

地铁站电扶梯设备的安全风险分析与故障预防措施研究

● 张 鹏



[摘要] 随着地铁系统的快速发展,电扶梯作为主要的垂直交通工具,能够有效提高人流运输效率和便利性。然而,电扶梯在地铁站等公共场所的应用中会伴随一定的安全风险。若出现设备故障、操作不当以及环境因素等均会导致电扶梯发生事故,威胁到乘客的生命安全和地铁系统的正常运行。尽管现代电扶梯技术已取得显著进展,但在实际应用中,安全问题依然时有发生。因此,本文将围绕地铁站电扶梯设备的安全风险分析与故障预防措施展开深入分析,以便提高电扶梯设备的安全性和运营效率,保障乘客的生命安全,促进地铁系统的可持续发展。

[关键词] 地铁站电扶梯;安全风险;故障预防措施

随着城市化进程的不断加速,地铁建设逐渐覆盖了大中型城市的主要区域。电扶梯作为地铁站内的重要垂直交通设施,其便捷性和高效性能够有效缓解地铁站内人流压力、提高运营效率。然而,随着地铁站客流量的日益增长,电扶梯设备因其长期高强度运行以及复杂的机械电气系统容易发生故障,会导致设备自身的损坏,从而造成财产损失及严重的人员伤害,影响地铁站的正常运行,降低公众对公共交通安全的信任。因此,在保证地铁电扶梯安全运行的基础上,提升其运行效率和使用寿命。本文将深入探讨地铁站电扶梯设备的安全风险分析与故障预防措施,以便提出切实可行的预防措施,提升地铁站整体安全性与运营效率。

电扶梯设备的安全风险概述

(一)电扶梯的基本构造与工作原理

电扶梯为自动化的垂直交通工具,其能够通过机械和电气系统的紧密协作,将乘客从一个楼层快速而安全地运输到另一个楼层。电扶梯的构造和工作原理将会决定其运行的稳定性和安全性,了解其基本结构将有助于进一步分析电扶梯的安全风险及预防措施(详情见表1),表1概述了电扶梯的基本构造与工作原理,有助于清晰理解其各个系统的功能和运行模式。

(二)地铁站电扶梯的安全风险类型

了解地铁站电扶梯的安全风险类型,能够为日常管理和

安全防范提供重要依据,确保乘客的生命安全与设备的稳定运行(详情见表2)。表2总结了地铁站电扶梯设备面临的主要安全风险类型,突出了各类型的关键问题。

表1 电扶梯的基本构造与工作原理

构成部分	工作原理
动力系统	电机、变频器、链条或齿轮传动装置提供动力,驱动电扶梯运行。电机功率和转速根据负荷选择,确保稳定运行。
扶梯链条与踏板系统	踏板通过链条或齿轮与电机连接,保证踏板的稳定运行,确保乘客安全。
扶手带系统	扶手带与踏板同步运行,提供乘客支撑,确保稳定性,避免跌倒。
控制系统	包含按钮、传感器、继电器、控制板等,实时监控电扶梯状态,控制启停与速度。智能系统可自动检测故障并报警。
安全防护系统	配备过载保护、紧急停机、步级反向安全装置等,确保运行过程中的安全,异常时自动切断电源。
扶梯外壳与槽道	外壳保护内部组件,槽道容纳链条、齿轮、扶手带等,确保稳定运行、通风及便于维护。

表2 地铁站电扶梯的安全风险类型

安全风险类型	描述
机械系统故障	主要包括踏步损坏、链条松脱、轴承磨损等问题,导致踏步卡滞或错位、链条断裂,影响电扶梯的正常运行。

续表：

安全风险类型	描述
电气系统故障	包括电机故障、电源问题、控制系统失灵等，导致电扶梯停运、无法启动或无法响应乘客操作。
安全保护装置失效	包括过载保护、紧急停止装置失效，可能导致电扶梯在异常情况下继续运行，增加伤害风险。
乘客行为相关风险	乘客违规行为（如站立不当、携带大型行李）、未遵守安全提示或行动不便的乘客使用不当，增加摔倒或夹伤风险。
外部环境因素	外部环境如湿滑地面、极端天气等影响电扶梯安全，可能导致乘客摔倒或电气系统故障。
设备老化与缺乏维护	电扶梯的机械与电气部件随使用年限增加而老化，缺乏定期检查和维修会增加故障的发生风险，导致设备失效或乘客伤害。

Q 地铁站电扶梯设备故障分析

（一）电气系统故障

电气系统故障是地铁站电扶梯运行过程中常见且具有较高的故障类型。电气系统涉及电机、控制系统、传感器和电源供应系统等多个关键组件，其部件的任何失效均会导致电扶梯停止运行或出现异常状况，直接影响乘客安全与电扶梯的稳定性。其中，电扶梯的电机承担着驱动系统的核心功能，一旦发生电机过热、绕组短路或电机老化等故障，将会直接导致电扶梯无法启动或失去动力，影响整体的运行效率。电机绕组短路或接触不良会导致电流不稳定，产生过载保护反应，进而使电扶梯停机，影响乘客流动与运营效率。另外，电气控制系统的故障也常见于地铁站电扶梯的故障中。电扶梯的控制系统由多个复杂的电子元件和传感器组成，包括继电器、变频器、PLC 控制单元等。其组件在控制电扶梯的启停、速度调节及运行状态监控方面起着至关重要的作用。控制系统的失灵通常表现为电扶梯无法响应乘客的操作或无法按设定的速度运行，严重时甚至会导致电扶梯发生停运或运行不稳定。

（二）机械系统故障

电扶梯的机械系统主要包括踏步、链条、驱动轮、扶手带等关键部件，这些部件在长时间、高强度的运行下，会逐渐受到机械磨损与环境因素的影响，导致各类故障的发生。

踏步作为电扶梯与乘客直接接触的部件，其磨损或错位问题常是机械故障的重要表现。踏步与链条的连接结构对于电扶梯的稳定运行至关重要。当踏步由于长期磨损、冲击或清洁不当而出现错位或卡滞时，将会影响设备的运行平稳性，甚至会对乘客造成摔倒等伤害。踏步与链条之间的摩擦与传动系统的协调性是确保设备安全的重要因素，若链条松弛、伸长或出现裂纹，则会导致踏步间隙增大或运行不均，进一步加剧故障风险。而驱动轮作为机械传动的核心部件，其与链条之间的配合关系极为紧密。当驱动轮因使用时间过长、润滑不良或材质疲劳而发生磨损时，传动效率会显著下降，导致电扶梯运行的动力传递不畅，严重时会出现设备停运或运行不稳定的现象，产生异响或剧烈震动，进一步加大设备损坏的概率。

（三）控制系统故障

电扶梯的控制系统由多种电子元件和软件程序构成，负责协调电机、驱动系统、踏步及速度等多项操作，确保电扶梯在不同环境条件下的正常运行。一旦控制系统出现问题，将会导致电扶梯无法正常启动、停运或运行失控，从而引发安全隐患。控制系统中的核心部件，如 PLC（可编程逻辑控制器）、变频器、传感器和接触器等，在电扶梯的各项操作中起到至关重要的作用。PLC 作为电扶梯控制的“大脑”，负责接收来自传感器的信号并指令各部件进行相应动作。若 PLC 程序出现错误或设备老化，将会导致电扶梯无法响应乘客的指令，或在运行过程中产生不必要的停顿，甚至完全失去控制功能。同时，若变频器出现控制信号丢失、过载保护失效等异常，将会导致电机转速不稳定，影响电扶梯的加减速过程，甚至使设备停运。

Q 电扶梯故障预防与安全防控措施

（一）设备故障预防措施

1. 定期维护与检查

定期的维护与检查工作能及时发现潜在的故障，确保设备在日常使用中的可靠性和安全性（详情见表 3）。通过科学、系统的定期检查与维护，可以有效提高电扶梯的运行安全性与稳定性，提前排除故障，从而降低故障发生率，确保电扶梯长期稳定运行。

表 3 定期维护与检查

检查项目	检查内容	潜在风险
电机	检查电流、电压稳定性，润滑油的充足性，是否有过热现象。	电机过载、短路、润滑不足，导致电机故障或停运。
驱动系统	检查链条松紧度，传动装置的平稳性，齿轮与齿条磨损情况。	链条松动、驱动装置不稳，导致设备震动、噪音大或完全停运。
踏步系统	检查踏步表面是否平整，踏步间隙是否一致，有无破损。	踏步错位或损坏，可能导致乘客摔倒或设备损坏。
控制系统与传感器	检查控制系统线路、传感器的响应能力及稳定性，PLC 程序是否正常。	控制系统失灵、传感器故障，可能导致设备无法正常运行或发生安全事故。
电气系统	检查电气线路，接线盒、保险丝等元件是否有老化、松动现象。	电气故障，导致电扶梯失控或发生电气火灾等安全事故。

2.应用先进技术

随着电扶梯技术的不断进步，先进技术的应用在设备故障预防和安全保障方面发挥着越来越重要的作用。如在自动监测和故障预测领域，借助物联网（IoT）、人工智能（AI）及大数据技术的结合，电扶梯的运维管理逐渐走向智能化和精准化。通过传感器和智能监测系统，电扶梯能够实时收集和分析设备运行数据，从而实现故障的早期预警和即时响应。其技术能够提高设备的可靠性，有效地延长设备的使用寿命，减少人工干预和维护成本。另外，还可以通过基于物联网技术的远程监控系统实时监测电扶梯的电机电流、传动系统温度、振动频率等各项参数，准确预测哪些部件存在潜在故障风险，使维修人员能够在故障发生前采取措施，避免设备的长时间停运。

（二）安全管理与应急响应机制

1.安全管理体系的建立与执行

电扶梯设备的安全管理体系是确保设备稳定运行和保障乘客安全的核心。科学的安全管理体系依赖于日常的设备

检查和维护，需要建立从设计、运营到维护的全生命周期管理机制。安全管理体系的建立需对设备的全生命周期进行风险评估，识别设备在不同阶段面临的安全隐患。通过风险管理的全流程覆盖，可以最大限度地减少设备在使用过程中潜在的故障或事故。执行层面上，安全管理体系的落实依赖于明确的管理架构和标准化的操作流程。管理层需要根据设备运行的实际情况，制定相应的安全操作规范和应急预案，确保一旦出现故障或安全隐患，能够迅速启动应急响应机制。使其在面对突发事件时能够迅速、准确地采取措施。

2.紧急情况下的快速应急响应措施

在电扶梯故障或安全事件发生时，快速有效的应急响应措施是减少事故损失、保障人员安全的关键。电扶梯作为高频次使用的公共设施，一旦出现故障或突发状况，将需要及时采取应对措施，以避免事态扩大或引发其他安全问题（详情见表4），表4概述了电扶梯在紧急情况下的应急响应措施。

表 4 紧急情况下的快速应急响应措施

内容	详细描述
应急响应的前提	建立完整的应急预案，涵盖常见故障及突发事件的处置流程。预案包括故障排查、人员疏散、安全保障等。
迅速判断与决策	控制中心接收到故障信号后，基于系统故障模式和历史数据，快速识别问题，确定是否停运、是否有被困人员等。
实时沟通与协调	现场维修人员与控制中心的实时沟通，准确判断故障性质，及时启动停梯或疏散程序，避免扩大事故影响。
智能化监控与故障定位	利用智能监控系统进行故障位置及影响范围定位，帮助判断设备是否能继续运行，减少人为错误。
应急人员的专业素养	操作人员需具备高度专业素养和应急反应能力，确保快速、准确地执行应急措施，避免二次伤害的发生。
演练与优化	定期应急演练与实时监控的结合，有助于优化应急响应流程，提高事故发生时的处置效率和安全性。

（三）提升乘客安全意识的措施

乘客安全教育是提升电扶梯使用安全的重要手段。随着城市轨道交通的普及，地铁站电扶梯作为高频次使用的公共设施，其安全性直接关系到乘客的生命财产安全。然而，由于乘客的安全意识普遍不足，多数事故和故障源自不当使用。为有效减少事故的发生，乘客安全教育需要在日常管理中得到充分重视。一方面，可以通过显眼且简洁的安全提示标识，明确传达如“站稳扶好”“勿阻挡自动扶梯”“不得带入大型物品”等基本操作规范。另一方面，还可以结合现代技术手段，通过数字广告屏或语音提示系统实时播放安全教育内容，增强教育的覆盖面和时效性。通过以上方式，将有助于乘客形成良好的使用习惯，从而减少因行为不当造成的事故。

Q 结束语

本文深入探讨了地铁站电扶梯设备的安全风险分析与故

障预防措施，指出了提升电扶梯安全性的工作，需要依赖技术手段和设备管理的创新，注重整体安全文化的建设，改善客行安全意识与行为，提出了通过技术、管理与教育的结合，可以有效构建更加安全、可靠的公共交通环境，为乘客提供更加优质的出行体验。

参考文献

[1]杜庆欢.地铁环境与设备监控系统的设计与应用[D].马鞍山：安徽工业大学,2016.

[2]刘广宇.电扶梯设备故障原因分析及故障预防性维护策略研究[J].电子元器件与信息技术,2021,5(04):31-32.

[3]葛忠兴.基于物联网技术的大型客站电扶梯智慧监管平台方案设计及应用[J].铁路计算机应用,2022,31(10):38-41.

作者简介：

张鹏(1986—),男,汉族,江苏南京人,本科,南京地铁运营有限责任公司,工程师,研究方向:电扶梯设备管理、站台门设备管理。