

机械工程

电梯电气控制系统故障与检测方法的探讨

秦炼军

广东省特种设备检测研究院 广东佛山 510630

【摘要】电梯作为现代高层建筑中不可或缺的垂直运输设备，其运行的可靠性与安全性在很大程度上依赖于电气控制系统的稳定运行。若在实际运行过程中出现故障，将对居民的人身安全造成严重威胁。因此，相关人员需强化对电梯电气系统的故障检测，以便及时察觉并排除潜在隐患。基于此，本文围绕电梯电气控制系统展开研究，阐述电梯电气控制系统的构成，剖析其故障检测的重要意义，明确常见的故障类型，并探究学习有效的故障检测方法。旨在降低电梯电气控制系统的故障发生率，助力快速确定故障位置、提高维修效率，进而保障电梯的安全稳定运行，减少电梯安全事故的出现，避免导致严重的人员伤亡和财产损失。

【关键词】电梯电气控制系统；故障检测；智能物联检测

Discussion on Faults in Elevator Electrical Control Systems and Methods for Detection

Qin Lianjun

Guangdong Special Equipment Inspection Research Institute Foshan, Guangdong 510630

【Abstract】 As an indispensable vertical transportation device in modern high-rise buildings, the reliability and safety of elevator operation depend significantly on the stable operation of its electrical control system. Any malfunction during actual operation could pose a severe threat to residents' personal safety. Therefore, relevant personnel should strengthen the fault detection of the elevator's electrical system to promptly identify and eliminate potential hazards. This paper focuses on the study of the elevator's electrical control system, explaining its composition, elaborating on the significance of fault detection, identifying common types of faults, and exploring effective methods for fault detection. The aim is to reduce the occurrence of faults in the elevator's electrical control system to facilitate quick identification of fault locations, improve maintenance efficiency, thereby ensuring the safe and stable operation of elevators, reducing the likelihood of accidents, and preventing serious injuries or property damage.

【Key words】 Elevator electrical control system; Fault detection; Intelligent IoT detection

引言：

电梯电气控制系统是电梯自动化运行的核心，通过电子、计算机技术与控制理论整合，精确调控电梯启动、运行、停止及楼层停靠，保障轿厢按程序平稳运行。该系统能监测、调整运行状态，协调机械部件与电气元件协同，推动电梯向智能化升级。然而，在长期运行中，受环境因素（如湿度、粉尘）、使用频率、元件老化及维护不当等影响，电气控制系统易出现各类故障。若不及时排除，会干扰正常运行，甚至引发安全事故。所以，工作人员要重视故障诊断，采用科学检测方法，确保系统最佳状态，保障电梯运行安全可靠。

一、电梯电气控制系统的组成

电梯主要是通过内部的电气控制系统，驱动基础组件，并通过 PLC 控制器以及各种终端操控单元，实现对电梯运行模式的科学调控，以此保证不同系统与功能都可以按照相应的驱动指令进行自动化处理，电梯工作示意图如图 1 所示^[1]。而电梯电气控制系统作为“大脑与神经中枢”，承担指令接收、信号处理、动作控制及安全保护功能，核心包含控制模块、驱动模块、信号采集模块、安全保护模块四大单元。

其中，控制模块属于电气控制系统的核心，主要任务就是对各种类型的信号进行接收与处理，并输出控制指令，主要核心部件为 PLC 控制器。PLC 控制器注重通过提前编写的程序，对电梯的呼梯信号、楼层位置信号、运行状态信号等进行逻辑运算，以此发出控制的指令^[2]。驱动模块主要是将电能转化为机械能，进一步驱动电梯轿厢与对重的升降，核心部件主要是变频器和驱动电机。变频器主要是通过对输出电压与频率进行调节，并对驱动电机的转速进行控制；驱动电机则直接带动电梯曳引系统的工作。信号采集模块主要是对电梯运行过程中的各种状态信息进行收集，且信息经过处理后传输至控制模块，以便为系统决策提供依据。安全保护模块是电梯运行的“防线”，重在通过多重安全回路与联锁装置，避免故障扩大或者导致安全事故发生。

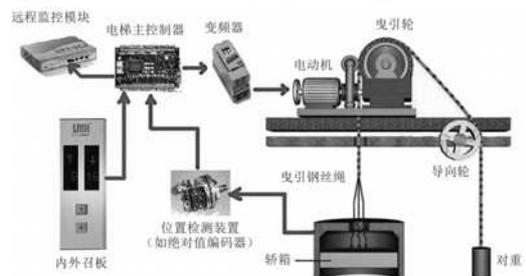


图1 电梯工作示意图

二、电梯电气控制系统故障检测的意义

据国家市场监督管理总局发布的《2024年全国特种设备安全状况通报》显示，截至2024年，我国电梯登记总量已达1153.24万台，占特种设备总量的50.3%。并且，2024年并未发生重特大的电梯事故，安全形势总体平稳，电梯事故主要发生环节在使用环节（占比90%），在维护保养环节占比3.8%。2024年全国电梯事故总体情况如下表所示^[3]。

表1 2024年全国电梯事故总体情况

电梯事故	具体情况
事故数量	41起
事故死亡人数	27人
电梯事故占特种设备事故总量比例	31.1%（事故数量） 23.7%（死亡人数）
事故主要发生环节	使用环节（占比90%） 维护保养环节（占比3.8%）

从表1可以看出，目前的电梯事故主要发生环节在使用环节和维护保养环节，因此，重视对电梯电气控制系统的故障诊断工作，并采取科学的检测手段，确保系统保持最佳工作状态，是保障电梯运行安全性与可靠性的关键。而电梯电气控制系统故障检测的意义，主要体现在以下三个方面：

（一）保障人员与设备安全

安全是电梯运行的首要准则，电气控制系统故障是诱发电梯安全事故的主要因素之一。例如，安全回路故障可能导致电梯丧失紧急制动能力，进而引发轿厢冲顶或蹲底现象；门连锁故障可能造成电梯门未完全关闭便启动运行，导致人员坠入井道。通过开展定期检测以及实施实时故障诊断，能够及时察觉潜在风险（如元件老化、回路接触不良等），在故障恶化之前完成维修工作，从而避免人员伤亡和设备损坏事故的发生。

（二）降低经济成本损失

电梯停运将对建筑的正常运营产生直接影响。就居民楼而言，这会为老年人、儿童等群体的出行造成显著不便；对于商场、写字楼等商业场所来说，可能致使客流量减少、办公效率降低，进而引发经济损失。此外，故障持续时间越长，维修难度越大（例如元件损坏可能引发关联模块故障），维修成本也会相应提高。通过实施高效检测，能够迅速确定故障位置，缩短维修时长，减少因停运造成的损失。与此同时，定期检测有助于延长元件的使用寿命，降低更换频率，从而节约长期维护成本。

（三）提升服务质量与可靠性

随着用户对出行体验需求提升，电梯运行稳定性与乘坐舒适性成为衡量物业管理服务质量的关键指标。电气控制系统故障（如电磁干扰致轿厢抖动、变频器故障造成启停冲击）会降低乘坐舒适性，频繁故障会降低用户对电梯的信赖度。通过科学检测，可降低故障概率，确保电梯平稳、准时运行，改善用户体验，增强电梯使用可靠性，维护物业管理方服务声誉。

三、电梯电气控制系统常见故障

（一）电气元件故障

电气元件是控制系统基础单元，长期运行因磨损、老化、过载等易故障，常见故障主要分两类：1.接触器与继电器故障，它们通过触点吸合传递信号或控制电路，长期使用触点易烧蚀、氧化或粘连。表现为触点烧蚀致接触不良，使电梯启停延迟或卡顿；触点粘连致电路无法断开，如门机或驱动接触器粘连，会造成电梯门无法关闭或电梯无法停止。2.传感器与开关故障，传感器（如光电编码器、重量传感器）受粉尘、振动影响，易信号漂移或无输出；行程开关（如层门开关）因机械磨损，易触点接触不良。表现为编码器故障使轿厢楼层定位不准、有层差；重量传感器故障致超载误报或无法检测超载。有安全隐患；层门开关接触不良使电梯无法启动，显示“门未关”故障。

电梯的电气系统作为核心控制中枢，包含控制主板、门系统元件、安全回路部件、驱动系统组件、电源及信号传输元件等。该系统发生故障将直接对电梯运行的安全性与稳定性产生影响。因此，需开展定期的日常维护工作，避免因安装维护不当等人为因素引发问题，同时强化散热管理，以保障电梯稳定运行。

（二）安全回路故障

安全回路是电梯安全保护的核心，由多个安全开关串联组成，在电梯运行的过程当中，唯有保证安全开关继电器处于闭合的状态，才可以使得电气控制系统稳定工作。若安全回路出现相应的故障，继电器便会立即断开，电梯则触发停梯保护机制。此时，便需要立即停止电梯的运行，并对故障点进行定位。对于配备智能控制体系的电梯，则可以通过计算机设备监测并筛查安全回路的运行数据，从而在时间与空间维度上对故障点进行精准定位。

（三）电磁干扰故障

电梯电气控制系统中存在大量强电设备（如变频器、驱动电机），这些设备运行时会产生电磁辐射，电磁干扰属于电梯电气控制系统中比较常见的一种故障，特别容易导致电梯出现死机或者急停的情况。在电梯中，控制柜内的微机电子板与轿厢中的通讯电子板对电磁干扰较为敏感，可能会导致其存在功能异常的情况。所以，相关人员需要对系统的电源与通信设备进行检测，判断是否存在供电不稳定或者通信接口接触不良的情况^[4]。

（四）门锁回路故障

实际上，电梯运行的基础就是确保所有的门处于完全关闭状态。每一扇门都会对专门的电气连锁开关加以配备，唯有保证所有门紧密闭合，才会接通电路，使得电梯正常运行。如果所有门都已经闭合，门锁继电器依旧处于释放的状态，便表明门锁回路存在断开的情况，或者相关控制元件发生故障。此时，维修人员就需要对故障点进行排查，并对出现问题的部件进行修复或者更换。

四、电梯电气控制系统故障检测方法

（一）万用表的检测

万用表是电梯维修中常用的基础工具，能够测量电压、电阻、电流等关键参数，需要注重分段排查各元件及线路的电压、电阻、电流情况，逐步缩小故障范围，用以判断电气

元件和线路的通断及性能状况,从而检测电气元件和线路的故障^[5]。电阻检测主要是对元件通断与线路绝缘性进行检测,电压检测主要是对电路是否供电正常、信号是否传递进行检测,而电流检测则主要是检测元件是否过载。然而,万用表在检测方面存在一定的局限性,要求维修人员具备丰富的经验,无法有效检测控制逻辑和软件故障。尽管如此,其优势依然显著,操作简便且成本低廉,非常适合现场快速排查。它能够有效检测电梯电气控制系统的故障并进行处理,从而提升电梯的运行安全性和稳定性。

(二) 运行程序检测

运行程序检测法检测电梯电气控制系统故障时,依赖 PLC 程序及单片机与电梯微型计算机连接,通过专用接口或协议实现稳定实时的数据交互。之后,用调试软件或诊断工具读取微型计算机里的电梯运行数据,监测分析运行速度、方向、停靠信号等,掌握电梯运行状态,捕捉数据异常或参数偏离。其优势是能直观观察系统整体运行,发现控制逻辑与机械系统的协同故障;缺点是耗时且需要电梯停运,影响使用。

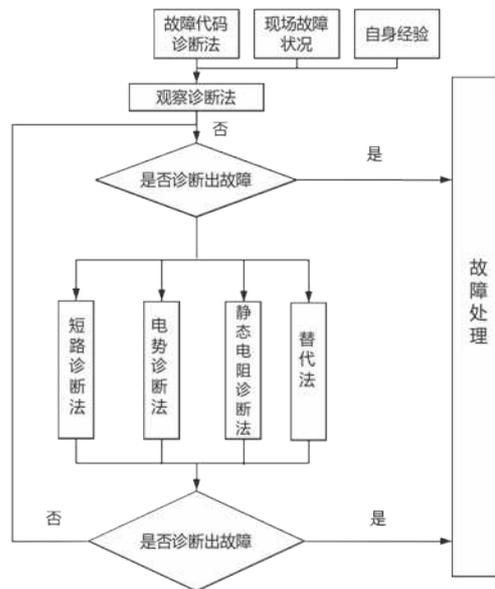


图 2 故障代码诊断图示

(三) 故障代码检测

故障代码检测主要依赖于电梯物联系统中电气机制与主控机制的信息联动处理功能,并通过信息控制系统对各类设备组成和控制机制的终端进行故障代码的采集与解析。我们需要重视利用电梯控制柜内的专用接口或连接微型计算机的诊断软件,提取存储在控制系统中的故障代码数据。结

合图 2 所示的故障代码诊断流程,初步判断故障的基础信息,并据此缩小排查范围。若代码指向控制板故障,则需重点检查控制板的电源输入、芯片引脚接触及程序存储模块。在实际检测过程中,相关人员还应注重通过主控机制与各终端设备的信息交互,核验故障代码对应的实时数据,逐步验证故障原因。强化对故障代码的解读和核验,快速定位故障位置,避免对无关系统进行盲目检查,从而进一步提升查验效率。

(四) 智能物联检测

物联网技术可达成实时监测与预警功能,适用于大规模电梯群组(如写字楼、电梯小区等场景),其核心功能涵盖实时数据监测、故障预警与报警以及历史数据分析。在电梯电气控制系统故障检测工作中,运用智能物联检测法,要求相关部门构建基于物联网技术的电梯远程监控平台,并确保该平台与电梯的主控系统、各传感器终端以及执行机构构建实时通信连接,保障由基础组件和硬件构成的信息能够稳定上传至云端。该平台须具备数据采集、分析、存储以及联动操控等功能。借助部署于电梯各关键部位的传感器,实时采集电气控制系统的电机电流、电压、温度等数据,并将相关数据实时传输至云端数据库^[6]。系统通过剖析从云端接收的实时数据,并将其与知识库中的正常运行参数阈值加以比对,进而实现对故障的精确诊断,并生成详细的故障信息报告。随后,系统会将故障信息推送至维修人员的移动端设备。维修人员在接收到故障信息后,能够通过移动端设备远程查阅故障详情以及系统提供的辅助解决方案,以便提前筹备针对性的工具和备件。抵达现场后,维修人员可借助物联网平台的终端联动操控功能,通过远程指令对故障部件实施隔离或启停测试,进一步验证故障成因。

结束语:

综上所述,电梯电气元件故障以门系统、安全回路、驱动系统为高发点,多由环境、老化、维护不当导致,电梯电气控制系统的稳定性是确保安全运行的核心要素。处理核心是“先保人、再查故障、专业维修”,预防关键是“定期维护 + 环境控制 + 规范使用”。普通用户遇到电梯故障时,切勿擅自操作,及时联系维保人员即可;维保人员需熟悉常见故障特征,并加强对电梯电气控制系统故障检测新技术的培训,借助故障预测模型提升预警准确率,并结合全生命周期数据实现“预防性维护”,避免故障扩大。通过技术提升,保障电梯安全,进而显著提升电梯的运行质量。

参考文献

[1]刘建洋, 万梅芳.基于西门子 S7-1200PLC 的电梯电气控制系统设计[J].自动化应用, 2024, 65 (16): 99-100+104.
 [2]王兵健.电梯电气控制系统故障和检测方法[J].现代制造技术与装备, 2023, 59 (11): 108-110.
 [3]市场监管总局特种设备安全监察局. 2024 年全国电梯安全状况通报 [R].北京: 市场监管总局, 2025.
 [4]鲍同兴, 刘友富, 王重清.电梯电气控制系统故障诊断分析与维修[J].设备管理与维修, 2021, (14): 35-36.
 [5]汪明亮.电梯电气控制系统设计中的几个易忽视的问题[J].中国电梯, 2022, 33 (03): 10-12.
 [6]王承彪, 周珊珊, 陈刚, 等.电梯电气控制系统故障与检测研究[J].品牌与标准化, 2021, (05): 61-63.

作者简介: 秦炼军, 男, 1979.2, 目前职称: 电梯检验员, 研究方向: 在用电梯检验检测技术研究, 籍贯: 湖南邵东。