

基于故障树分析法的电梯门系统常见故障诊断与维护对策研究

曹 伟

重庆轨道交通运营有限公司 重庆 400051

【摘要】：电梯门系统的安全性直接影响电梯的正常运行和乘客的安全。基于故障树分析法（FTA），本文对电梯门系统中的常见故障进行分析，识别了控制系统、电气系统和机械部分的潜在故障源，并提出了相应的诊断与维护对策。通过对电梯门系统故障树的构建与分析，能够准确定位故障原因，优化维护策略，提升电梯门系统的可靠性与安全性。该研究为电梯的安全运行提供了有效的技术支持。

【关键词】：故障树分析法；电梯门系统；故障诊断；维护对策；可靠性

DOI:10.12417/2705-0998.26.07.084

引言

电梯门系统是现代建筑中不可或缺的重要设施，其可靠性和安全性直接关系到乘客的生命安全。电梯门的故障往往会导致乘客被困、无法正常运行等问题，影响电梯的正常使用。随着电梯的广泛应用，电梯门系统的故障也呈现多样化、复杂化的趋势。因此，如何有效地诊断电梯门系统中的故障，并提出行之有效的维护对策，已成为工程领域亟待解决的问题。故障树分析法（FTA）作为一种系统化的故障分析方法，具有良好的应用前景。通过对电梯门系统常见故障的深入分析，能够为电梯的安全运行提供有效的技术支持。

1 电梯门系统故障的常见类型与影响

1.1 电梯门控制系统故障

电梯门控制系统主要负责信号的传递与执行，它通过接收到的信号控制电梯门的开关。常见的故障类型包括门控信号丢失或延迟、门控制器失效等。这些故障可能由于控制电路的故障、传感器失灵或控制器程序的异常。当门控信号失效时，电梯门可能无法正常开关，导致乘客无法进出电梯，严重影响电梯的使用效率和安全性。控制系统发生故障还可能导致电梯门的开关不一致，造成门扇不同步，从而引发安全隐患。控制系统的稳定性和准确性至关重要，任何系统性的故障都需要及时处理。

1.2 电气控制故障分析

电气控制系统主要负责电梯门的驱动与运转。常见的电气控制故障包括电源问题、继电器故障、短路或接触不良等^[1]。这些故障通常会导致电梯门无法接收到正常的工作指令，出现门体无法打开或关闭、关门延迟等现象。尤其是在电梯门系统的电气部分，任何电气组件的损坏都可能导致整个电梯门系统的瘫痪。故障发生后，不仅影响电梯的正常运行，还可能在高负荷时加剧电气元件的损伤。电气控制系统的稳定性与维护尤为重要，避免单个元件故障引发系统性问题。

1.3 机械部分故障类型

电梯门系统中的机械部分包括门体、门轨道、驱动机构等，

任何一个部分出现故障都会对电梯的运行造成影响。常见的机械故障包括门体卡滞、门轨道错位、驱动装置磨损等。这些故障通常由于长时间的使用导致部件老化，或是润滑不当、摩擦力过大等因素。机械故障的影响表现为门体开关不灵活，甚至在特定情况下导致门体无法正常关闭或开启，给乘客带来不便，甚至可能引发安全事故。由于机械部分的故障往往具有一定的隐蔽性，因此定期的检查与维修至关重要，确保机械部件的正常运行。

2 故障树分析法在电梯门系统中的应用

2.1 故障树分析法的基本原理

故障树分析法（FTA）是一种通过图示化方法来系统性分析和识别系统潜在故障的分析方法。该方法从系统的顶层故障事件出发，逐步向下分解为具体的子故障，形成类似树状结构的图示。每个节点代表一个故障事件，且节点之间通过逻辑门（如与门或门）连接，反映各个事件之间的关系。在电梯门系统的应用中，FTA帮助分析门控系统、电气控制系统及机械部分的故障原因，并通过定量或定性的分析找出导致系统失效的根本原因。这种方法有助于揭示系统各部分之间的相互关系，为电梯门系统的安全性和可靠性提供强有力的数据支持。

2.2 电梯门系统故障树的构建

构建电梯门系统故障树的过程涉及对电梯门各个子系统的详细剖析，识别各部件可能出现的故障类型并进行逻辑关联。在实际操作中，需要先确定电梯门系统中的顶层故障事件，如门无法打开、无法关闭、开关不灵敏等问题。接下来，将这些顶层故障事件逐步分解成较低层次的子故障，如电气控制故障、机械故障、传感器失效等^[2]。每个子故障节点通过逻辑门与其他故障事件进行连接，形成完整的故障树。通过系统化的构建方法，故障树能够为电梯门系统的故障诊断提供清晰的结构框架，便于识别和排除潜在故障点。

2.3 故障树分析结果的解读

故障树分析结果的解读关键在于识别电梯门系统各部分故障之间的内在联系与因果关系。通过对故障树的分析，能够

清晰地了解系统失效的根本原因。若故障树显示出某一特定的子系统故障率较高,便可通过故障树定位故障的高危部件,并采取针对性的维修措施。同时,故障树分析还可以揭示出系统中的薄弱环节,为电梯门系统的优化提供依据。在解读故障树分析结果时,常常需要结合故障发生的概率进行定量分析,以评估不同故障事件的影响程度,进一步指导系统的改进和维护策略。

3 电梯门系统常见故障的原因分析

3.1 硬件故障的根本原因

电梯门系统中的硬件故障通常由机械部件的磨损、老化或不当维护引起。常见的硬件故障包括门轨道不平、门控电机故障和驱动装置的损坏。门轨道不平整可能会导致电梯门在开关过程中出现卡滞现象,从而影响门体的顺畅运行。电梯门的驱动电机在长期使用过程中会因负荷过重或润滑不足而出现性能下降,导致开关动作迟缓或无法完成。电气控制部分的继电器或接触器失效,也可能引起硬件故障。这些硬件故障的根本原因通常与电梯门系统的设计、材料选用、维护保养周期等因素密切相关。由于硬件故障通常是电梯门系统中最常见的故障类型,因此定期的检修和适时的零部件更换是保障系统正常运行的必要手段。

3.2 软件控制故障的原因

电梯门系统的控制程序负责协调各个硬件部件的运行,而软件控制故障往往由程序设计缺陷、系统更新不当或外部干扰引起。在电梯门系统中,程序错误可能导致控制命令执行不当,从而影响门体的开关和关闭时序。系统更新或版本兼容问题,可能使新的硬件部件与旧的软件系统无法良好配合,造成系统崩溃或运行异常^[9]。外部电磁干扰、电气噪声等因素也会对软件控制系统产生负面影响,导致控制指令无法精确传递。软件故障通常较为隐蔽,难以通过传统的硬件故障检测方法发现,因此定期的软件系统检查与升级显得尤为重要。对软件控制系统的高效监控,可以减少系统崩溃和操作失误的风险,确保电梯门系统的稳定运行。

3.3 环境因素对电梯门故障的影响

环境因素在电梯门故障中的影响不可忽视,尤其是在电梯门系统的长时间运行过程中。温度、湿度、灰尘和腐蚀等因素都可能加速电梯门系统的磨损。高温环境会导致电气部件过热,引起控制系统反应迟缓,甚至出现电路短路现象。潮湿环境则可能导致电气部件发生腐蚀,影响传感器和电气接触的灵敏度,导致信号失真或传递失败。灰尘和污垢积聚在电梯门的轨道和门体上,会导致摩擦力增大,门的开关动作变得不灵活。恶劣的环境条件不仅增加了电梯门系统故障的概率,也加速了硬件部件的老化,缩短了系统的使用寿命。为了应对环境对电梯门系统的影响,应加强对电梯门系统的定期清洁和维护,并

根据环境变化调整电梯门的工作参数。

4 基于故障树分析法的电梯门系统维护对策

4.1 故障诊断与预防性维护策略

故障诊断是确保电梯门系统稳定运行的关键步骤。通过故障树分析法,能够系统地识别电梯门系统潜在的故障点,并根据故障树的分析结果,制定具体的维护计划。预防性维护策略侧重于在设备故障发生之前进行必要的检查与维修。通过定期检查电梯门系统的硬件部件、软件控制系统以及电气连接,可以发现早期故障并及时处理,避免更严重的故障发生。对门控电机的定期检测能够有效防止因电机故障导致的门体无法开关问题,避免停运和乘客困扰。预防性维护不仅提高了电梯门系统的可靠性,也延长了系统的使用寿命,降低了突发性故障的发生概率。根据故障树分析结果,维护人员应重点关注高风险部件,并结合历史故障数据对各部件进行动态评估和监控。

4.2 提升电梯门系统可靠性的技术对策

提升电梯门系统的可靠性,不仅依赖于常规的维修和更换,还需要通过技术手段不断改进。结合故障树分析法的结果,针对系统中易发生故障的环节,可采取相应的技术改进措施。电梯门控制系统可以通过优化控制程序,避免因软件故障造成的系统崩溃^[9]。硬件方面,通过选用更加耐用的材料与高质量的部件,提升电梯门的运行稳定性与抗磨损能力。采用先进的电气元件和控制器,能够有效提高电梯门电气系统的响应速度和稳定性。针对机械部分,可采用更精密的制造工艺,改进门轨道与驱动装置,减少因摩擦和老化带来的故障。通过不断优化电梯门系统的设计与制造工艺,确保系统能够在复杂环境下长期稳定运行,提升系统的整体可靠性。

4.3 电梯门系统智能化改进方案

智能技术的进步,电梯门系统的智能化改进成为提升系统性能和可靠性的有效途径。通过故障树分析法,可以明确电梯门系统的薄弱环节,有针对性地引入智能化技术。利用物联网技术,可以实现对电梯门各个部件的实时监控,并通过云平台进行数据存储与分析。智能传感器能够实时检测门体运行状态,并将数据传输至控制中心,从而实现远程故障诊断与预测维护。人工智能(AI)技术可以在电梯门控制系统中引入自主学习功能,根据电梯门的使用情况和故障历史,不断优化控制算法,提前预测并预防潜在故障。通过智能化的技术手段,电梯门系统不仅能提高故障诊断的精确性,还能在发生故障时实现快速响应,减少停运时间,提高电梯的运行效率和安全性。

5 电梯门系统故障诊断与维护效果评估

5.1 故障诊断效果评估

故障诊断效果评估主要通过通过对电梯门系统故障诊断准确性和及时性的评估来衡量诊断方法的有效性。通过对故障树分

析法的应用,诊断人员能够迅速定位系统中的故障点及其根本原因。在评估诊断效果时,需要考虑多个维度,包括故障发现的及时性、故障定位的精确性以及潜在问题的预测能力。有效的故障诊断系统应当能够在最短时间内识别出影响系统安全和效率的故障,且诊断结果应具有较高的准确性,避免误报或漏报。为进一步验证诊断效果,可通过对不同电梯门系统故障案例的回溯分析,评估其在实际应用中的准确性与及时反应。通过这些评估指标,能够反映出故障诊断系统在实际运营中的稳定性和可靠性,从而为优化诊断方案提供依据。

5.2 维护对策实施效果评估

对电梯门系统实施维护对策后,需要评估维护措施的效果,尤其是预防性维护和技术改进方案的实施效果。评估指标主要包括故障发生频率的降低、电梯运行时间的延长以及维护成本的控制。通过与实施前的故障发生数据进行对比,能够直观地反映出维护对策是否有效^[5]。在预防性维护措施的评估中,重点关注定期检查、部件更换和系统更新等措施对系统稳定性的影响。技术改进对电梯门硬件和软件的优化也应纳入评估范围,评估应侧重于电梯门控制系统的响应速度、故障率的下降以及新材料和新技术的适配情况。评估结果将为后续维护对策的调整与优化提供数据支持,确保电梯门系统能够持续稳定运行,减少停运时间和维修成本。

参考文献:

- [1] 冯谣,沈利华,孙凯,朱立伦,俞嘉添.基于故障树分析法的迈腾起动系统故障诊断与排除[J].浙江交通职业技术学院学报,2025,26(2):45-51.
- [2] 南淑君,薛淑敏,贾云峰,张坤振,杨月星,陈锴君.基于故障树分析的卫星通信系统电磁兼容故障诊断方法[J].电子产品可靠性与环境试验,2025,43(1):82-90.
- [3] 陶洋,吴碧瑜,陈小军,曹连峰.多源数据融合的电梯门系统故障智能诊断方法[J].自动化与信息工程,2025,46(6):32-39.
- [4] 张月熙.基于故障树分析法的汽车故障诊断专家系统设计分析[J].汽车测试报告,2025(24):19-21.
- [5] 崔璐,杨翎卿,罗涛,郭西贤,李皓源,姚尧,王沛,段佩侠.基于故障树的LZB型全自动立式压滤机液压系统故障诊断专家系统[J].机床与液压,2025,53(8):203-211.

5.3 案例分析与经验总结

通过对多个电梯门系统故障诊断与维护案例的分析,可以总结出有效的维护策略与诊断方法。在实际应用中,通过故障树分析法诊断电梯门故障,不仅帮助定位了系统故障的根本原因,还在多个案例中验证了该方法在复杂故障情境下的适用性与高效性。在某一案例中,电梯门出现了间歇性故障,通过故障树分析法准确找到了电气控制系统中的潜在问题,并提出了针对性的维护方案,经过实施后,系统的故障率显著下降。通过对多种维护对策的实施效果进行对比,发现定期的故障预警和预防性更换措施能显著降低设备的故障发生率。这些成功的案例为后续电梯门系统的故障诊断与维护提供了宝贵的经验,推动了技术和管理的不断优化。通过对这些案例的总结,也为不同类型电梯门系统的故障诊断与维护方案提供了可复制的解决策略。

6 结语

电梯门系统的故障诊断与维护对策在提升电梯安全性与稳定性方面具有重要意义。通过故障树分析法,能够有效识别故障原因并制定针对性的维修策略,显著降低电梯门故障发生的风险。未来,随着技术的不断进步,电梯门系统的智能化与可靠性将进一步提升,保障公众出行安全。