

公共交通型自动扶梯的安全性能优化研究

唐佳楠 韩稳风

深圳市地铁运营集团有限公司 广东 深圳 518000

【摘要】：公共交通型自动扶梯的安全性能受到多方面因素的影响，包括设计与制造质量、控制系统、相关的安全设施、监控系统、日常的运行与维护、乘客行为以及环境因素等。为确保安全，自动扶梯应定期检查和保养，同时乘客应遵守使用规范。本文结合公共交通型自动扶梯的安全性能提升措施进行分析，以供参考。

【关键词】：公共交通型自动扶梯；安全性能；提升措施

DOI:10.12417/2811-0722.25.10.012

1 公共交通型自动扶梯的安全性能影响因素

1.1 设计与制造质量因素

自动扶梯的结构设计要符合相关的安全标准。比如自动扶梯的踏步宽度、扶手的高度、踏步的形状、自动扶梯的倾斜角度等都需要按照规定来设计，确保其承载能力和行驶稳定性。使用的金属材料、塑胶材料、电子部件（如电机、控制系统）等必须符合质量标准，以避免由于部件材质问题引起的故障。自动扶梯的各个部件要有较长的使用寿命，避免由于老化、磨损、腐蚀、锈蚀等原因导致的安全隐患。自动扶梯的安全性能和可靠性依赖于定期的检查和维护工作，包括驱动主机、控制系统、踏步、扶手、传动链条等关键部件。任何运行中的异常或故障都需要及时修复。例如踏步齿面破损、扶手带窜动、梯级异响、制停距离异常、自动扶梯无法平稳启动或停止等问题都可能影响乘客安全。

1.2 控制系统因素

在按照预期使用方式使用，并在得到充分的保养的情况下，自动扶梯的设计和制造应该能通过标准化设计预防由于设备本身或外界对设备的影响造成的危险。通过配备可靠的电气安全装置或功能来对扶梯的安全、可靠运行做好保障，包括但不限于：1、过流/过载保护；2、超速或运行方向的非操纵逆转保护；3、链条的异常伸长或断裂保护；4、梯级、踏板或胶带在梳齿板处卡异物保护；5、扶手带的断裂或异常伸长保护；6、扶手带入口夹入异物保护；7、扶手带速度异常变化；8、梯级、踏板的缺失保护；9、梯级、踏板的抬起保护；10、打开桁架区域的检修盖板或打开楼层板保护；11、梯级、踏板与围裙板处夹入异物保护。自动扶梯应该配备高效的紧急制动系统以应对以上类型的设备异常，可及时停止自动扶梯运行，减少事故的发生。除了以上类型的设备异常保护功能以外，还应应对乘客的异常进入扶梯情况进行控制，配备光栅、雷达或重量感应装置对乘客或物品逆向进入自动扶梯的行为监测，通过调整自动扶梯的运行状态、声光报警、语音播报的形式进行提醒，避免意外发生。

1.3 环境因素

自动扶梯运行的环境温度和湿度对设备的正常运行至关重要。过高的湿度可能导致自动扶梯的电气系统发生故障，而极端天气（如大雪、雨水）可能导致自动扶梯倒溜。公共场所常常人流密集，应针对突发的大客流情况做到一站一预案，并适时的组织演练，做到各岗位对预案了熟于心，避免由于大客流的原因造成人员堆积、踩踏事件的发生。自动扶梯上容易堆积灰尘和杂物，尤其是螺丝钉、石子等异物易在梳齿板处堆积，影响自动扶梯的正常运行。因此，需要保洁定期清理，避免安全隐患。

2 公共交通型自动扶梯的安全性能提升措施

2.1 加强设计与制造

2.1.1 符合智能预警系统设计

乘客行为识别摄像头主要通过图像识别技术和人工智能算法来监测乘客行为，能够识别出一些潜在的危险行为，比如摄像头能够识别出是否有乘客携带超大行李或物品，这些物品可能会被扶梯卡住或影响扶梯的运行。当乘客逆向进入扶梯（例如从下行扶梯进入上行扶梯），摄像头能够及时发出警报并提醒相关人员或通过语音提示。摄像头可以检测乘客摔倒、站立不稳或其他异常姿势，及时报警，避免进一步的伤害。例如，儿童独自乘扶梯、乘客站立在扶梯的某些不安全位置，摄像头能够识别并发送警报。

智能预警系统结合了多个传感器和监控设备，能够实时监测自动扶梯的运行状态，提前发现潜在的故障或危险，减少客伤事故的发生。通过集成电流、温度、振动传感器等设备，监测扶梯的运行状态。比如，监控电机的过热情况、扶梯的振动幅度和梯级的异常磨损等，一旦出现任何异常，系统会自动报警。智能系统会通过历史数据分析和算法预测设备可能出现的故障点，提前发出故障预警。这样可以提前发现扶梯因设备老化或损坏导致的故障，降低客伤风险。自动扶梯的智能系统能够定期进行自我检查，判断各部件的工作状态，并对扶梯可能发生的故障进行预测，通过数据分析和算法监测部件的健康状态，提前预测可能的故障点。系统可以及时发出报警信号，提

示维护人员进行检查和处理,避免故障蔓延并提高安全性。

智能扶梯系统不仅能够实时监控运行状态,还能够通过人工智能对乘客行为进行智能分析。例如,通过机器学习技术,系统能够不断提高对非正常行为的识别能力,使得扶梯能够更精准地判别潜在的危险。此外,系统可以进行自适应调整,优化扶梯的运行模式,以适应不同流量的使用需求。当识别到异常情况时,除了报警外,系统还可以触发与相关部门(如安保、维护人员等)的联动。例如,如果发现乘客摔倒或出现危险行为,系统会自动联动最近的监控室或者安保人员,确保及时采取措施。

2.1.2 结构设计优化

踏步的间隙和宽度需要严格控制,以防止乘客的鞋带或衣物被卡住。优化踏步的设计可以有效减少意外事故的发生,同时确保乘客的舒适性和安全性。扶手的高度应与踏步的高度合理匹配,确保乘客在使用过程中可以轻松抓住扶手。扶手设计不当,可能导致乘客在上自动扶梯时失去平衡,因此合理的高度、稳固性和舒适性至关重要。自动扶梯的设计必须考虑最大载重能力,以应对不同人数的同时使用。例如,在客流量较大的车站、机场等场所,自动扶梯的设计需要能够承载较大负荷,避免过载运行导致设备故障或安全隐患。确保踏步表面具备防滑功能,使用特殊设计的凹槽或防滑材料,减少乘客滑倒的风险。同时,设计时要确保踏步无尖锐棱角,避免对乘客造成意外伤害。

2.1.3 优化设计中的冗余与安全保护机制

在自动扶梯的关键系统(如电机、传动链条、控制系统等)中设计冗余机制,以确保在某一部件发生故障时,冗余部件仍实现该功能。例如,配置双重制动系统,当一个系统出现故障时,另一个系统仍可保证自动扶梯的停止。

2.2 定期检修与维护

检查电机及其相关连接部件的工作状态,确保电机运转平稳,避免因过度摩擦或故障导致停机。定期检查传动带和传动链的张力,避免出现过松或过紧的情况,使用传感器对传动系统进行监测,及时发现异常波动或故障。检查控制系统的逻辑操作和应急响应,确保控制系统在发生异常时能够快速切换到安全模式。使用数据分析技术对系统运行参数进行监控,识别出可能存在的潜在问题,如振动、温度异常等。对控制器的软硬件进行定期检测和升级,确保其符合最新的安全标准。重点维护高频使用的部件,如电机、踏步和链条,定期更换磨损的部件,防止发生突然故障。利用现代技术,如传感器和数据分析工具,对设备状态进行实时监控,提前识别并解决可能的故障。通过对设备的故障历史记录进行分析,找出潜在的常见问题和规律。保留完整的检查和维护记录,确保在需要时能够追溯设备的维护历史,便于进行针对性的优化。

2.3 增强安全防护系统

完善自动扶梯的紧急制动系统,如在故障发生时立即启用紧急制动机制,防止自动扶梯继续运行。同时,在发生故障或意外时,自动扶梯应具备有效的报警系统,能及时通知站点管理人员进行处理。引入先进的感应装置,如物体检测、人员监测、障碍物检测等功能,一旦发现有人或物品进入危险区域,自动扶梯可以及时停机或调整运行状态。在自动扶梯周围张贴安全使用提示,如禁止携带大件行李、站稳扶好、禁止逆行等,增加乘客的安全意识。明确自动扶梯周围的安全标识和使用指引,如标示禁止携带危险物品、避免大面积拥挤等,保障乘客在使用时的安全。设立专门的安全巡视人员,确保乘客按规范操作自动扶梯,避免逆行、踩踏、跳跃等危险行为。

2.4 优化自动扶梯环境管理

2.4.1 保持清洁与防污染

确保自动扶梯的周围环境始终保持清洁,尤其是踏步、扶手、齿轮和链条等关键部件。定期清洁自动扶梯表面,防止灰尘、杂物积累在设备内部。定期清除石子、螺丝钉等物品,避免这些杂物进入自动扶梯的缝隙或传动系统,造成摩擦或阻碍设备正常运行。设计时应确保自动扶梯的缝隙足够紧密,避免小物品进入,并且定期检查是否有小物件卡住。可以通过加装防护网或挡板等方式,避免物品被夹入。

2.4.2 防水与防滑设计

在设计阶段,自动扶梯的防水功能是至关重要的,尤其是在高湿度环境或雨雪天气下。自动扶梯的电气系统、传动系统等需要做好防水设计,防止水分进入影响其正常工作。可以通过使用防水接头和密封圈、涂层等手段,增强自动扶梯的防水性。在高湿环境下,自动扶梯的踏步表面和扶手表面可能因为水分或湿气积聚导致滑溜。设计时应采用防滑材料(如特殊纹理的踏步表面)或防滑涂层,减少乘客滑倒的风险。特别是在雨雪天气时,确保踏步表面和扶手的防滑效果良好,以保障乘客安全。

2.4.3 适应寒冷地区的防冻保护

对于寒冷地区的自动扶梯,特别是在雨雪天气下,防冻措施至关重要。设计时可以在关键部位(如踏步、扶手、传动装置等)设置加热装置,避免因低温或积雪导致设备冻结。加热装置可以保持设备在低温环境中的正常运行,避免因冻结而导致的故障或停机。对于自动扶梯的传动系统和电气设备,可以采用防冻液或专门的防冻材料进行保护。同时,加强设备的保温和隔热设计,防止温度过低对设备造成损害。

2.4.4 高温环境的防护措施

在炎热的环境中,自动扶梯的电机和控制系统可能会过热。可以设计散热器或风扇系统,以帮助自动扶梯在高温环境下正常运行。对于高温地区,合理配置设备的散热通道,保持

设备温度在安全范围内，避免因过热造成设备损坏。可引入温度传感器监控系统，当设备温度过高时，自动启动风冷系统，确保设备稳定运行。

2.4.5 定期检查与环境适应性测试

定期进行自动扶梯的环境适应性测试，检查其在不同天气条件下（如高湿、高温、低温、雨雪等）是否能够稳定运行，确保设备能够适应多种环境。随着使用环境的变化，应及时对自动扶梯的防护措施进行评估和升级。例如，在某些高湿度区域安装自动扶梯，可以考虑安装空气干燥设备或提高部件的 IP 等级，以确保设备在潮湿环境中不会受到损害。在自动扶梯周围区域设置清晰的安全标识，提醒乘客注意天气状况以及使用

自动扶梯时的安全注意事项。例如，雨雪天气时，可以通过标识提醒乘客注意脚下湿滑，避免滑倒事故发生。在特殊天气条件下，如果环境变化过于剧烈（如积雪过厚，导致踏步无法顺畅运行），可以设置自动停运功能，防止继续运行可能带来的安全隐患。

4 总结

综上所述，提升公共交通型自动扶梯的安全性能是一个多维度的过程，需要从设计、运行、维护、使用等各个方面着手。通过优化设计、加强安全设施、定期维护、增强乘客教育、提升管理水平等措施，可以有效减少事故发生，提高自动扶梯的安全性和可靠性。

参考文献：

- [1] 基于传感器信息融合的自动扶梯电机运行监控技术.施宝海.设备管理与维修,2023(22).
- [2] 基于公共交通型自动扶梯客伤的人机分析与研究.徐建方;李向东;李耿;高瞩.包装工程,2016(02).
- [3] 自动扶梯的直流端能源反馈系统验收技术研究.唐耀斌;李燕捷.中国高新科技,2023(09).
- [4] 公共交通重载型自动扶梯在地铁中的运用分析.翁浩.中国机械,2023(13).
- [5] 自动生成自动扶梯非标方案文档和土建图的软件的开发与应用.李骏.中国自动扶梯,2022(16).