

Analysis on Detection Methods and Prevention Strategies for Elevator Operation Failures

Ying Zhang

Hangzhou Special Equipment Inspection and Research Institute, Hangzhou, Zhejiang, 310051, China

Abstract

Elevators, as indispensable vertical transportation systems in modern architecture, require paramount safety and reliability. However, prolonged operation inevitably leads to various operational failures. This study conducts an in-depth analysis of common elevator malfunctions, with particular focus on mechanical system failures and electrical control system malfunctions. Based on these findings, the paper explores diagnostic technologies including traditional inspection methods, non-destructive testing approaches, and intelligent diagnostic systems. It further proposes governance strategies such as establishing standardized daily maintenance protocols, optimizing design and installation processes, and implementing preventive maintenance measures, providing actionable references for industry professionals.

Keywords

elevator operation failure; detection methods; preventive strategies

试析电梯运行故障的检测方法与预防策略

张瑛

杭州市特种设备检验科学研究院, 中国·浙江 杭州 310051

摘要

电梯作为现代建筑中不可或缺的垂直运输工具,其安全性与可靠性至关重要。然而,在长期的使用过程中,电梯不可避免地会出现各种故障。本文对电梯常见故障进行了深入分析,重点包括机械系统故障、电气控制系统故障等问题。基于这些故障,本文探讨了传统检测方法、无损检测方法及智能诊断方法等诊断技术,并提出了建立标准化日常维保制度、优化设计与安装调试以及预防性维护等治理策略,以供相关人员参考。

关键词

电梯运行故障; 检测方法; 预防策略

1 引言

电梯在长期高负荷运行过程中易出现机械磨损、电气故障、控制系统失灵等各类问题,不仅影响乘梯体验,更可能引发困人、冲顶、蹶底等安全事故。电梯故障的早期发现与及时处理是保障其安全运行的关键。传统的定期检修模式存在检测盲区,难以实现故障的实时预警。因此需要构建系统化、常态化的预防策略,及时发现潜在隐患,快速定位故障根源,减少故障发生频次,保障电梯持续安全稳定运行。

2 电梯运行常见故障类型

2.1 机械系统故障

电梯在高负荷状态下长期运行时,机械系统容易出现

故障。机械系统主要包括曳引机、导轨、导靴、轿厢、对重、钢丝绳、缓冲器等部件。曳引系统是电梯的动力核心,曳引机轴承磨损、减速箱齿轮损伤会产生异常噪声与振动;曳引钢丝绳出现断丝、锈蚀、松股、张力不均,易导致轿厢抖动、平层不准,严重时可能引发坠落风险。导轨系统也存在故障情况,导轨安装偏差或变形:导致轿厢运行不平稳,产生晃动或异常声响。滑动导靴的衬板磨损过度或滚动导靴的滚轮损坏,影响导向精度。滑动导靴与导轨之间润滑不足,摩擦阻力增大,产生啸叫声。

2.2 电气控制系统故障

电气系统主要包括控制柜、变频器、PLC控制器、传感器等各个部分,故障占比高,排除难度大。在控制柜方面,可能会出现接触器和继电器故障,主要表现为触点烧蚀、粘连或线圈烧毁,导致控制逻辑紊乱。变频器故障表现为功率模块损坏、直流母线电容老化、散热风扇失效,引起调速异常或过载报警。PLC主板故障主要表现为程序运行异常、I/O接口损坏、存储数据丢失,造成电梯死机或运行逻辑错误

【作者简介】张瑛(1972-),女,中国浙江杭州人,本科,工程师,从事电梯起重机智控与检测技术、检测质量与体系管理研究。

^[1]。线路与传感器出现故障，主要表现为线路老化、短路、断路、接线松动，引起信号传输故障。平层传感器、位置开关、超载装置失灵，会导致平层精度差、误动作、无法关门等故障。电源与接地故障表现为电压不稳、缺相、漏电或损坏电气设备；接地不良易产生电磁干扰，影响控制系统稳定性，甚至引发触电风险。

2.3 门系统故障

门系统是电梯故障率最高的部件，约占全部故障的40%。门系统主要包括轿门、层门、门机、门锁装置、门滑轮、关门力限制器等，直接关系乘电梯的安全性。门机故障主要表现为门电机损坏、传动皮带松弛、控制器故障，导致开关门动作异常。门锁装置故障表现为门锁触点接触不良、锁钩磨损、锁紧力不足，会导致门未关紧，电梯仍可运行，引发夹人、坠落风险，层门自闭装置失效，会出现层门敞开隐患。安全触板或光幕故障主要表现为保护装置失灵，可能导致夹人事故或电梯反复开关门。门导轨或滑块磨损表现为门扇运行阻力增大、开关门不到位或运行缓慢。

2.4 运行性能类故障

运行性能类故障不会直接引发安全事故，但严重影响到电梯的使用体验和设备的寿命。在运行过程中可能会出现剧烈振动、刺耳异响，源于机械部位磨损、安装精度不足、润滑缺失、曳引力不均。电梯的运行速度异常，主要表现为加速过急、减速滞后、匀速不稳，多由变频器故障、编码器异常、曳引机扭矩不稳所导致。

3 电梯运行故障的检测方法

3.1 传统检测方法

开展电梯运行故障的检测工作，可采用传统检测方法。首先，开展人工巡检。专业维保人员按照规定的周期，对电梯各个部位进行外观检查、动作测试和参数测量。外观目视检查中主要检查轿厢层门、导轨、钢丝绳、控制柜等部件的外观，查看是否存在变形、锈蚀、破损、松脱的情况^[2]。观察线路是否老化裸露、接线松动，核查门锁安全钳、限速器等安全部件是否完好。该方法更加直观高效，可快速地发现表面故障。其次，使用仪器仪表检测法。万用表与钳形电流表测量电压、电流、电阻值，判断电气线路的通断和电机负载状态。绝缘电阻测试仪测量电机绕组、控制线路对地的绝缘电阻，检测绝缘老化或受潮情况。转速表与加速计测量曳引机转速、轿厢运行速度及加速、减速，评估运行稳定性。噪声计与温度计定期测量设备运行噪声和环境温度，辅助判断轴承、减速箱等部件的状态。

3.2 无损检测技术

合理使用无损检测技术，可达到良好的故障检测效果。无损检测技术能够在不损伤电梯构件，不改变材料性质的前提下，对设备内部缺陷、疲劳损伤和应力分布进行检测。磁粉检测技术主要用于电梯、碳钢类铁磁性构件表面及近表面

缺陷检测，例如轿厢承重梁、曳引机底座、安全钳模块等，直观显示裂纹、气孔、未焊透、疲劳裂纹等缺陷形态。超声波检测用于检测曳引机主轴、吊钩、承重梁等关键受力部位的内部裂纹、气孔等缺陷，精准地定位缺陷的位置、大小和深度^[3]。渗透检测适用于电梯非多孔性材料表面缺陷检测，如铝合金轿厢部件、导轨工作面等。可发现细微裂纹、划伤等目视难以识别的表面缺陷，适合复杂结构件的检测。钢丝绳专用无损检测主要是针对电梯曳引钢丝绳这一核心安全部件，使用电磁感应式钢丝绳探伤仪进行的专项检测技术。利用强磁化原理将钢丝绳磁化至饱和状态，当钢丝绳存在断丝、锈蚀、磨损等缺陷时，漏磁场发生改变，拾取漏磁信号，定量评估钢丝绳损伤程度，预测剩余使用寿命，避免因钢丝绳突然断裂引发重大安全事故。

3.3 智能检测与诊断方法

智能诊断方法是基于人工智能和大数据技术的发展，通过对大量历史数据和实时监测数据的分析，实现对电梯故障的智能识别和预测。可以在曳引机、导轨、门机、控制柜等关键部位安装振动传感器、温度传感器和噪声传感器等各类传感器，实时采集运行数据，通过异常数值判断故障的隐患情况^[4]。依托大数据和物联网，实时采集电梯的运行状态、故障代码和报警信息，运维人员可远程监测电梯的运行参数，诊断故障类型和位置。通过门区信号和运行状态，判断是否发生困人事件，自动通知救援人员被推送困人楼层。而且基于历史数据和机器学习算法，可预测关键部件剩余寿命，建议最佳维护时机。

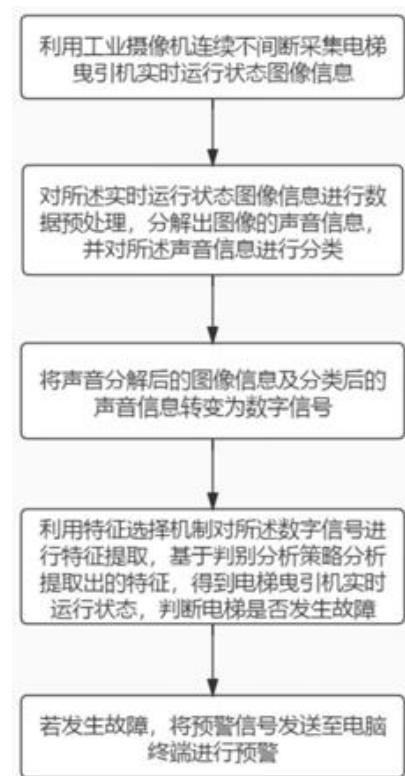


图1 一种基于图像识别的故障诊断技术流程

3.4 电气参数检测方法

电气参数检测方法应用于电机运行故障的检测中,可开展电机电流特征分析。曳引电机的定子电流中包含丰富的状态信息,通过采集电流信号并进行频谱分析,可以识别出电机转子断条、气隙偏心、轴承故障等问题。此外,启动电流波形、稳态电流有效值的变化,也可以反映负载变化和机械阻力的增大。开展能耗监测工作,使用智能电表记录电梯运行的电能消耗,结合运行次数和负载的情况,可以评估系统的能量效率。异常能耗增加往往预示着机械摩擦增大或者电气效率下降。做好制动器监测工作,制动器是电梯最重要的安全部件之一,通过监测制动器线圈电流、制动臂位移和制动弹簧压力等参数,判断制动器是否能够正常打开和闭合,是否存在打滑或卡滞的现象。

4 电梯运行故障的预防策略

4.1 建立标准化日常维保制度

为了有效应对电梯运行的各类故障,需要建立标准化的日常维保制度。首先制定分级维保计划,严格按照相关规章制度,制定半月、季度、半年、年度维保方案,明确项目的具体流程和内容。半月维保计划中,重点检查门系统安全开关和润滑部位;季度维保计划中检测电气系统制动装置;年度维保,开展全面性能试验与安全校验。其次,紧固连接件、测试安全装置等细节性工作也需要做好。对于电梯的要害部位,例如曳引机、制动器等,更需要重点关注。这些部件事关电梯的核心,若有疏忽,可能会引发严重事故。因此对其检查维护的频次和标准,必须高于常规部位。第三,定期对导轨、导靴、曳引机轴承、门滑轮等部位加注润滑油,减少磨损与异响。及时清理门轨、轿厢底部、层门地坎垃圾,防尘卡滞故障。

4.2 优化设计方案

从设计阶段入手可以做好源头把控工作,有效减少电梯运行故障的发生概率。一,做好冗余设计,对于关键安全部件采用冗余设计。例如制动器采用双独立制动系统,任意制动器失效仍能保证制动力。门锁回路采用双触点串联,安全回路采用双通道设计,避免单点故障导致的安全隐患。二,可靠性设计。通过故障模式与影响分析,识别潜在故障模式及其影响,在设计阶段采取措施降低故障的发生概率^[5]。例如可选用高可靠性元器件,提高性能的稳定性的。三,开展模块化设计,将电气控制系统划分为电源模块、主控模块、驱动模块等标准化模块单元,便于故障时快速更换或者维修。四,开展自诊断功能设计。在控制系统中内置自诊断程序,上电自检和周期性自检可检测传感器信号合理性、安全回路完整性、制动器动作可靠性等,发现异常要及时报警,采取安全保护动作,减少故障的发生。

4.3 加强安装调试管控

电梯安装调试环节加强质量管控工作,能够有效减少各类隐患,避免后续发生故障。首先,电梯安装调试环节,需要依照国家标准和制造商要求进行安装,确保导轨垂直度、平整度、接头台阶差等指标符合规范要求^[6]。曳引机水平度、导向轮与曳引轮的平行度等,直接影响运行的稳定性。其次,开展精确调试。慢车调试主要检查曳引机的转向、制动器动作、限速器动作速度等。快车调试主要调整启动加速度、运行速度、减速度曲线,使运行舒适度更加良好。门机调试主要调整开关门速度、力矩、保持力,使开关门动作顺畅可靠。平层精度调试调整平层感应器位置,有效控制误差。

4.4 预防性维护

预防性维护基于设备运行规律、老化特性与检测数据,采取适当的检查、润滑,清洁、调整、更换等各类措施,有效消除隐患,预防故障的发生。定期开展检查维修工作,解决表面的各类隐患,而通过统计寿命数据和状态监测结果,可以对易损件实施预防性更换计划。钢丝绳出现断丝达到规定数量,直径磨损超过10%或出现严重锈蚀时要及时更换。曳引轮槽磨损程度达到3mm,或者形状改变,导致曳引力下降时更换。接触器触点厚度磨损超过2/3,或者出现严重烧蚀时更换。制动器闸瓦的磨损厚度超过原厚度1/3时更换。通过预防性维护,及时更换各类磨损的零部件,有效预防故障的发生。

5 结语

综上所述,电梯运行故障的检测与预防工作尤为重要,可以延长电梯的使用寿命,保障人员的安全。在具体应用中,将传统的检修模式与无损检测技术、智能检测技术、电气参数检测方法等相结合,做好全面检测工作,及时发现隐患。并从设计优化、安装质量调试、预防性维护等多个方面,提出预防策略,有效应对电梯运行故障。

参考文献

- [1] 陈佳华. 电梯运行故障的检测方法与预防[J]. 科技风,2020(16):154.
- [2] 常睿,吴国峰. 电梯运行故障的检测方法与预防[J]. 商品与质量,2020(40):172.
- [3] 陈宇峰. 电梯运行故障的检测方法与预防[J]. 建筑工程技术与设计,2020(35):4580.
- [4] 范玉川,范波,陈卓,等. 电梯门机异常检测和故障定位方法[J]. 东北大学学报(自然科学版),2024,45(6):761-768.
- [5] 马凯,谢林莹. 电梯检测中电梯运行共振原因的探讨[J]. 实验室检测,2025,3(21):126-128.
- [6] 周昌玉. 电梯设备检测技术及故障解决策略研究[J]. 模型世界,2025(24):131-133.