

电梯机电控制系统的安全性分析与改进

姚彤彤^{1,2}

1. 天津市特种设备监督检验技术研究院 天津 300110

2. 天津特检智慧科技有限公司 天津 300110

摘要: 电梯机电控制系统的安全性分析与改进是保障乘客安全、提升电梯运行稳定性的核心议题。本文综合分析了电梯电气控制、机械结构及安全管理中的安全隐患,如电气元件老化、程序错误、机械磨损及管理制度漏洞。针对这些问题,提出了采用高性能元件、加强电磁兼容设计、引入智能监测、优化机械结构、强化安全管理等改进措施。旨在构建更安全、可靠的电梯机电控制系统,确保乘客安全,促进电梯行业技术与管理双重提升。

关键词: 电梯; 电控制系统; 安全性分析

1 电梯机电控制系统的构成

电梯机电控制系统是电梯运行的核心部分,主要由以下几个关键系统构成:(1)电力拖动系统。这是电梯运行的动力源,负责电梯的垂直运动。它包括曳引电动机、供电系统、速度反馈装置和电动机调速装置等。曳引电动机通常采用易于控制的直流电动机或交流电动机,通过PWM(脉宽调制)调试方式实现无级调速,电力拖动系统还包括与电动机同轴连接的旋转编码器及PG卡,用于完成速度检测和反馈,形成速度闭环和位置闭环,以确保电梯的稳定运行。(2)电气控制系统。该系统主要由操纵装置、位置显示装置、控制屏(柜)、平层装置和选层器等组成。操纵装置包括轿厢内的按钮操纵箱、层站召唤按钮箱等,用于控制电梯的运行。位置显示装置则用于显示电梯的运行方向和所在层站。控制屏(柜)是电气控制系统的核心,由各种电子器件和电气元件组成,对电梯进行电气控制。平层装置则确保电梯在平层区域内的准确度。选层器则根据乘客的选择控制电梯的运行方式^[1]。(3)安全保护系统。这是电梯的重要组成部分,用于确保电梯的安全运行。它包括超速保护开关、层门锁闭装置的电气联锁保护、出入口的安全保护、上下端站的超越保护、缺相和断相保护以及曳引电机的过载保护等。此外,电梯还配备了电梯监控、限速器、安全钳、缓冲器和端站保护装置等设备,以进一步确保乘客的安全。这些系统相互协作,共同构成了电梯的机电控制系统,确保了电梯的稳定、安全和高效运行。

2 电梯机电控制系统的工作原理

电梯机电控制系统的工作原理基于复杂的电气与机械协同作用,确保电梯能够安全、高效地垂直运输乘客或货物。以下是其主要工作原理的概述:第一,指令

输入与信号处理。当乘客在电梯厅门旁的召唤按钮或电梯轿厢内的操作面板上按下目标楼层按钮时,这些指令信号被发送到电梯的控制系统中。控制系统内的微处理器(或称为电梯控制器)接收到这些信号后,会进行优先级排序,并根据当前电梯的位置、运行状态以及可能的其他因素(如交通流量优化算法)来决定电梯的运行方向、停靠顺序及运行速度。第二,电力拖动与运动控制。电梯的电力拖动系统根据控制器的指令,启动曳引电动机。该电动机通过减速器与曳引轮相连,曳引轮上的钢丝绳或钢带则负责牵引电梯轿厢和配重进行上下运动。电力拖动系统中的调速装置(如变频器)会根据控制器的指令调节电动机的转速和转向,从而实现电梯的平稳启动、加速、匀速运行、减速及准确平层。第三,位置与速度反馈。为了确保电梯运行的精确性和安全性,系统中装有旋转编码器、绝对位置传感器等装置,用于实时监测电梯的当前位置和运行速度。这些信息被反馈回控制器,形成闭环控制系统,使得电梯能够按照预定的轨迹和速度运行,同时在遇到异常情况时能够迅速响应并采取措施。第四,安全保护机制。电梯机电控制系统内置多重安全保护机制,包括但不限于超速保护装置(如限速器和安全钳)、层门锁闭与电气联锁、超载保护、门锁短接检测、消防紧急运行功能等。这些机制在电梯运行期间持续监控电梯状态,一旦检测到任何危及安全的情况,将立即触发相应的保护措施,如紧急制动、停止运行等,以确保乘客和货物的安全。

3 电梯机电控制系统的安全性分析

3.1 拖动系统的安全性分析

拖动系统是电梯运行的动力源,其安全性主要体现在电动机的可靠性、调速装置的稳定性和电气连接的可靠性上。电动机作为拖动系统的核心部件,其安全性至

关重要,电梯通常采用交流异步电动机或直流电动机,这些电动机在设计时需要考虑其过载能力、温升限制以及运行稳定性。为了确保电动机的安全运行,需要定期对其进行检查和维护,包括检查轴承磨损情况、清理电机内部积尘、检查电机绕组是否短路或断路等,电动机的启动和制动过程也需要严格控制,以避免因启动电流过大或制动过猛而产生的机械冲击和电气故障。调速装置的安全性主要体现在对电梯速度的精确控制和稳定性上,现代电梯通常采用变频器作为调速装置,通过改变电动机的输入电压和频率来调节其转速。变频器需要具有良好的稳定性和抗干扰能力,以确保电梯在加速、匀速和减速过程中能够保持平稳运行。变频器还需要具备过流、过压、欠压等保护功能,以应对可能出现的异常情况。电气连接的可靠性也是拖动系统安全性的重要组成部分,电气连接包括电动机与控制柜之间的电缆连接、控制柜内部各元件之间的连接等。这些连接需要保持良好的接触和绝缘性能,以避免因接触不良或绝缘损坏而产生的电气故障。因此需要定期对电气连接进行检查和维护,确保其处于良好的工作状态^[2]。

3.2 控制系统的安全性分析

控制系统是电梯运行的大脑,其安全性主要体现在指令解读的准确性、逻辑控制的可靠性和通信系统的稳定性上。指令解读的准确性是控制系统安全性的基础,控制系统需要能够准确识别乘客的召唤指令和轿厢内的操作指令,并根据这些指令计算出电梯的最优运行策略。为了确保指令解读的准确性,控制系统需要采用可靠的传感器和信号处理技术,以避免因信号干扰或误识别而产生的运行错误。逻辑控制的可靠性是控制系统安全性的关键。控制系统需要根据电梯的当前状态和运行策略,对电梯的启动、加速、匀速、减速和停止等过程进行精确控制。这些控制逻辑需要经过严格的测试和验证,以确保其在各种情况下都能正确执行。控制系统还需要具备故障自诊断功能,以便在出现故障时能够及时发出警报并采取相应的保护措施。通信系统的稳定性对控制系统的安全性也至关重要,现代电梯通常采用总线式通信或网络通信技术,以实现控制系统与各部件之间的信息交换。为了确保通信系统的稳定性,需要采用可靠的通信协议和抗干扰措施,以避免因通信故障而导致的电梯运行异常。

3.3 安全保护系统的安全性分析

安全保护系统需要实时监测电梯的运行状态,包括速度、位置、载重、门锁状态等。这些监测数据需要通过传感器和检测装置进行采集,并通过控制系统进行处

理和分析。一旦检测到异常情况,如超速、超载、门锁失效等,安全保护系统需要立即触发相应的保护措施,如紧急制动、停止运行等,以确保乘客和货物的安全。安全保护系统还需要具备故障自诊断和报警功能,当安全保护系统出现故障时,需要能够自动诊断故障类型并发出警报,以便维修人员及时进行处理。安全保护系统还需要具备与消防系统、监控系统等其他系统的联动功能,以实现更全面的安全防护。

4 电梯机电控制系统存在的安全隐患

电梯作为现代城市生活的重要组成部分,其机电控制系统的安全性和可靠性至关重要。在实际运行过程中,电梯机电控制系统存在着一些潜在的安全隐患,这些隐患可能直接影响到电梯的正常运行和乘客的安全。

4.1 电气元器件老化与损坏导致的安全隐患

电气元器件是电梯机电控制系统的核心组成部分,其性能的稳定性和可靠性直接影响到电梯的运行安全。随着时间的推移,电气元器件会经历自然老化过程,其性能会逐渐下降,甚至可能出现损坏。这些老化和损坏的元器件可能引发电气故障,如短路、断路、接触不良等,从而导致电梯运行异常或停止运行。例如,继电器触点老化可能导致接触不良,使得电梯控制信号无法正确传递;电容器老化可能导致容量下降,影响电梯电力拖动系统的稳定性和响应速度。这些安全隐患不仅会影响电梯的正常运行,还可能对乘客的安全构成威胁。

4.2 控制系统程序设计错误或电磁干扰导致的安全隐患

控制系统是电梯机电控制系统的“大脑”,负责处理各种输入信号并发出相应的控制指令。控制系统程序设计错误或电磁干扰可能导致控制系统出现逻辑错误或误动作,从而引发安全隐患。程序设计错误可能源于软件开发过程中的疏忽或错误,如逻辑判断失误、变量赋值错误等,这些错误可能导致控制系统无法正确识别和处理输入信号,从而发出错误的控制指令。电磁干扰也可能对控制系统产生负面影响,如干扰控制信号的传输、破坏控制程序的正常运行等。这些干扰可能导致电梯运行不稳定、误动作或停止运行,给乘客带来安全隐患。

4.3 安全保护系统失效或误动作导致的安全隐患

安全保护系统是电梯机电控制系统中最重要的一环,负责在电梯运行过程中监测各种安全参数并在必要时采取紧急措施。安全保护系统失效或误动作同样可能导致安全隐患。安全保护系统失效可能源于传感器故障、执行机构损坏或控制逻辑错误等原因,这些故障可能导致安全保护系统无法正确监测电梯的运行状态或无

法及时采取紧急措施。例如，门锁传感器故障可能导致电梯在门锁未完全关闭的情况下启动运行，从而引发坠落风险；超速保护装置失效可能导致电梯在超速运行时无法及时制动^[3]。安全保护系统的误动作也可能带来安全隐患，如误报故障导致电梯停止运行或误触发紧急制动装置等。这些安全隐患不仅会影响电梯的正常运行，还可能对乘客的安全构成严重威胁。

5 电梯机电控制系统的改进措施

5.1 提升电气控制系统的可靠性

电气控制系统是电梯机电控制系统的核心，其可靠性直接关系到电梯的运行稳定性和安全性。为了提升电气控制系统的可靠性，（1）采用高性能电气元件：选用具有高可靠性、长寿命的电气元件，如高质量的继电器、接触器、电容器等，以减少因元件老化或损坏导致的电气故障^[4]。（2）加强电磁兼容性设计：优化电气控制系统的电磁兼容性设计，减少电磁干扰对控制系统的影响。这包括合理布局电气元件、采用屏蔽和滤波技术、加强接地等措施，以确保控制信号的准确传输和系统的稳定运行。（3）引入冗余设计：在电气控制系统中引入冗余设计，如采用双路供电、冗余控制器等，以提高系统的容错能力和可靠性。当某一部件出现故障时，冗余部件能够立即接管工作，确保电梯的正常运行。（4）定期检测与维护：建立电气控制系统的定期检测与维护制度，对电气元件进行定期检查和测试，及时发现并更换老化或损坏的元件。同时对控制系统的软件进行定期更新和升级，以修复潜在的漏洞和错误。

5.2 优化机械系统的安全性

机械系统是电梯机电控制系统的另一重要组成部分，其安全性同样至关重要。为了优化机械系统的安全性，首先对电梯的机械部件进行耐久性设计，如优化材料选择、加强结构强度、提高耐磨性等，以减少因机械部件损坏导致的电梯故障。在机械系统中引入智能监测技术，如振动传感器、温度传感器等，实时监测机械部件的运行状态。一旦发现异常，立即发出警报并采取相应的维护措施，以避免机械故障的发生。定期对电梯的安全装置进行检查与维护，如限速器、安全钳、门锁等。确保这些装置能够正常工作，并在必要时能够迅速

响应，保护乘客的安全。优化机械系统的结构设计，使其易于拆卸和维修。提供详细的维修手册和工具，以便维修人员能够迅速定位并修复故障。

5.3 强化安全管理与维护

除了提升电气控制系统和机械系统的可靠性外，还需要加强安全管理与维护，以确保电梯的长期安全运行^[5]。制定电梯安全管理制度，明确电梯的使用、维护、检查和报废标准。同时建立电梯安全档案，记录电梯的运行情况、维修记录和事故记录等。对电梯操作人员、维修人员和管理人员进行定期的安全培训，提高他们的安全意识和操作技能。确保他们能够正确识别和处理电梯故障，及时采取紧急措施保护乘客的安全。建立电梯的定期检查和维修制度，对电梯的电气控制系统、机械系统、安全装置等进行全面检查和维护。及时发现并修复潜在的安全隐患，确保电梯的正常运行和乘客的安全。政府部门应加强对电梯安全的监管和执法力度，对违反安全规定的行为进行严厉处罚，建立电梯安全投诉和举报机制，鼓励公众积极参与电梯安全监督。

结束语

电梯机电控制系统的安全性改进是一个系统工程，需持续关注技术革新与管理优化。本文提出的改进措施仅为初步探索，未来还需不断深入研究与实践。期待电梯行业能共同致力于技术创新与安全标准提升，为乘客提供更加安全、高效的垂直交通服务，共同推动电梯行业安全、健康、可持续发展。

参考文献

- [1]赵明.电梯安全性与可靠性的分析与评估[J].电梯技术, 2020, 37(3): 25-31.
- [2]李明.王鹏.提高电梯系统可靠性的维护策略研究[J].机电工程, 2018, 35(4): 42-49.
- [3]陈华.刘建中.电梯安全性改进的智能化方法[J].智能控制与自动化, 2022, 47(1): 55-63.
- [4]朱瑞银.蒋曦阳.电梯检验中控制系统常见问题和对策探究[J].中国设备工程,2023,(23):167-169.
- [5]亓向芬.探究电梯检测时控制系统常见问题及对策[J].中国设备工程,2023,(16):153-155.