

老旧电梯性能升级改造优化方案探析

赵家麟

内蒙古自治区特种设备检验研究院, 中国·内蒙古 呼和浩特 010010

摘要: 电梯是高层建筑竖向交通中的核心设备, 其运行性能直接影响着乘客的出行体验和建筑功能的发挥。随着使用年限的增加, 一些老式电梯逐渐暴露出运行效率降低、故障率增加、能量消耗偏高等问题, 不仅影响使用的便利性, 还带来一定的安全风险。整部电梯改造成本高、建设周期长, 严重影响建筑物的正常使用功能。因此, 系统地研究电梯更新与升级优化方法, 对延长电梯使用寿命, 提高运行质量, 减少全寿命周期费用, 具有重要的工程应用价值。

关键词: 老旧电梯; 性能升级; 改造优化

Exploration of Performance Upgrade and Optimization Plans for Old Elevators

Zhao Jialin

Inner Mongolia Special Equipment Inspection and Research Institute, China Inner Mongolia Hohhot 010010

Abstract: Elevators are key equipment for vertical transportation in high-rise buildings, and their operational performance directly affects passengers' travel experience and building functionality. As usage years increase, some old elevators gradually show issues such as reduced efficiency, higher failure rates, and higher energy consumption, which not only affect convenience but also pose certain safety risks. Completely overhauling an elevator is costly and time-consuming, seriously impacting the normal use of the building. Therefore, systematically studying methods to update and upgrade elevators is important for extending their service life, improving operational quality, and reducing overall life-cycle costs, making it highly valuable for engineering applications.

Keywords: Old elevators; Performance upgrade; Renovation optimization

0 引言

旧电梯技术改造是一项综合性的技术工程, 涉及到机械系统、电气控制和安全保护等多个方面。在役电梯普遍存在曳引系统磨损、控制系统老化和门机机械故障等技术难题, 各子系统性能衰退程度不一, 需要开展针对性的状态评估和方案设计。升级改造并不是简单的部件更换, 而是要在保证安全裕度的基础上, 综合考虑性能提高幅度、施工可行性和投资经济性, 达到技术先进和工程适用性的平衡。优化方案研究需要从装备实际情况出发, 明确改造优先顺序和实施路径, 形成系统的技术决策依据。

1 老旧电梯现存主要性能缺陷及隐患分析

1.1 机械结构老化, 运行稳定性不足

旧电梯普遍使用寿命长达 15 年以上, 在长时间、高频率的往复运行下, 其机械传动部件会发生不可逆磨损。牵引系统是电梯的动力核心, 其牵引钢丝绳普遍存在断丝、锈蚀、直径磨损超标、油脂硬化等问题, 且绳槽磨损不均导致牵引性能下降, 极易发生滑梯等安全隐患。在曳引机中, 由于轴承的磨损, 齿轮啮合间隙的增加, 会引起明显

的运行噪声, 电梯内的抖动, 严重影响电梯的平顺性。由于导轨长期受到电梯内摩擦和受力变形的影响, 表面产生划痕、腐蚀和弯曲变形。此外, 旧的电梯缓冲器、安全钳、限速器等安全保障机械部件都已经老化疲劳, 弹簧弹性衰减, 咬合部件锈蚀卡顿, 机械制动灵敏度大大降低, 在遇到超载、超速、断绳等突发情况时, 安全保护装置的触发失效概率会增加^[1]。一些老式电梯电梯内门的机械合页和门卡板磨损、松动, 开关门卡滞, 撞击明显, 门扇关闭间隙超标, 存在夹人夹物的危险。一台服役 19 年的老旧电梯, 在过去的一年中, 因机械部件老化和磨损, 出现过 38 起故障, 电梯运行过程中出现了轿厢抖动、电梯中途滑梯、开关门卡滞等故障, 还有乘客被困轿厢、关门夹人事件, 并且牵引钢丝绳锈蚀断丝、安全钳灵敏度下降, 存在较大坠梯、冲顶安全隐患。

1.2 电气系统滞后, 安全控制能力薄弱

早期的电梯电气控制系统都是以传统的继电器逻辑控制为主, 其电路布局混乱, 线路老化, 容易出现绝缘开裂, 线路氧化和虚接等问题。由于控制系统硬件的老化, 造成

信号传输延时,指令错误,出现无理由的停梯、错层和自动回基台等故障。老式的主控板元件老化,电容和电阻损耗严重,抗干扰性能不佳,小区内的电力负荷波动和周围的电磁干扰都可能导致电梯非正常停机。变频器和刹车电阻等电气散热元件老化,散热效率降低,在高温环境中易发生过热保护和强制停运,夏季故障多发。同时,旧电梯的电气安全配置还不够完善,缺乏基本的故障自检、漏电保护、过载保护等模块,接地线路布设不规范,在潮湿环境中容易发生漏电事故。一些老式电梯还在使用白炽灯和机械按键,线路承载力不高,长时间使用容易发生短路和跳闸。一小区老旧电梯仍采用继电器控制,电气线路绝缘层老化开裂、接线端子氧化虚接,一年内因信号传输紊乱引发无故停梯困人 12 次、错层冲层 6 起,电力负荷波动时频繁莫名自动返基站,高温天气变频器过热停运频发,还曾出现线路漏电引发跳闸,故障隐蔽且人工排查耗时费力。

1.3 配套设施简陋,乘坐体验性较差

旧电梯的配套设施设计标准不高,舒适性、适配性差,电梯内空间狭窄,装饰材料陈旧破损,内壁板材脱落生锈,地面老化开裂,通风换气装置老化失效,电梯内空气流通不良,密封处有明显的异味。大部分老式电梯没有空调和风扇等温度控制设施,冬天很冷,夏天很热,乘坐舒适性很差。电梯内部光线较暗,亮度较低,使老年乘客难以视物;按键磨损模糊,标志脱落,触摸灵敏度不高。一些老式升降机没有安装扶手和防滑地面,没有考虑到老人和残障人士的需要^[2]。电梯的隔音降噪设计不到位,机房和井道的隔音措施不够完善,运行时振动噪声和摩擦噪声传导明显,电梯内噪声分贝超限。另外,由于老式电梯缺少监控设备,对讲系统老旧,导致通话质量不佳,信号中断,在遇到紧急情况时,乘客不能及时通知维修人员。电梯的门和楼层显示设备陈旧,显示卡涩,代码混乱,不能对电梯的运行状态进行直观的反馈,缺乏智能化和人性化的配置。某老旧小区服役 17 年电梯轿厢内饰破损生锈、地面开裂,通风装置失效常年异味浓重,无空调冬冷夏热,按键标识模糊、光线昏暗,缺少扶手防滑设施,对讲通话卡顿、监控缺失,运行噪音超标,乘坐体验与便民适配性极差。

1.4 维保管理粗放,运维管控体系不完善

大部分老旧小区的电梯产权分散,物业维修资金投入有限,维修单位多采用低成本维修方式,维护频率低,操作流程简单,只做表面清洁和简单加油等基本工作,忽视

内部元件的深度检测和老化部件的更换。维保人员的专业化程度参差不齐,缺乏处理旧电梯特殊故障的经验,故障诊断方法落后,难以对潜在的安全隐患进行精准识别。同时,电梯台账管理混乱,维修记录和维护记录没有及时更新,旧件更换没有备案,没有系统地统计使用状况和损耗程度。小区业主-物业-维修公司三方沟通机制不健全,故障信息反馈和维修处理过程繁琐,故障停转后维修周期长。一些小区的电梯已超过使用年限,没有严格执行年度检查制度,不合格的电梯仍在运行,人为地加大运行的风险。粗放式的维护管理模式加速电梯的老化和损耗,形成失效频繁、简易维护、迅速老化的恶性循环。一台服役 19 年的老旧电梯,在过去的一年中,因机械部件老化和磨损,出现过 38 起故障,电梯运行过程中出现了轿厢抖动、电梯中途滑梯、开关门卡滞等故障,还有乘客被困轿厢、关门夹人事件,并且牵引钢丝绳锈蚀断丝、安全钳灵敏度下降,存在较大坠梯、冲顶安全隐患。

2 老旧电梯性能升级改造优化实施措施

2.1 机械系统全面翻新,强化运行安全性

针对电梯老化和运行不稳定的问题,需要采取分阶段改造的方法,对关键机械零部件进行更换、打磨和调试,从根本上消除机械安全隐患。在牵引系统中,应优先更换老化部件,更换磨损超标和锈蚀断丝的钢丝绳,更换高耐磨高强度镀锌钢丝绳,同时对老化轮进行更换,对绳槽磨损偏差进行校正,确保曳引传动均匀稳定。针对曳引机的卡滞、异响等问题,通过对曳引机齿轮箱的拆卸、磨损的润滑油的更换、磨损的轴承的更换等措施,使老式的涡轮蜗轮曳引机同步升级为永磁同步无齿轮曳引机,大大降低运行的噪音和能耗。对导轨及导轨进行打磨矫正,修补表面划痕及锈斑,调整导轨垂直度及间距,更换耐磨聚合物导轨,以降低行走时的摩擦阻力。对安全保护机构进行全面检查,对限速器和安全钳的动作灵敏度进行检查,更换疲劳弹簧和生锈的卡扣,定期对限速器进行检查,以确保在极端条件下能够迅速地制动^[3]。对门机系统进行优化,更换老化的门带、铰链、门锁装置,调整门扇关闭间隙,增加门机缓冲装置,消除夹人碰撞现象。在改造过程中,要严格按照《电梯安装验收规范》的要求,在更换完零件后,进行空载、满载和超载实验,并对关键参数如振动、加速度等进行测试,保证机械性能达到标准。以一座建成近 20 年的老旧住宅小区为例,辖区 28 台电梯在使用过程中出现了曳引运行抖动、层门锁卡滞、安全钳制动灵敏度下降等突出问题,原有电气线路绝缘层老化粉化、接

线端子氧化虚接，主控继电器触头电弧烧蚀和编码器脉冲信号失真，频繁造成楼层定位失准、门锁回路误判、无故停梯困人等故障。到 2025 年，这个小区将进行机电一体化的升级，将整个机械层面的高强度镀锌钢丝绳全部换掉，对绳槽偏差进行了修正，对永磁同步无齿轮曳引机进行了升级，并对导轨和安全保护机构进行了调试。在电气层面上，综合考虑改造成本，重构 CAN 总线通信架构，优化强、弱电隔离布线和等电位接地，更换老旧电控元件，优化变频器参数，优化 PLC 控制算法，实现电梯启停加速度可控，轿厢最大振幅降幅达到 68%，门机闭合误差严控至 2 毫米以内，从机械结构与电气信号双维度大幅降低故障发生率。（小区电梯改造前后的主要机械性能指标的对比情况如表 1）。

表1小区电梯改造前后的主要机械性能指标

检测项目	改造前	改造后
电梯内最大振动幅度(mm/s)	15.32	4.91
门机闭合间隙(mm)	7.65	1.82

2.2 电气系统智能升级，优化控制运行逻辑

为解决旧电梯电气线路混乱，控制失灵，抗干扰能力差的问题，需要对电气控制系统进行全面的优化，进行线路整理、硬件升级和智能模块的安装。拆下老式的继电器控制板，用一体化微机智能化主控板代替，优化操作逻辑算法，提高指令的响应速度，减少错层、卡人等逻辑错误。对井道和机房进行重新结构化，更换老化的绝缘导线，采用阻燃耐高温的电缆，按类别排布线路，增加线路保护套管，以避免线路短路和漏电的危险。升级变频调速系统，替换老式变频器，精确调整电梯运行速度，平稳起停，减少电梯内震动。同时增加漏电保护器，过载保护器，相序保护器等保护装置，使供电电压稳定，避免因电压波动而引起的故障^[4]。在机房内增加温度感应，散热排风装置，优化各电器元件的散热状况，防止因高温过载而造成损坏。通过对电梯运行电流、频率和温度等参数的实时采集，对故障码进行自动识别，从而达到预警和智能报警的目的。改造后，优化机房的防尘和防潮环境，加强电器元器件的防腐保护，延长电器的使用寿命。例如，针对老式电梯电气线路绝缘老化、端错接、继电器触头烧毁、编码器脉冲信号传输失真等问题，易造成门锁回路误判、楼层定位偏移、指令响应错乱、不合理困人等问题。本项目拟拆除传统的继电器逻辑控制单元，采用集成的微机主控模块，对 CAN 总线通信拓扑进行重构，对强弱电进行梳理，并对防火电缆进行更换，实现变频调速参数的匹配，优化 PLC 的运行控制算法，同时增加漏电、相序和过载保护装置。在

不具备整机改造条件的电梯上，加装物联网边缘采集终端和多维度感知模块，利用 AI 大数据，实时监控运行电流、温度、振动和故障代码，并进行异常智能预警，使电梯月均维护次数从 4.26 下降到 0.83 起，电气线路类故障降幅超 80%。

2.3 电梯内环境优化改造，提升综合乘坐体验

针对旧电梯的舒适性差和设备简陋的现状，对电梯进行人性化、美观和安全的改造。电梯内装饰翻新，更换腐蚀破损的内壁板，采用防火、防潮、环保的装饰材料，使电梯内壁平整，更换防滑地面，避免乘客滑倒。优化通风温度控制系统，增加静音风扇和恒温空调，解决电梯内闷热和异味残留的问题。升级照明系统，替换高亮度节能 LED 灯，消除照明死角，提高电梯内的透光度。更换老化的按键和楼层显示板，使用高清晰度 LCD 显示楼层及方向，并优化按键触感。同时，还增加一些人性化的辅助设备，在电梯内的内壁上安装防滑扶手和防撞条，边角都做圆弧钝化，避免磕碰和划伤；增加紧急呼叫按钮，优化通话质量，保证紧急困人时的通讯畅通。井道及机房加装隔音棉及减震垫，以减低机器运转时之传导噪音，使电梯运转时之噪音控制在规管范围内^[5]。此外，电梯内还张贴安全警告标志和乘梯指南，对可视化的提示功能进行优化，以规范乘坐电梯的行为。比如，一个区一批使用了十八年以上的电梯，轿厢内部已经破损发霉，通风不畅，光线昏暗，噪音超标，内部按键线路老化，通信信号不稳定，经常发生显示混乱，对讲通话中断等情况。改造兼顾了成本和实用性，对轿厢面进行了全面的翻新，更换了防滑地板，对 LED 柔光照明和静音空调系统进行了升级，增加了不锈钢扶手和防撞性，并且在井道中安装了隔音减震材料。在此基础上，优化弱电线路和楼层显示控制电路，对不具备整体改造条件的电梯加装物联网感知采集模块，通过大数据实时监控电梯运行状态，改造后轿厢噪声从 62 dB 下降到 43 dB，全面提高了乘坐舒适度和安全性。

2.4 完善维保管控体系，构建长效运维机制

在旧电梯改造完成后，需要建立标准化、常态化、标准化的维修管理制度，以延缓电梯的老化，延长设备的使用寿命。物业应选择有资质的专业维修公司，签订正式的维修合同，确定维修频率、维修项目和维修期限，杜绝简单、敷衍的维修。制定分阶段维护计划，按月进行定期清洗、紧固和润滑保养，每季进行电气深度测试，并配合第三方机构进行年度检验。对电梯的维修、维护、更换、故障处理等数据进行了详细的记录，对电梯的损耗状况进行

动态监测。加强对维修人员的培训，提高维修人员对旧电梯的故障处理能力^[6]。同时，建立业主－物业－维保三方交流平台，建立故障快速报修通道，缩短故障响应时间，缩短维修时间。对维保资金进行合理规划，依托政府对旧电梯的改造补助政策，采取维修基金和业主自筹等方式，保证维修资金的稳定投入。严格执行电梯安全责任制，明确物业管理和维保单位的维修责任，定期公示电梯年检报告和维护记录，使管理透明化（如图 1）。

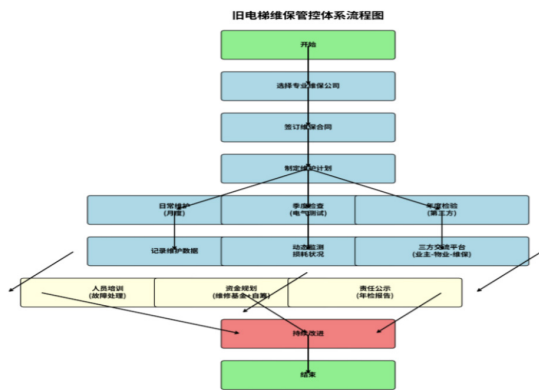


图1 旧电梯维保管控体系流程图

例如，某老旧小区目前电梯维修粗放、台账混乱、隐患排查滞后的现状，以规范的方式聘请专业维保单位，并建立了每月例行维护、每季度电气深度检测和每年一次第三方检测的标准化机制。针对线路老化、继电触点丢失引起的信号传输偏差、误触发指令等安全隐患，本项目拟采用硬件适配＋软件参数校正相结合的低成本优化方法，并引入 AI 物联网监测模块，在不进行整体改造的情况下，实

现对电气参数和运行数据的实时采集，实现对故障的提前预判和远程预警，并建立三方联动的沟通渠道，大大缩短维保响应和处理时间。

3 结语

综上所述，基于多目标优化设计方法，以解决现有电梯设备老化问题，提高竖向交通服务质量的关键技术问题。深化电梯性能衰退机理与改造技术适配性的认知，推进状态诊断技术与改造方案的有机融合，形成科学、合理的改造决策机制。未来，可通过驱动控制技术和物联网监测手段的不断完善，实现电梯智能化和模块化升级，为提升既有建筑电梯系统性能提供更有效的技术途径，促进特种设备运营管理向精细化、可持续发展。

参考文献：

[1] 庄河家. 电梯更新、改造与修理的技术评价研究[J]. 质量与市场, 2026(03): 75-77.

[2] 魏李平, 陈开强. 基于智能化技术的老旧电梯改造设计及应用[J]. 机电工程技术, 2025, 54(21): 147-151+173.

[3] 李强, 陆俊, 宋小华. 探讨变频调速技术在电梯舒适度改造中的应用[J]. 中国设备工程, 2025(08): 192-194.

[4] 俞科东. 电梯制动器机械部件由单组改造升级为双组的方案[J]. 中国电梯, 2023, 34(12): 72-74.

[5] 再添喜讯! 广日电梯中标广州白云会展中心电梯升级改造项目[J]. 房地产导刊, 2021(08): 83.

[6] 张松波. 电梯控制系统升级改造[J]. 设备管理与维修, 2020(17): 96-98.