

电梯中分式层门系统受冲击故障机理分析

魏小枫

(达州市特种设备监督检验所, 四川 达州 635000)

摘要 电梯中分式层门系统是电梯安全防护的核心部件, 承担着防止人员坠落、隔绝井道风险的功能, 该系统运行可靠性与乘员人身安全、设备财产安全密切相关。本文基于电梯中分式层门系统的结构组成及工作原理, 对系统受冲击的类型及特性进行分析, 把握其受冲击故障机理, 揭示冲击荷载与故障演化的内在关联, 以期对电梯层门系统的故障诊断、日常维护及抗冲击优化设计提供参考, 进一步提升电梯运行的安全性及稳定性。

关键词 电梯; 中分式层门系统; 冲击荷载; 故障机理

中图分类号: TU976

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.11.037

0 引言

随着城市化进程的日益加快及高层建筑的普及, 电梯逐渐成为人们日常出行、货物运输中不可或缺的特种设备, 其运行安全性及可靠性成为人们关注的一个重要议题。电梯层门系统是电梯与外界连通的唯一通道, 也是电梯安全防护体系中的第一道防线。中分式层门系统由左右两扇门体组成, 并通过门机驱动机构、联动机构、锁紧机构、导向机构等协同工作, 实现门体的同步启闭与可靠锁紧。在电梯运行过程中, 层门系统需要频繁承受多种冲击负荷, 这给层门系统的安全性、稳定性带来不利影响, 并因此引发一系列的安全故障。针对这一情况, 通过对电梯中分式层门系统故障问题进行深入剖析, 把握好冲击荷载类型及特性, 提升电梯层门系统设计效果, 以实现故障的精准诊断及维护目标, 确保电梯稳定、可靠运行。

1 电梯中分式层门系统的结构组成及工作原理

1.1 系统结构组成分析

电梯中分式层门系统主要由机械结构与电气控制系统两个部分组成。其中, 机械结构的作用在于承担冲击荷载, 电气控制系统则实现对门体的精准控制与安全监测目标。在电梯中分式层门系统当中, 机械结构与电气控制系统协同工作, 保证系统处于稳定、可靠的运行状态。

在该系统结构中, 机械结构是层门系统的主体部分, 其结构组成复杂, 且各部分分工明确, 分为门体结构、驱动传动机构、锁紧跟位机构、导向支撑机构四个核心模块。其中, 门体结构主要由左右两扇对称

的门扇组成, 门扇内部设置了加强筋来提升结构的刚度; 外部则装配耐火密封条来保证密封效果和缓冲效果。驱动传动机构包括门机驱动电机、减速器、传动皮带、挂轮组、联动连杆等部分, 其通过动力传递实现两扇门扇的同步对称启闭, 是门体运动的动力来源。锁紧限位机构的应用, 则注重以门锁装置为核心, 搭配有锁钩、锁扣组件、门锁滑轮等部件, 可以实现层门的可靠锁紧及紧缩。同时, 在设计过程中, 通过位置限位部件的应用, 有助于防止门体启闭超程, 对于保障层门锁紧性能、防止意外开启有着重要作用。导向机构的设计则主要由门导轨、门地坎、吊臂/门挂板等部分组成, 为门体启闭提供精准的导向路径, 并承担门体的重要支撑, 有助于减少门体滑动过程中的晃动及摩擦问题, 有助于提升运行平稳性。

从电气控制系统来看, 其主要由门机控制器、电柜控制器、各类传感器、执行元件及线路组成, 并与机械结构之间形成有效的配合, 进一步实现对层门系统的智能化控制及安全监测目标。其中, 门机控制器是电气控制的核心所在, 主要负责接收电梯控制柜的启闭指令, 实现对驱动电机转速、转向的精准调节, 以保证门体的平稳加速、匀速运行, 有助于减少门体启停过程中产生的惯性冲击问题。在该系统当中, 各类位置传感器、压力传感器、振动传感器的设计, 分布于门锁装置、门体导轨、驱动机构等关键部位, 并可以实时采集门锁紧状态、门体运行位置、部件受力情况等信号, 将其反馈给控制系统, 实现对层门运行状态的评估分析。当检测门体锁紧失效、运行卡顿、遭受异常冲击等问题后, 电气控制系统会及时发出指

作者简介: 魏小枫 (1986-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 机电类特种设备检验。

令, 切断驱动动力, 并触发安全保护装置, 以防止故障的扩大化, 确保系统处于安全、稳定的运行状态。

1.2 系统工作原理

电梯中分式层门系统工作过程主要包括启动控制与锁紧保护两个阶段。其核心工作原理如下:

1. 启动控制阶段。电梯轿厢运行至目标楼层并平稳停靠之后, 电梯控制柜向层门系统门机控制器发送启闭指令。门机控制器收到指令后, 会控制门机电机启动, 通过减速器、传动皮带带动联动机构运行, 联动钢丝绳与挂轮组协同作用, 驱动左右两扇门扇沿着 U 型导柱与门地坎同步对称滑动^[1]。在门体启闭过程中, 门机控制器还会对电机转速进行调整, 减少惯性冲击的影响。

2. 锁紧保护阶段。在锁紧保护阶段, 当门锁装置机械锁钩与电磁锁协同作用, 将门锁紧。同时, 位置传感器向电梯控制柜发送锁紧信号, 并确认层门锁紧后, 电梯方可继续启动运行。在此过程中, 电梯运行至非目标楼层时, 门锁装置保持锁紧状态, 防止层门意外开启。当门机动力系统失效时, 闭门器会依靠弹簧力驱动门扇关闭并锁紧, 保证电梯运行安全。在电梯运行过程中, 当电梯门遇到异常冲击时, 安全保护装置检测异常冲击信号, 并将其反馈给控制器, 控制器会切断门机动力, 停止门体的运动, 有效地避免故障的扩大化^[2]。

在电梯中分式层门系统受冲击故障问题防控时, 应注重从“启动控制”和“锁紧保护”两个方面入手, 把握好电梯中分式层门系统冲击载荷情况, 为故障防控及解决提供重要支持。

2 电梯中分式层门系统冲击载荷类型及特性分析

2.1 惯性冲击

惯性冲击是层门系统在正常启闭过程中, 由于扇的加速、减速运动中产生惯性力引发的冲击, 是系统最为常见、最频繁的冲击载荷。从惯性冲击产生的原因来看, 主要是由于门体启闭过程中, 门机驱动装置控制电机加速、匀速、减速运行, 门扇会在惯性作用下产生惯性力^[3]。例如: 在门体开启初期, 电机处于加速转动的状态; 门体启闭到位时, 电机会突然停止运转, 而门扇会在惯性作用下继续运动, 惯性力作用于缓冲器与门框, 形成冲击力。从惯性冲击的特性来看, 惯性冲击的载荷值与门体质量、加速度呈现正相关关系, 当门体质量越大、加速度越快时, 关系冲击负荷峰越高。同时, 惯性冲击作用时间较短, 通常在

0.05 ~ 0.2 s 之间, 并且冲击载荷呈现出周期性变化, 与门体启闭频次保持一致性, 为 0.5 ~ 1 次/min。除此之外, 惯性冲击载荷大小还与门机驱动系统的刚度有关, 刚度越大时, 冲击载荷传递速度越高, 零部件承受的冲击应力也就越大。惯性冲击主要作用于门扇、联动钢丝绳、导向滑块等部件。

2.2 接触冲击

接触冲击主要发生于层门系统启闭过程中, 各零部件之间发生接触碰撞产生的冲击, 属于正常附加冲击。从其产生原因来看, 表现在以下几个方面: 一是门体启闭到位时, 门扇端部缓冲条会与门框、门扇之间发生接触碰撞; 二是联动机构之间的间隙过大, 导致传动部件之间发生相对运动, 产生撞击, 进而形成接触冲击; 三是导向滑块与 U 型导柱、门地坎之间间隙过大, 门扇滑动过程会发生偏移、晃动, 导致滑块与导柱、地坎之间发生碰撞, 产生接触冲击。此外, 门锁装置在锁紧及解锁过程中, 电磁锁钩与锁扣接触也会产生轻微的接触冲击, 并且在磨损后, 冲击强度会逐步增强。从接触冲击的特性来看, 接触冲击载荷峰值与碰撞速度、碰撞刚度成正比关系, 当碰撞速度越快、零部件刚度越大时, 产生的载荷峰值越高。接触冲击的作用时间较短, 在 0.01 ~ 0.05 s 之间, 属于高频顺势冲击。接触冲击主要作用于门锁端部、缓冲条、门框等部位^[4]。

2.3 外部冲击

外部冲击主要是由于电梯外部人员、物体等对层门系统产生的撞击, 属于非正常运行过程中的意外冲击, 其冲击强度具有不确定性^[5]。从外部冲击产生的原因来看: 一是人员错误操作, 如乘客等待电梯时, 用手脚或其他物体撞击层门; 二是货物搬运过程中出现的意外撞击, 如叉车、手推车撞击层门; 三是建筑施工、设备检修过程中产生的意外撞击, 如施工工具、检修设备碰撞层门等。从外部冲击的特性来看, 取决于撞击物体的质量、速度及撞击角度等。外部撞击主要作用于门扇表面、门框、门锁装置等。

2.4 冲击载荷特性对比分析

对比各类冲击载荷的差异, 方便后续故障机理处理, 关于不同撞击的特性对比统计如表 1 所示。

结合表 1 所示, 对比惯性冲击、接触冲击、外部冲击情况来看, 对于电梯运行稳定性危害最大的为外部冲击, 惯性冲击及接触冲击危害处于中等状态。对此, 在电梯中分式层门系统受冲击故障处置时, 应对外部冲击问题加强控制, 保证电梯运行的安全性、稳定性。

表1 不同冲击载荷特性对比统计表

冲击载荷类型	产生原因	峰值范围	作用时间	作用部位	危害程度
惯性冲击	门体启动加速、减速产生的惯性力	200 ~ 1 000 N	0.05 ~ 0.2 s	门扇、联动机构、导向机构、缓冲器	中等
接触冲击	零部件接触碰撞、传动间隙撞击	100 ~ 800 N	0.01 ~ 0.05 s	门扇端部、缓冲条、导向滑块、门锁	中等
外部冲击	人员、物体、施工设备撞击	< 500 N (轻微); 500 ~ 2 000 N (中等); > 2 000 N 严重	0.005 ~ 0.02 s	门扇表面、门框、门锁、门地坎	严重

3 电梯中分式层门系统受冲击故障机理应对策略分析

3.1 明确标准化安装规范，满足抗冲击运行要求

电梯中分式层门系统冲击故障的应对，需要从安装层面入手，严格遵循标准化安装规范，以提升抗冲击能力，保证电梯中分式层门系统运行的安全性、稳定性、可靠性。在安装过程中，门套立框与墙体采用膨胀螺栓与加固件双重固定方式，保证抗侧向冲击能力达标。门地坎安装时，水平度偏差 ≤ 0.3 mm/m，并与门扇之间的配合间隙控制在4~6 mm，减少门扇晃动与冲击。导柱及门机支架安装时，垂直度偏差 ≤ 0.4 mm/m，固定牢固，避免冲击导致的松动问题。在安装完成之后，对层门系统做好调试，优化门机运行参数，以保证门体启闭平稳性。

3.2 强化日常运维工作，延长层门系统使用寿命

电梯中分式层门系统受冲击故障的有效处理，应注重延长层面的使用寿命，建立常态化的运维机制，实现精准维护、及时处置的目标。在此过程中，注重建立起分级维护计划，注重加强日常巡检、月度检查与年度大修的结合。在日常巡检工作开展时，重点检查门扇是否存在变形、磨损、缓冲条老化、脱落问题，连接部位是否松动。月度检查工作开展时，重点在于检测导向滑块、挂轮组的磨损情况，门锁装置的锁紧性能，联动钢丝绳的张紧度与磨损情况等，并对磨损零件及时处置，保证系统运行稳定性。在开展年度大修工作时，则注重对层门系统进行彻底整改，并对门机驱动系统进行调试及维护，保证系统整体性能达标。

3.3 建立完善的监测预警体系，对冲击故障有效应对

电梯中分式层门系统冲击故障机理的应对，需要建立完善的监测预警体系，注重对冲击故障问题进行针对性把握。实际工作开展时，注重在层门系统关键部位安装检测设备，如门扇表面位置安装应变传感器，监测因冲击引发的门扇应变变化；导向机构与联动机

构位置安装振动传感器，监测冲击振动信号；门锁装置位置安装压力传感器，监测锁紧力变化情况；门机控制器位置增设冲击载荷监测模块，记录冲击发生的时间、载荷峰值参数信息。通过做好数据的搜集、获取，构建冲击故障预警模型，并设定预警阈值。在数据监测时，若超过预警阈值后，系统发出报警信号，运维人员对电梯故障及时排查解决，以保证电梯运行安全性及稳定性。

4 结束语

针对电梯中分式层门系统受冲击故障机理的应对及解决，应把握电梯中分式层门系统故障产生的主要原因，从惯性冲击、接触冲击、外部冲击等各类因素引发的故障问题予以把握，并遵循“预防为先、源头管控、精准治理、长效维护”的理念，注重强化源头管控，提升安装规范，强化运营管理及监测预警工作，以保证电梯中分式层门系统运行的稳定性及可靠性，对电梯故障问题做好针对性处置，提升电梯运行的安全性及可靠性。通过建立全面、长效的应对机制，实现对电梯故障问题的系统化防护目标，有效地降低故障发生率。在未来发展过程中，针对电梯中分式层门系统受冲击故障问题解决时，应注重加强技术赋能，积极推进数字化、智能化技术的有效应用，建立智能化防控系统，以保证电梯运行的安全性、可靠性。

参考文献:

- [1] 袁锐,范奉和,林景全.基于磁簧开关的电梯层门开锁监测系统[J].中国电梯,2025,36(09):12-14.
- [2] 刘鑫,滕荣蓉,王光楚,等.一种电梯噪声测试项目开发[J].中国电梯,2025,36(07):49-51.
- [3] 冯军,戴俊豪,丁奇,等.基于故障树的电梯门系统可靠性分析[J].产品可靠性报告,2024(12):119-120.
- [4] 胡伟楠,杨克雷.基于Simulink软件的电梯门机控制系统模型的建构及其应用[J].中国电梯,2024,35(07):5-9.
- [5] 黄杰勋.电梯门系统的结构及选型分析[J].中国机械,2023(22):60-63.