

电梯门机控制系统优化与故障分析

郭方、张岩

摘要：电梯门机控制系统是电梯运行的核心子系统，直接决定电梯启停平稳性、乘梯舒适性与运行安全性，也是电梯故障高发的关键单元。为有效降低电梯门机故障发生率，提升电梯运行稳定性与使用寿命，本文系统分析电梯门机控制系统的基本结构与工作原理，归纳门机系统常见故障类型与诱发因素，剖析传统门机控制方案存在的技术短板，结合电气控制特性与现场运行工况，提出针对性的系统优化策略与故障治理方案。研究结果可有效提升电梯门机控制精度与抗干扰能力，为电梯门机系统运维、升级改造及可靠性提升提供理论支撑与工程参考。

关键词：电梯门机；控制系统；故障分析；系统优化；可靠性提升

1 引言

随着城市化进程推进，高层建筑数量持续增长，电梯成为建筑内部垂直运输的核心特种设备。电梯门机系统负责电梯开关门动作的驱动、调速与逻辑控制，其运行状态直接影响电梯整体运行效率与安全性能。统计数据表明，门机故障占电梯总故障的比例超过六成，是制约电梯安全稳定运行的主要短板。

传统电梯门机控制系统多采用开环控制模式，调速精度较低，动态响应性能不足，易受电压波动、电磁干扰、机械磨损等因素影响。长期运行过程中，门机易出现开关门卡顿、异响、误动作、关门冲击等故障，不仅降低乘梯体验，还存在夹人、困梯等安全隐患。开展电梯门机控制系统故障分析与系统优化研究，能够提升门机运行平稳性与抗干扰能力，强化电梯运行可靠性，对保障电梯安全运行、降低设备运维成本具有重要工程价值。

2 电梯门机控制系统结构与工作原理

2.1 系统基本结构

电梯门机控制系统主要由主控单元、驱动单元、检测单元、执行机构及辅助电路组成。主控单元为门机控制器，负责接收电梯主控指令，完成开关门逻辑运算与速度调节。驱动单元由门机电机、变频器及驱动电路构成，为门扇运动提供动力输出。检测单元包含位置传感器、速度传感器与电流检测模块，实

时采集门扇位置、运行速度及工作电流信号。执行机构包含同步带、滑轮、门扇等机械结构，完成开关门动作执行。辅助电路主要实现电源稳压、信号滤波与电路保护功能。

2.2 系统工作原理

电梯正常运行时，主控板接收楼层召唤指令与开关门信号，向门机控制器发送动作指令。门机控制系统结合传感器反馈的位置与速度信号，实时调节电机输出转速与转矩，实现开门加速、匀速、减速及到位停止的全过程调速控制。关门过程中，系统实时监测负载电流变化，遇障碍物触发防夹保护逻辑，及时反转开门，保障乘梯安全。整个系统通过闭环信号反馈，实现门扇平稳、精准、安全运行。

3 电梯门机控制系统常见故障及成因分析

结合电梯现场运维数据，门机控制系统故障主要分为控制类故障、驱动类故障、信号检测故障与机械匹配故障四大类型，各类故障呈现明显的规律性特征。

3.1 开关门卡顿与速度异常故障

该故障主要表现为开关门过程速度忽快忽慢、门扇抖动、运行卡顿。故障诱因包含控制程序参数匹配不合理，加减速时间、匀速速度设定阈值偏差。同时，电网电压波动、电源纹波过大，会造成电机输出转矩不稳定，引发速度波动。长期运行导致同步带松弛、滑轮磨损、导轨积尘卡顿等机械问题，也会加剧门扇运行不平稳现象。

3.2 开关门冲击与到位异响故障

门扇开关到位存在明显冲击与机械异响，是老旧电梯门机的常见故障。核心原因是减速控制逻辑不完善，传统开环控制无法实现精准减速，门扇到位速度过快，产生刚性冲击。传感器检测精度下降、信号反馈滞后，会导致减速时机偏差，加剧冲击问题。机械部件磨损、润滑不足、部件松动也会放大运行异响，降低设备使用寿命。

3.3 防夹功能失效与误动作故障

防夹失效极易引发人员夹伤安全事故，主要由电流检测模块精度下降、信

号干扰导致。电磁干扰会造成检测信号失真，系统无法精准识别负载变化，无法及时触发反转保护。控制参数阈值设置不合理，灵敏度过高或过低，会引发无障碍物误开门或有障碍物不反转的故障。

3.4 电磁干扰引发的系统故障

电梯机房变频器、接触器等设备工作时会产生高频电磁信号，干扰门机控制回路与信号线路。电磁干扰会导致控制器信号紊乱、传感器数据跳变，引发门机误动作、启停异常、随机死机等间歇性故障。此类故障隐蔽性强、复现难度大，是门机控制系统可靠性下降的重要诱因。

4 电梯门机控制系统优化策略

结合门机故障特征与控制短板，从控制算法优化、抗干扰优化、硬件匹配优化与运维体系优化四个方面，构建全方位优化方案，提升门机系统运行性能。

4.1 调速控制算法优化

摒弃传统固定参数调速模式，采用分段自适应调速控制策略。根据门扇运行位置动态匹配加减速参数，实现启动平缓、匀速稳定、到位低速缓冲的运行效果。优化闭环反馈逻辑，提升速度与位置信号响应速度，消除调速滞后问题。精准标定防夹电流阈值，结合负载变化实现自适应调节，提升防夹功能稳定性，减少误动作与失效问题。

4.2 电磁干扰抑制优化

电磁干扰是门机控制系统不稳定的核心电气诱因。优化电路布线方式，实现动力线路与信号线路分离敷设，减少电磁耦合干扰。在电源端口增设滤波模块，降低电网波动与高频杂波影响。对控制信号线路采用屏蔽线缆并规范接地处理，削弱外部电磁辐射干扰。优化硬件电路抗干扰设计，提升控制系统在复杂电磁环境下的运行稳定性。

4.3 硬件系统匹配优化

更换精度衰减的位置与速度传感器，提升信号采集精准度与实时性。定期检修门机电机、同步带、导轨、滑轮等机械部件，及时更换磨损老化配件，规范添加润滑介质，消除机械卡顿与异响问题。优化门机驱动模块散热结构，避

免高温导致的器件性能衰减，提升硬件系统运行稳定性与使用寿命。

4.4 故障预警与运维体系优化

建立门机运行数据常态化监测机制，采集运行速度、工作电流、动作频次等数据，实现故障提前预判。制定标准化定期维保流程，重点开展线路紧固、参数校准、部件检修、除尘润滑等工作。建立故障台账，统计故障类型与频次，针对性优化控制参数与设备配置，实现被动维修向主动维保转变。

5 优化效果分析

通过实施控制系统优化方案，电梯门机调速精度与运行平稳性显著提升，开关门冲击、门扇卡顿、运行异响等问题得到有效解决。电磁干扰引发的间歇性故障基本消除，系统运行稳定性大幅提升。防夹功能响应灵敏、动作精准，安全防护性能显著增强。设备故障发生率大幅下降，电梯维保频次与运维成本有效降低，整体运行安全性与舒适性得到全面改善。

6 结论

电梯门机控制系统故障主要由控制算法缺陷、电磁干扰、硬件老化与运维不规范共同引发，传统控制方案存在调速精度不足、抗干扰能力弱、防护逻辑单一等短板，易诱发各类运行故障与安全隐患。

通过优化自适应调速算法、强化电磁干扰抑制、完善硬件匹配体系、建立常态化运维预警机制，可有效解决门机开关卡顿、冲击异响、防夹失效、误动作等常见问题，全面提升门机控制系统的稳定性、精准性与安全性。研究方案可有效降低电梯故障发生率，延长设备使用寿命，为电梯门机控制系统升级改造与安全运维提供可靠的技术支撑。

参考文献

[1]杨开儒. 电梯门机控制系统电磁干扰抑制与可靠性优化研究[J]. 电力研究, 2025, 8(13):107-110.