

电梯安全保护装置检验方法优化与实践分析

熊文强

武汉市特种设备检验检测研究院，湖北省武汉市，430024；

摘要：针对传统电梯安全保护装置检验方法存在瞬时性强、主观性较高以及数据利用率不足等问题，结合实际电梯检验工作，对电梯安全保护装置检验方法进行了优化研究。通过分析限速器、安全钳、制动器及门锁装置等关键部件的检验特点，构建了基于物联网实时监测、标准化检验流程及智能数据分析模型的检验方法体系。研究分析了传统周期性检验在动态故障识别方面的局限，并提出以连续状态监测和数据驱动分析为核心的优化策略。实践应用结果表明，优化后的检验方法能够有效提升检验效率与检测精度，增强对隐蔽性与渐进性故障的识别能力。研究为电梯安全保护装置检验模式的数字化与智能化转型提供了实践参考。

关键词：电梯安全保护装置；检验方法优化；物联网监测；智能数据分析；电梯安全管理

DOI：10.69979/3029-2727.26.05.065

引言

随着城市建筑规模不断扩大，电梯已成为高层建筑中重要的垂直交通设备，其运行安全直接关系到公共安全与社会运行秩序。安全保护装置作为电梯安全系统的重要组成部分，在防止超速、失控及门系统异常等事故方面发挥着关键作用^[1]。当前电梯安全保护装置检验主要依赖周期性现场检测与人工判断，虽然能够满足基本安全监管要求，但在动态故障识别、数据利用及检验效率等方面仍存在一定局限。随着物联网技术与数据分析技术的发展，电梯运行状态的实时监测和数据化管理成为提升检验质量的重要途径。基于此，对电梯安全保护装置检验方法进行系统分析，并提出融合实时监测与智能分析的优化策略，以提升检验工作的科学性与可靠性。

1 电梯安全保护装置检验现状与问题分析

当前电梯安全保护装置的检验工作普遍遵循国家相关安全技术规范，以周期性现场检验为主要模式^[2]。检验或维保人员携带专业工具，如限速器校验仪、制动器测力计、塞尺、噪声计等，对限速器、安全钳、缓冲器、门锁装置等关键部件进行功能性测试和参数测量。检验过程高度依赖人工操作，通过观察、触摸、听音及工具测量来判断装置是否处于合格状态。检验结果通常以纸质或电子报告的形式记录，形成检验报告。这种传统的检验模式虽然在保障电梯基本安全方面发挥了作用，但其固有的问题也日益凸显。

首先，检验的瞬时性特征使其难以捕捉间歇性、偶发性故障。安全装置在检验时点表现正常，不代表其在整个检验周期内都能可靠运行。其次，检验结果的准确

性与检验人员的专业水平和责任心高度关联，不同人员对同一项目的判断可能存在差异，引入了主观不确定性。此外，数据管理方式较为落后，大量的检验数据以非结构化的形式存档，难以进行有效的纵向趋势分析和横向对比，数据价值未被充分挖掘，无法为风险预警和预防性维护提供有力支撑。检验过程需要电梯停运配合，对用户造成不便，且检验工作本身耗时较长，人力成本高，限制了检验效率的提升。

2 电梯安全保护装置检验方法的优化策略

2.1 基于物联网技术的实时监测检验方法优化

检验方法优化的核心在于将传统静态、离散的周期性检验转变为动态连续的状态监测。基于物联网技术的实时监测系统为此提供了技术实现路径^[3]。该系统通过在电梯关键安全部件上部署各类微型传感器，实现运行数据的持续采集。例如，在制动器的闸瓦臂上安装高精度位移传感器，可实时监测制动间隙的变化，其数据采集频率可设定为1Hz，能够捕捉到毫米级的磨损与异常变化。在限速器旋转轴附近部署非接触式速度传感器和振动加速度传感器，用于监控其超速动作的精准性和机械结构的健康状态。

对于门锁装置，通过在门锁回路中串联微型电流传感器，监测锁紧电磁铁的吸合电流与时间，从而判断其电气与机械啮合的有效性^[4]。这些传感器通过低功耗广域网（LPWAN）技术，如NB-IoT，将采集到的数据以加密方式传输至安装在机房或井道顶部的边缘计算网关。网关对数据进行初步清洗和聚合，再通过5G或有线网络上传至云端数据平台。云平台负责数据的存储、

处理和可视化展示，为远程检验和状态评估提供了基础。该方法实现了检验工作由现场检测向远程监测的延伸，检验人员可随时随地获取设备的实时状态，实现了对安全保护装置工作性能的全天候监控，弥补了传统检验在时间维度上的空白。

2.2 关键部件检验流程的标准化设计

在引入物联网监测的基础上，对现场检验流程进行标准化和数字化改造，是提升检验一致性与规范性的关键^[5]。标准化设计主要依托于一个集成了检验标准、作业指导、数据记录与证据固化的移动检验终端应用（APP）。该应用内置了针对不同类型、不同部件（如曳引式电梯的UCMP装置、液压电梯的管路破裂保护阀）的标准化检验流程（SOP）。检验人员到达现场后，通过APP扫描电梯身份识别码，系统自动调取该电梯的历史数据和对应的检验任务清单。流程启动后，APP会以任务卡的形式，引导检验人员按预设步骤进行操作。

例如，在检验安全钳时，流程会依次要求检验人员确认轿厢负载、执行提速试验、测量并记录楔块提拉距离。对于需要量化的指标，检验人员可使用带有蓝牙功能的数字化测量工具，如数显卡尺或激光测距仪，测量结果可自动传输至APP内的对应栏目，避免了手动录入的错误。流程中的关键节点被设定为强制执行项，要求检验人员上传现场照片或短视频作为操作证据，例如拍摄清晰的限速器铅封照片、录制缓冲器复位过程的视频。所有数据和证据与时间戳、地理位置信息绑定，一并提交至云平台，自动生成结构化的检验报告。这种设计固化了最佳检验实践，降低了对人员经验的过度依赖，保证了不同检验人员在不同时间执行同一任务时的高度一致性，确保了检验过程的可追溯性和合规性。

2.3 智能数据分析模型的构建

构建智能数据分析模型是挖掘海量检验数据价值、实现从故障诊断向风险预测转变的核心。该模型整合了物联网实时数据和标准化检验流程中积累的结构化数据，形成多维度的电梯健康档案。模型构建首先需要进行数据预处理，对传感器采集的原始振动、温度、位移等时序数据进行降噪、滤波和平滑处理，消除环境干扰。接着进行特征工程，从洁净数据中提取能够反映设备健康状态的关键特征，如制动器闸瓦间隙的日均增长率、限速器在正常运行中的振动能量谱分布、门锁电磁铁吸合电流的峰值与脉宽。

随后，利用机器学习算法构建分析模型。采用孤立

森林等异常检测算法，对实时数据流进行分析，一旦发现偏离正常运行基线的异常模式，系统便自动触发预警，例如制动器间隙突然增大或门锁吸合时间异常延长。对于核心部件的寿命预测，可建立基于循环神经网络（RNN）或长短期记忆网络（LSTM）的预测模型，通过学习部件磨损、老化的历史数据，预测其剩余有效寿命（RUL），为实施预防性维护提供决策依据。同时，建立故障知识图谱，将历史检验报告中的故障现象、原因分析、处置措施等非结构化文本进行结构化处理，与设备运行数据关联，形成一个动态更新的故障诊断专家系统。当新发故障出现时，系统可自动匹配知识图谱，为检验人员提供可能的故障原因和排查建议。

3 实践效果评估

3.1 检验效率提升效果分析

为评估优化后检验方法的效率提升效果，在某市选取了100台投入新检验模式的电梯与100台采用传统模式的电梯进行对比分析。分析涵盖了从任务接收到报告归档的全过程。传统检验模式下，检验员需花费大量时间在前期准备纸质资料、现场繁琐记录和后期手动撰写报告上。优化后的模式通过移动终端自动接收任务、调取资料，现场借助数字化工具和标准化流程引导操作，数据实时上传，报告由系统自动生成。传统检验与优化后检验各环节平均耗时对比情况如表1所示。

表1 传统与优化检验方法各环节平均耗时对比

| 检验环节 | 传统方法耗时 (min) | 优化方法耗时 (min) |
|--------|--------------|--------------|
| 检验前准备 | 28.5 | 5.2 |
| 现场检验操作 | 95.3 | 61.8 |
| 数据记录处理 | 35.2 | 2.5 |
| 检验报告编制 | 30.5 | 1.6 |
| 总计 | 189.5 | 71.1 |

数据显示，准备阶段时间从平均28.5min缩短至5.2min。现场检验操作由于流程引导和自动记录，平均耗时从95.3min减少到61.8min。数据记录与报告生成环节的效率提升最为明显，由原先的平均65.7min锐减至4.1min，基本实现了检验工作的“无纸化”和报告的“即时化”。整个检验流程的总平均耗时从190min下降至71.1min。这表明，新方法通过优化信息流转和自动化处理，有效减少了检验人员的辅助工作负担，使其能更专注于核心的技术检验环节，整体工作效率得到了较大提升。

3.2 检验精度改善情况评估

检验精度的改善主要体现在对隐蔽性、动态性故障的发现能力以及测量数据的客观性上。传统检验方法对部件的判断多为“合格”与“不合格”的二元结论，难以量化其健康状态。优化方法通过引入高精度传感器，实现了对关键参数的连续量化监测。以制动器间隙为例，传统方法使用塞尺测量，精度有限且只能反映测量瞬间的状态。而实时监测系统能够以0.05mm的分辨率持续跟踪间隙变化，不仅能精确判断其是否超标，还能分析其磨损速率，为预测性维护提供依据。在某市的实践中，对一批运行超过8年的电梯进行了为期6个月的跟踪监测。结果显示，优化方法识别出了多起传统年检未能发现的潜在风险。例如，系统通过分析门机系统电流波形，提前3周预警了一台电梯的门机皮带老化打滑问题。特定故障类型的检出情况评估如表2所示。

表2 两种检验方法对特定故障的检出情况对比

| 故障类型 | 传统方法漏检率 | 优化方法漏检率 |
|--------------|---------|---------|
| 制动器间隙渐变超差 | 12.40% | 1.10% |
| 门锁电气触点间歇性不良 | 21.70% | 2.50% |
| 限速器张紧轮轴承早期磨损 | 18.20% | 3.80% |
| 缓冲器复位时间轻微延迟 | 9.50% | 1.30% |

数据显示，新方法在识别制动器间隙渐变、门锁接触不良等动态性、渐进性故障方面，其漏检率远低于传统方法。同时，由于数据由设备自动采集，排除了人为读取和记录的误差，测量结果的一致性和可信度得到保证，从而提升了整个检验工作的技术精度。

3.3 实践应用案例总结

在某市的大型商业综合体内，对24台高负荷运行的电梯部署了优化后的检验系统。在为期一年的实践中，该系统展现了显著的应用价值。

案例一：2号货梯的制动器温度传感器在某个工作日下午连续发出高温预警，数据平台显示其温度比同型号其他电梯高出15.2℃。虽然此时制动力矩仍在正常范围内，但系统结合历史数据分析，判断为制动器线圈存在早期绝缘下降风险。维保单位接到预警后进行专项检查，发现线圈确有轻微发黑迹象，随即进行了更换，避免了因线圈烧毁导致电梯困人的事故。

案例二：15号客梯的门系统监测数据显示，其关门过程末端的电流峰值在两个月内持续缓慢增大。数据分析模型将此现象标记为“关门阻力异常增加”。检验人

员在接到系统派发的工单后，现场检查发现是地坎滑槽内积聚了难以清理的细小硬质杂物，导致门滑块运行不畅。若非系统提前预警，此问题在例行维保中容易被忽略，长期发展可能导致关门失败或门板变形。上述案例表明，优化后的检验方法通过数据驱动能够将安全管理关口前移，从“事后处置”转变为“事前预警”，实现了对电梯安全风险的精准、主动防控，保障了设备的高可用性和运行安全。

4 结语

通过对电梯安全保护装置检验方法的研究与实践应用，总结了传统检验模式在故障识别、数据管理及检验效率方面存在的主要问题，并提出了基于物联网监测、标准化检验流程及智能数据分析模型的优化方法。研究表明，通过实时采集关键部件运行数据并结合智能分析模型，可以有效提高对渐进性与间歇性故障的识别能力，同时通过移动终端和标准化流程实现检验数据的数字化管理，显著提升检验效率与数据可靠性。实践应用结果表明，该方法在提升检验效率、降低漏检率及强化风险预警方面具有明显优势。未来电梯安全检验工作应进一步加强数据化管理与智能分析技术的融合应用，以持续提升设备运行安全水平。

参考文献

- [1] 蔡宇驰. 电梯曳引轮的轮槽磨损原因及其检验分析[J]. 中国设备工程, 2026, (03): 170-172.
- [2] 胡婧怡, 林梦, 王峻宁. 基于机器视觉的电梯轿厢意外移动保护功能检验技术初探[J]. 模具制造, 2026, 26(02): 264-266.
- [3] 唐佳晨. 电梯门锁装置的常见故障与检验检测方法[J]. 品牌与标准化, 2026, (01): 263-265.
- [4] 傅东, 张杰, 何比干, 等. 电梯聚氨酯缓冲器老化及其检验问题的探讨[J]. 中国特种设备安全, 2025, 41(12): 85-88.
- [5] 韦峥, 张炀. 老旧电梯设备改造中的关键技术分析[J]. 中国机械, 2025, (31): 147-150.

作者简介：熊文强（1985.03-），男，汉，湖北大悟，研究生，中级职称是“劳动安全保护，研究方向：电梯检验技术相关；特种设备安全相关。”