

# 电梯自动化故障的防止策略分析

李亚东

北京市朝阳区特种设备检测所 北京 100122

**摘要:** 电梯自动化故障多样, 电气控制系统故障包括安全回路、门系统连锁、电磁干扰及调速装置失配故障等; 机械传动系统故障有曳引系统磨损、门机系统卡阻和润滑系统失效等; 安全保护装置误动作含限速器-安全钳联动失效、缓冲器压缩量异常等。成因涉及电气系统老化、机械系统疲劳损伤及外部环境干扰。防止策略包括构建预防性维护体系、进行设备升级改造、加强人员能力建设, 以此降低故障发生率, 保障电梯安全稳定运行。

**关键词:** 电梯; 自动化故障; 防止策略

引言: 在现代城市生活中, 电梯作为重要的垂直交通工具, 其安全稳定运行至关重要。然而, 受电气系统老化、机械系统疲劳损伤、外部环境干扰等多种因素影响, 电梯自动化故障时有发生, 涵盖电气控制系统、机械传动系统及安全保护装置等多方面, 给乘客安全与出行体验带来威胁。为有效应对这些问题, 需从构建预防性维护体系、推进设备升级改造、加强人员能力建设等维度入手, 制定切实可行的故障防止策略。

## 1 电梯自动化故障类型与特征

### 1.1 电气控制系统故障

安全回路故障是电梯电气控制中常见问题, 其核心在于串联式电气安全开关, 当开关出现失效情况时, 会直接切断电梯运行的关键电路, 导致电梯无法正常启动或在运行过程中突然中断, 影响电梯的正常使用流程, 需及时排查开关状态以恢复回路正常。门系统连锁故障主要源于轿门与厅门的电气连锁开关, 若开关接触不良, 会使电梯控制系统无法接收到门体闭合到位的正确信号, 进而触发停机保护机制, 造成电梯停留在当前楼层无法运行, 需检查开关接触点的清洁度与连接状态来解决问题。电磁干扰故障多发生在电梯控制柜内部, 由于柜内存在高频线路, 这些线路在工作时会产生电磁信号, 当信号强度达到一定程度时, 会对微电子板上的正常信号传输造成干扰, 导致电子板接收或发送的指令出现偏差, 影响电梯控制系统的精准运行。调速装置失配故障通常在电梯长期运行后出现, 随着使用时间增加, 调速器与电动机的各项参数会逐渐发生变化, 当参数差异超出兼容范围时, 会导致电梯运行速度失控, 出现速度过快或过慢的情况, 需重新校准两者参数以恢复正常运行。

### 1.2 机械传动系统故障

曳引系统磨损故障主要体现在钢丝绳与曳引轮上,

长期运行会使钢丝绳的张力差逐渐超标, 同时曳引轮绳槽深度也会不断磨损直至超限, 这会导致曳引系统的传动效率下降, 电梯运行时易出现晃动、异响等问题, 严重时还可能影响电梯的提升能力。门机系统卡阻故障与皮带传动和光幕传感器密切相关, 皮带传动在长期使用后会出现松弛现象, 导致门机驱动力不足, 而光幕传感器若受到污染, 会无法准确检测门体周围情况, 两者均会引发门体开关异常, 出现门无法完全闭合或开启速度缓慢等卡阻问题<sup>[1]</sup>。润滑系统失效故障主要是因为导轨油路堵塞, 油路堵塞会使润滑油无法正常输送到导轨的摩擦部位, 随着电梯运行, 导轨与滑块之间的摩擦系数会逐渐增大, 导致电梯运行阻力增加, 运行过程中产生明显噪音, 同时也会加速导轨和滑块的磨损速度。

### 1.3 安全保护装置误动作

限速器-安全钳联动失效故障关键在于限速器的离心触发装置, 长期使用会使触发装置的灵敏度逐渐下降, 当电梯出现超速情况时, 离心触发装置无法及时触发安全钳动作, 导致安全钳不能有效夹紧导轨使电梯制动, 无法发挥其安全保护作用, 存在安全隐患。缓冲器压缩量异常故障分为液压缓冲器和弹簧缓冲器两种情况, 液压缓冲器若油位不足, 会影响其缓冲效果, 而弹簧缓冲器长期使用后会出现老化现象, 导致弹簧弹性下降, 两者都会使缓冲器的压缩量超出正常范围, 在电梯蹲底或冲顶时无法有效吸收冲击力, 影响电梯安全。

## 2 电梯自动化故障成因分析

### 2.1 电气系统老化机制

接触器触点电弧烧蚀是电气系统老化的常见表现, 接触器在频繁通断过程中, 触点会持续通过大电流, 电流产生的电弧会不断侵蚀触点表面, 长期累积后会导致触点接触面出现粘连现象。这种粘连会使接触器无法正常断开或闭合, 进而影响电气回路的通断控制, 导致电

梯相关电气功能失效,破坏电气系统的稳定运行,增加故障发生的概率。电路板绝缘性能衰减多由环境因素引发,当电梯运行环境中湿度较高时,潮湿空气会渗透到电路板内部,对电路板的绝缘层造成侵蚀。随着时间推移,绝缘层的绝缘性能会逐渐下降,可能引发元件漏电风险。漏电不仅会导致电路板上元件工作异常,还可能造成电路短路,影响整个电气系统的供电安全,甚至损坏核心控制元件。电磁兼容性缺陷主要源于控制柜内部线路布局问题,若柜内强电线路与弱电线路之间的间距不足,强电线路在工作时产生的强电磁信号会直接干扰弱电线路的正常信号传输<sup>[2]</sup>。这种干扰会导致弱电线路传输的控制信号出现失真或紊乱,使电梯控制系统无法准确接收和处理指令,影响电梯的精准运行,同时也会缩短弱电元件的使用寿命,加剧电气系统老化。

## 2.2 机械系统疲劳损伤

钢丝绳疲劳断裂是机械系统疲劳损伤的典型情况,电梯运行时,钢丝绳需反复承受电梯轿厢及负载的重量,处于交变应力作用状态。长期的交变应力会不断破坏钢丝绳内部的金属晶格结构,使晶格出现错位、断裂等损伤,随着损伤累积,钢丝绳会逐渐出现疲劳裂纹,当裂纹扩展到一定程度时,就会引发钢丝绳断裂,严重威胁电梯的运行安全,可能导致轿厢坠落等严重事故。导轨支架松动与外部环境变化密切相关,建筑物在长期使用过程中可能会发生沉降,沉降会使电梯井道的结构产生细微变化,进而影响导轨支架的安装位置。导轨支架逐渐松动后,会导致导轨的垂直度出现偏差,电梯运行时,导轨与滑块之间的配合精度下降,产生额外的摩擦和冲击,加速导轨和滑块的磨损,同时也会使电梯运行时出现晃动、异响等问题,影响乘坐舒适性和运行稳定性。制动器抱闸力衰减主要是由于制动臂弹簧老化导致,制动臂弹簧在长期使用过程中,会持续承受拉伸或压缩应力,随着时间推移,弹簧的弹性模量会逐渐降低,弹性性能减弱。弹簧弹性不足会使制动臂对制动轮的压力减小,导致制动器抱闸力衰减,电梯制动时无法快速、稳定地停车,延长制动距离,在电梯需要紧急制动时,可能无法及时制止电梯运行,存在安全隐患。

## 2.3 外部环境干扰因素

供电质量波动对电梯电气设备影响显著,当电网出现电压暂降时,电梯变频器等关键设备会因输入电压不足而无法正常工作,导致电梯运行速度不稳定或突然停机;而电网中的谐波污染会干扰变频器的正常输出频率,使电动机运行状态异常,加速变频器内部元件的老化,降低电气系统的可靠性,增加电梯故障发生的频

率。温度场变化对电梯机房内设备影响较大,若机房通风不良或散热设备故障,会导致机房内温度升高,形成不利的温度场环境。高温环境会使电子元件的性能参数发生变化,超出正常工作范围,引发电子元件热失控,导致元件损坏或工作异常,如微机电子板、变频器等核心控制元件受高温影响后,可能出现指令传输错误、功能失效等问题,影响电梯整体运行<sup>[3]</sup>。机械振动传导会对电梯部件造成不良影响,若电梯机房或井道附近存在运行的相邻设备,这些设备工作时产生的机械振动会通过建筑物结构传导至电梯的曳引系统、门机系统等部件。当振动频率与电梯部件的固有频率接近时,会引发部件共振,共振会加剧部件的磨损和疲劳损伤,导致部件松动、损坏,影响电梯的运行稳定性,同时也会产生明显的噪音,降低乘坐体验。

## 3 电梯自动化故障防止策略

### 3.1 预防性维护体系构建

分级维护制度需结合电梯各部件运行特性与损耗规律,制定半月、季度、年度维保项目清单。半月维保侧重基础巡检,涵盖电气触点清洁、线路连接紧固、门机运行异响排查等,及时清除表层隐患;季度维保增加深度检测,包括电气系统绝缘电阻测试、机械部件间隙测量、曳引钢丝绳张力校准等,精准识别潜在风险;年度维保开展全面系统排查,涉及控制参数重新校准、关键部件磨损程度评估、安全保护装置功能全校验等,从源头降低故障发生概率,保障电梯长期稳定运行。关键部件寿命管理针对钢丝绳、制动器等易损件建立更换周期模型。通过实时记录部件安装时间、累计运行时长、负载变化频次等核心数据,结合部件材质耐磨性能、抗疲劳强度等特性,参考行业损耗标准与使用寿命参数,运用专业算法量化评估剩余寿命,制定科学更换计划。既避免部件超期使用导致性能衰减引发故障,又防止过早更换造成资源浪费,实现维护成本与设备安全性的最优平衡,延长整体设备服役周期。润滑系统优化通过采用自动润滑装置实现定点定量供油<sup>[4]</sup>。该装置可根据导轨、曳引轮、轴承等需润滑部位的运行频率与润滑需求,预设供油时间间隔与油量参数,定时向关键摩擦部位精准输送润滑油。相比人工润滑,有效避免供油不均、漏供或过量供油问题,确保摩擦部位始终处于良好润滑状态,显著降低摩擦系数,减少机械磨损,避免因润滑不足引发的部件卡阻、运行噪音增大、磨损加速等故障,延长部件使用寿命。

### 3.2 设备升级改造方案

控制系统迭代将继电器控制升级为PLC可编程逻辑控

制,提升系统稳定性与灵活性。继电器控制依赖大量机械触点实现电路通断,长期使用易因电弧烧蚀出现触点磨损、粘连,导致控制信号失效引发故障;PLC控制通过软件程序实现逻辑运算与指令输出,减少机械部件依赖,降低故障发生率。PLC系统可通过修改程序快速适配电梯运行参数调整需求,实时监测各模块运行状态,异常时即时反馈故障信息,便于维护人员快速定位问题,提升故障处理效率。驱动系统更新将异步电动机替换为永磁同步曳引机,优化驱动性能并降低故障风险。异步电动机运行中能耗高,效率随使用时间下降明显,启动电流冲击大易损害周边电气设备,长期使用还因部件磨损导致运行稳定性降低;永磁同步曳引机能耗低、运行平稳、噪音小,结构紧凑且部件损耗慢,能减少驱动系统故障导致的停机次数。安全装置冗余设计增加光幕与压力传感器双防夹系统,强化门系统安全防护。单一光幕防夹系统若出现传感器污染、线路接触不良,易导致防夹功能失效;双防夹系统中,光幕通过红外感应检测门体闭合路径障碍物,压力传感器通过感知门体闭合压力变化判断异物。当光幕检测异常时,压力传感器可及时捕捉门体异常压力,触发门体反向运行,防止夹人事故,降低安全装置单一故障风险,提升电梯使用安全性。

### 3.3 人员能力建设路径

故障诊断技能培训重点开展振动分析仪、红外热像仪实操训练。振动分析仪可实时监测曳引系统、门机系统、导轨系统等机械部件振动频率与振幅,维护人员通过数据分析判断部件是否存在磨损加剧、连接松动、失衡等问题;红外热像仪能检测接触器、电路板、变频器等电气元件表面温度分布,快速识别过热异常,提前发现电气系统潜在故障。通过系统实操训练,维护人员可熟练掌握设备操作流程、数据采集与分析技巧,提升故障早期识别与精准定位能力,避免诊断失误延误处理时机。应急处置演练通过模拟制动失效、困人等场景的救援流程,强化维护人员应急响应与处置能力<sup>[5]</sup>。演练中明确故障场景参与与处置目标,要求维护人员按规范流

程快速完成故障判断、方案制定、设备准备,再开展实操,如制动失效时启动备用制动装置调整电梯状态,困人时通过专业操作开门疏散乘客。反复演练可让维护人员熟练掌握应急步骤,提升操作熟练度与心理素质,确保实际突发故障时能高效安全完成救援,减少人员伤亡与财产损失。知识管理系统通过建立故障案例库与维修经验共享平台,实现维护知识积累与传承。故障案例库详细记录过往故障的设备运行状态、现象、排查方法、原因分析及解决方案,形成系统参考资料;共享平台为维护人员提供交流渠道,可分享维修技巧、故障快速处理心得、维护注意事项。新人员通过案例库快速掌握典型故障处理方法,缩短培训周期;资深人员通过平台交流经验、相互提升,避免因技术不足导致故障排查不彻底或处理不当,提升维护工作质量。

结束语:电梯自动化故障涉及电气控制、机械传动及安全保护装置等多方面,成因涵盖电气系统老化、机械疲劳损伤和外部环境干扰。为有效防止故障,需构建预防性维护体系,开展分级维护、关键部件寿命管理及润滑系统优化;实施设备升级改造,包括控制系统迭代、驱动系统更新和安全装置冗余设计;加强人员能力建设,通过故障诊断技能培训、应急处置演练和建立知识管理系统,提升维护人员专业素养,多管齐下保障电梯安全稳定运行,为人们出行提供可靠保障。

### 参考文献

- [1]廖鸿儒.电梯安全性能影响因素及电梯检验检测的强化路径研究[J].中国设备工程,2020,459(23):166-168.
- [2]彭尧,青爽.电梯检验中控制系统的常见问题及解决路径分析[J].商品与质量,2019,000(43):183-184.
- [3]扈晓甜,邓宁.电梯检测中电梯运行共振原因及解决措施探讨[J].环球市场,2020,000(4):393-394.
- [4]王禹.电梯自动化故障的防止策略分析[J].中国电机,2020,(6):39.
- [5]鞠天慧.电梯机电设备安全运行维护探究[J].科技资讯,2022,20(12):38-40+104.