391-393+396.
- [2]叶传华.电梯安全保护装置的检测标准及其实施效果[J].中国质量监管,2025(6):88-89.
- [3]邝吉贵,王建立.电梯安全检测装置及检测方法研究[J].中国设备工程,2020(18):170-172.
- [4]李文甲,张芳.一种电梯安全检测装置及检测方法[J].电子质量,2020(4):17-20+24.