地铁车站自动扶梯梯级链故障特征识别与检修工艺改进研究

常祯祥

重庆轨道交通运营有限公司 重庆 400000

【摘　要】：地铁车站自动扶梯客流密集、启停频繁，梯级链长期承受循环拉力、冲击和轨道约束，链节伸长、销轴衬套磨损、链板裂纹及两侧张紧失衡容易相互叠加。固定周期目测难以识别早期异常，也难以把声振变化准确对应到具体部位。本文分析梯级链常见失效形态和既有检修技术局限，采用运行声振、梯级滚轮轨迹和停机拆检逐层识别故障，并从筛查程序、张紧调整、部件更换及记录验证等方面改进检修工艺。该方法强调同工况趋势比较、两侧同步调整和安全装置验证，使异常筛查、部位确认与停机处置形成连续作业链。

【关键词】：地铁车站；自动扶梯；梯级链；故障识别；检修工艺

DOI:10.12417/2811-0536.26.10.083

引言

地铁车站自动扶梯运行时间长，客流脉动造成的载荷变化又与环境粉尘、润滑状态、轨道接缝和张紧条件共同作用。梯级链异常初期常表现为周期性异响、振动波动或梯级姿态轻微改变，待发展为保护装置动作、链节卡滞或梯级干涉后，停运范围和检修压力明显增大。现有作业若只在停机后目测链条，容易遗漏具有方向性和负载依赖的早期征兆；若只依赖在线信号，又可能把导轨冲击、主机振动和链条故障混为一类。故障识别因而需要从运行现象逐步收敛到机械部位，并让识别结论直接决定拆检范围和工艺动作。

1 自动扶梯梯级链常见故障及既有检修技术局限性

1.1 自动扶梯梯级链常见故障类型

梯级链由链板、销轴、衬套和滚轮等部件构成，两侧链条共同约束梯级运行[1]。链节在循环拉力与转向冲击下反复铰接，销轴—衬套副磨损使配合间隙扩大，并累积表现为节距伸长，啮合冲击和周期性异响随之增强；润滑不足、磨粒进入或锈蚀会加快磨损。链板裂纹和连接件松动属于承载路径缺陷，滚轮偏磨、轴承卡涩则会改变曲线导轨段阻力。两侧伸长量或张紧状态不一致时，梯级易偏斜并诱发轮缘擦碰。检修判断应区分承载链节、滚动部件与轨道约束异常，不能把所有异响归结为缺油。

1.2 梯级链故障识别技术局限性

固定周期目测能发现断裂、明显变形和严重磨损，却难以捕捉尚未形成可见损伤的松弛与啮合冲击。环境噪声、客流载荷和运行方向会改变听感，缺少同工况基线时，主机、扶手带与梯级链声源容易混叠。停机拆检虽能接近链板和滚轮，若未先锁定异常区段，有限的拆检范围仍会降低效率。测点位置、安装方式、转速及导轨接缝也会改变振动信号，相同幅值出现在不同位置或运行阶段并非同一故障。识别程序应保留“运行筛查—区段定位—停机确认”的证据层级，并以制造商的张紧、润滑和更换要求限定最终工艺。

2 自动扶梯梯级链故障识别技术分析

2.1 运行声振异常识别方法

运行筛查宜在固定方向、相近客流状态和稳定速度下建立声振基线，测点优先布置于上下转向站、梯级导轨支承附近和驱动区域[2]。观察量不只包括整体幅值，还应关注随梯级循环重复出现的冲击、启动阶段的延迟和特定区段的窄带成分。梯级导轨、主驱动轴及主机等位置的振动信号经降噪和特征提取后可用于故障筛查，但模型结论受样本与设备条件限制。现场应用应先比较同一台设备的历史趋势，再结合各测点特征频率、幅值变化和重复周期缩减区段；只有异常在复测中稳定出现，才转入停机拆检，避免以一次峰值直接判废部件。

2.2 梯级滚轮运行轨迹异常识别技术

梯级链故障会在滚轮—导轨—梯级的运动关系中显现。巡检时可从上下部转向区、梳齿板前后和曲线导轨段观察梯级高度、侧向摆动及滚轮越过接缝时的姿态；连续多个梯级均在同一固定位置产生冲击，更可能指向导轨接缝、异物或局部约束，异常随某一梯级循环移动，则应追查该梯级滚轮、轴承及相邻链节。检查人员还要核对两侧梯级边缘与围裙板的相对变化，查看轮缘擦痕、链轮啮合印迹和张紧小车行程是否对称。轨迹观察用于分离固定位置故障与随链条移动故障，为拆除梯级和暴露链段确定范围。

2.3 停机拆检中的链板磨损裂纹确认

停机确认必须在隔离主电源、设置围挡并落实防意外移动措施后进行。先清洁目标链段，逐节检查链板边缘、孔周和连接部位有无裂纹、塑性变形或异常

磨痕，再检查销轴、衬套、滚轮和轴承的间隙、转动阻力与润滑状态。节距伸长应按设备维护说明书规定的链节数量和受力条件测量，不能用局部最松位置代替整段判断；两侧链条还应采用同一基准比较。发现裂纹、卡涩或超出制造商允许范围的磨损时，应按成套关系确定更换范围，同时检查链轮齿面、导轨和张紧装置，防止新部件继续承受原有偏载。拆检结论须能回指运行征兆，否则应继续排查主机、驱动链及轨道。

3 地铁车站自动扶梯梯级链检修工艺改进策略

3.1 识别程序改进：构建运行筛查分级检测程序

识别程序可分为日常试运行、异常筛查和停机确认三级[3]。每日开启前先空载运行，检查梯级完整性、安全装置状态及是否出现稳定的周期性异响；巡检发现变化后，记录方向、位置、客流条件和重复周期，并在同条件下复测声振。异常可重复且随链条移动时，安排目标区段停机检查；异常固定于某一空间位置时，先查导轨、梳齿及异物。该程序把故障征兆、区段定位和工艺处置串联起来：声振变化提供筛查线索，滚轮轨迹区分固定故障与移动故障，拆检结果再决定清洁润滑、张紧调整或部件更换，任何一级证据不足都不越级作出报废判断。梯级链故障分层识别与检修处置关系见图 1。

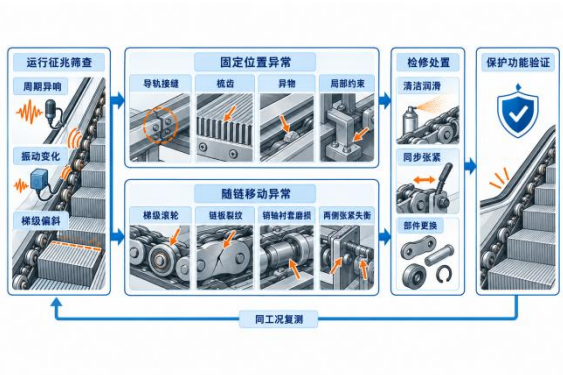


图 1 梯级链故障分层识别与检修处置关系

3.2 检修工艺改进：优化梯级链张紧与部件更换工艺

张紧调整应以制造商维护说明书为直接依据，两侧链条使用相同方法和基准，防止只消除一侧松弛却引入梯级偏斜[4]。典型作业先释放张紧组件的附加载荷，记录两侧弹簧组件或张紧位置，再逐侧调整；调整后按对应机型维护说明书规定的运行循环完成复测，重新测量并校正两侧差异，恢复服务前再完成规定循环和目视检查。部件更换前应确认故障是否来自链板、销轴衬套、滚轮轴承或链轮，不以打磨裂纹、强行校直等方式恢复承载件。更换完成后复装梯级，检查啮合、滚轮越过曲线段的顺畅性及张紧保护动作。空载试运行仍有周期冲击时，不应继续收紧链条掩盖异常，而应返回导轨和链轮检查。

3.3 运维流程改进：建立故障记录周期验证机制

故障记录应围绕可比较条件组织，包括设备编号、运行方向、客流状态、异常首次出现时间、重复周期、空间位置、测点与传感器安装方式、拆检部位及处置结果。记录的目的不是累积故障名称，而是把相同设备在相近工况下的变化联系起来。检修后应按原方向和相近条件重复声振与轨迹观察，并确认梯级驱动元件保护、张紧相关安全装置及梯级缺失或下陷保护功能有效。复测还应保留处置前相同测点与记录方式，防止测点变化造成误判。若异常减弱但仍可重复，应保留目标区段并缩短观察间隔；若更换件再次偏磨，则需检查两侧张紧、导轨对中和链轮状态。检修周期根据设备负荷、环境和历史趋势调整，不能仅按日历时间统一延长。

4 结语

地铁车站自动扶梯梯级链故障具有征兆分散、声源耦合和部位迁移等特点，单一目测或一次振动报警都不足以支撑检修决定。同工况声振趋势承担运行筛查，梯级滚轮轨迹用于区分固定位置异常与随链移动异常，停机拆检再核对链板、销轴衬套、滚轮、链轮和张紧装置，使故障判断逐步收敛到具体部位。检修工艺应落实两侧同步调整、完整循环后复测、承载件按要求更换及安全装置验证，并利用条件一致的历史记录修正检修周期。

参考文献：

[1] 付国平,元亚明.一种用于地铁站的自动扶梯在线监测与故障预判系统[J].中国电梯,2026,37(1):32-36.

[2] 孙博儒,史熙.自动扶梯梯路运行状态检测装置研制及其异常识别方法[J].机械设计与研究,2026,42(4):179-186.

[3] 年峰.自动扶梯梯级缺失及其保护功能失效的原因及预防措施[J].中国电梯,2025,36(6):58-61.

[4] 郑云,奚鹏,刘军.自动扶梯梯级撞击失效分析[J].市场监管与质量技术研究,2024,(5):12-14+19.