基于大数据分析的电梯运行风险预警与智能监管系统研究

金大明

（佳木斯市特种设备检验研究所，黑龙江 佳木斯 154002）

摘 要 随着新型城镇化推进，电梯保有量激增、老旧电梯增多，传统管控模式存在隐性风险预判不足、数据孤立、监管形式化等痛点，难以适配城市安全治理需求。本文结合大数据、物联网技术，开展电梯风险预警与智能监管系统研究，设计分层模块化架构，优化数据采集流程，构建量化风险研判模型及三级预警机制，开发核心功能模块并完成试点实测，以期为特种设备安全治理升级提供参考。结果显示，系统风险预判准确率达97.2%，可削减无效巡检工时、缩短应急响应时间、杜绝虚假维保，实现监管数字化转型。

关键词 大数据分析；电梯运行；风险预警；智能监管

中图分类号：TP311.13；TU857 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.27.010

0 引言

在国内新型城镇化进程中，电梯保有量持续攀升，老旧电梯占比也不断提高，这给特种设备安全防控工作带来了巨大压力。电梯险情与故障的发生，大多源于机械部件老化等隐性问题，以及人员管理环节的疏漏。传统电梯运营模式缺乏风险预判能力，已难以适配城市基层安全治理的需求。随着大数据等技术日臻成熟，为电梯行业从传统运营向数字化转型提供了有力支撑。这种转型能够打破数据孤岛，重塑行业运作流程。本文围绕电梯安全监管的现存难点展开深入研究，探寻问题核心与破解要点，兼顾理论创新与实践应用，旨在推动特种设备智慧监管向标准化方向迈进。

1 电梯运行安全管控现状及核心痛点溯源分析

1.1 全域电梯运维及监管基本现状

当前城市电梯已完成全场景部署，住宅、商业楼宇等高频使用场景中，电梯长期处于重载运行状态，日均启停次数及负荷强度呈持续增长态势。但行业运营模式仍未突破传统架构，监管层面依旧依赖属地市场监管部门的统筹协调，物业负责值守，第三方执行维保巡查并实施事后抢修，关键依靠线下人力，定期检查以及纸质台账。伴随电梯数量增长，老旧设备增多，运维人员短缺的情况加剧，这种传统模式的承载能力渐渐达到上限，日常运维漏洞变得越发明显[1]。大多中小城市并没有创建统一的电梯智能经营云端平台，每个小区各自独立开展运维工作，数据也存放在本地，不同地区之间无法相互传递数据，缺少全面的大数据分析能力，属地监管部门难以及时知晓电梯的真实情况。据相关行业统计，当前国内老旧电梯（使用年限超15年）占比已达28%以上，这类电梯多分布在老旧小区，运维资金不足、技术升级滞后，进一步加剧了传统管控模式的运行压力，也让数据孤立、监管滞后的问题更加突出。

1.2 传统电梯安全管控模式突出核心痛点

传统电梯运行感知缺乏隐性风险预判能力，只关注表面故障，难收集核心参数，对部件疲劳老化等隐性风险无定量分析依据，大部分都是隐患爆发后才应对，安全防护被动。运维数据零碎割裂，各楼宇电梯运维记录分散、格式繁杂、标准不一，时间轴有断裂，难依全面数据判断设备规律，管理决策靠经验[2]。监管部门未形成闭合执行体系，维保环节虚假行为频发，第三方维保单位为图简便省略流程，属地监管难线上核验，无法追溯作业情况，监管流于形式。应急协作效率低，故障发生后环节交接拖沓，易造成次生危害。例如：部分维保单位仅填写虚假巡检记录，未实际开展部件检测，导致电梯曳引机磨损、安全钳失效等隐性隐患长期未被发现，最终引发故障停运甚至人员被困事件。

1.3 大数据赋能电梯智能风控适配可行性研判

电梯具备全工况运行可量化，全要素可采集、全时段可追溯，与大数据聚类分析等技术契合度高。全

作者简介：金大明（1977-），男，本科，高级工程师，研究方向：特种设备检验检测。

面布置轻量化物联网采集终端，能自动获取机械、电气、工况、环境、运维等五类关键异构数据，云端凭借大数据计算能力自动执行多项操作，无需人工额外介入。该技术既适用于老式电梯加装改造，也适用于新装电梯一体化融合[3]。如今智慧城市等已形成全域算力架构，物联网专用网络覆盖广，硬件部署成本可接受、运维能耗低、兼容性强，具备全域规模化推广条件。

2 大数据风控核心理论与系统总体架构合规设计

2.1 电梯专用大数据风险研判核心基础理论

时序大数据序列分解理论符合电梯 24 小时持续运行的特点，把数据分成正常稳态，短期干扰以及长期恶化三个方面，这样能精确去除干扰数据，找到真正的恶化风险信号。多源异构数据融合聚类算法会把机械、电气、环境等多种不同种类的数据整合起来，并且执行量纲转换，化解适配障碍，从而加强风险判断的准确性[4]。设备全生命时段劣化损伤的定量评价理论按照电梯的出厂时间、运行负载、故障修理记录等情况，可实时计算单台电梯的剩余安全服役时长，据此划分安全风险等级，为差异化保养和精准监管提供定量数据支撑。

2.2 系统分层模块化总体合规架构设计

按照特种设备监管信息化创建的行业合规标准，采取分层耦合，模块化独立运维架构，全面考虑数据输送安全等诸多需求，全域分四层核心架构协同运作，现场全域感知采集层为前端基本底座，在电梯关键点位设置各类传感器，超低能耗随时采集毫秒级高精度的运行原始数据，本地边缘节点先行处理，减轻云端输送负担。云端大数据融合研判层装有专用算力中台，关联安全专网，执行多源数据的整合、清理等工作，而且装有推断引擎，及时生成两级风险研判报告。分级风险警报联动层划分出三级标准化警报等级，对应不同的应对策略，防止出现无效发送情况。政企协同智能监管形成层针对四类主体，依循权限适配各种终端，做到全流程无纸化办公。

2.3 系统核心安全合规配套设计

特种设备数据安全及用户隐私保护方面需符合相关规定，为此新增了数据加密、权限分级以及日志溯源这三项安全辅助设计。数据传送时经由专网加密链路来防止工况数据、楼宇位置信息和运维人员信息泄漏；在后台执行最小权限分级管理，监管端、物业端和维保端的权限彼此独立并分开设置，一旦出现越界操作就会立即留下痕迹；运维、警报处理相关数据均会自动归档保存，而且溯源日志不允许被改动，从而满足特种设备年度合规审查的要求[5]。

3 电梯运行大数据采集优化与风险研判模型构建

3.1 多源运行大数据精准采集与轻量化预处理优化

数据的精准度影响到风险警报是否真实，要规避传统采集存在的不足，本文改良了全域采集的全流程控制机制。前端硬件采用工业级低功耗传感终端，这种终端适合电梯机房复杂的环境状况，可以 24 小时不间断地采集五类关键数据，机械运行方面（曳引轴承振动烈度）、电气运行方面（制动回路工作电流）、工况负荷方面（单日启停次数）、环境附属方面（机房当时的温湿度）、运维台账方面（历史修缮记录）都有涉及。边缘端安排了轻量化的预处理算法，随时去除因人员走动等人为因素造成的异常数据，填补网络中断期间的序断点，把数据格式统一并加密传送到云端计算力中台，从而为精确判断形成稳固的数据基础。

3.2 大数据电梯量化风险研判模型精准构建

摒弃传统基于固定阈值的风险判断范式，创建动态自适应的大数据风险评判模型。先进行健康基线自学习标定，选取优质电梯收集 15 天稳态数据，形成健康工况基准曲线以改善适配。接着对立体度风险因子加权赋值，依据行业台账确定高危因子，按事故致险权重差异赋予不同数值。再将动态风险评分定量呈现，关联当前运行数据、过往记录及环境因素，算出电梯 0 分～ 100 分的健康得分，对应三级警报等级。此外，模型需持续更新强化，每阶段纳入最新故障处理和楼宇工况数据，通过反向调整算法参数，降低警报误报与漏报率，确保研判准确。

3.3 三级联动、分级预警、闭环响应机制落地设计

基于风险研判模型计算的电梯健康得分，构建标准化三级联动、分级预警、闭环响应机制，明确各等级预警的处置流程、责任主体与时间要求，实现“预警—处置—核查—归档”的全流程闭环管理，杜绝预警流于形式。当电梯健康得分为 80 分～ 100 分，处于绿色常态平稳等级时，系统自动实时记录电梯运行工况数据，每周生成标准化健康简报，明确电梯运行状态、关键部件损耗情况，无需人工干预，自动纳入常态化月度检查台账，实现电梯运行状态的动态监测。当健康得分为 60 分～ 79 分，处于橙色重点提示等级时，系统在政企协同监管平台弹出醒目标识提示，同步向物业运维岗位、维保片区专员发送指向性预警短信，明确标注隐患部位、疑似问题及初步处置建议，要求

相关人员在24小时内赶赴现场开展专项核查，通过移动端上传现场检测数据、隐患照片及核查报告，完成归档流程，确保隐患早发现、早处置。当健康得分低于60分，处于红色紧急联合等级时，系统立即启动电梯现场声光报警装置，同步在云端监管平台发出紧急告警信号，支持一键联动监管部门、物业、维保单位相关负责人，第一时间切断电梯运行电源，禁止电梯继续使用，维保人员需在1小时内赶赴现场开展抢修工作，抢修完成并经线上核验合格后，方可解除电梯运行封锁，全程记录处置过程，确保应急处置规范、高效，防范重大安全事故发生。

4 智能监管功能模块开发与现场实操部署

4.1 全链条智能监管核心模块化功能开发

针对监管履职、运维提质、应急提速、溯源合规四大迫切需求，开发含五大轻量化实用核心功能模块的系统。该系统符合一线人员简便操作要求，无需专业技术培训即可使用。全域态势可视化一张图模块整合辖区在用电梯信息，在电子地图全面标注，方便监管人员掌握安全状况；维保线上闭环溯源管控模块让维保人员扫码签到、上传数据，后台自动对比核查，杜绝虚假维保；故障智能研判辅助判断模块精准定位故障并发送抢修方案；应急救援一键协同调度模块在人员被困呼救时自动同步信息、调集救援力量；合规统计自动报表模块自动生成报告台账，配合合规资料，大幅减少人工统计工作量[6]。

4.2 现场低成本实操部署适配方案优化

针对老旧小区改造预算较少，要符合楼宇标准化适配需求，需制订出成本低、停工少、快速上线的实用执行方案。存量的老旧电梯不用拆除原来的控制柜，可以外挂无感加装传感终端，这种终端无需布线，无线加密传送，安装单梯只需不到2小时，不会影响居民正常的出行。新安装的电梯可直接与厂家预先留好的数据接口相接，内置一体化采集模块，出厂前就已适配好对接云端平台，以后无需改造扩容，云端平台利用当地既有的智慧城市特种设备专网计算能力基础，不用增添独立服务器硬件设备，按照需求灵活扩充计算资源，极大地削减了全区域落实创建的成本。伴随线下简易运维培训的推出，物业和维保人员会得到一对一的指导，帮助他们操作移动端以及后台的基础功能，这样就能确保系统一上线就能稳定高效地运行。

4.3 实测运行成效多维度数据核验分析

选取某城区3个老旧小区，2栋超高层写字楼以及1处商圈综合体中的216台在用电梯执行为期6个月的全域试点实测，核验系统的实际操作成果，实测数据显示，风险隐患的预先判断准确率达到97.2%，可以精准地提前7天到15天识别部件劣化，回路异常等隐性隐患，没有出现过一起电梯涉险安全事故。人工无效巡检工时削减了62%，物业运维人力成本下降，维保靶向作业效率明显改善，虚假维保台账违规问题得以清除，维保履职合规率达到100%，监管履职过程具备追溯性和可核查性。突发困人应急救援的平均响应时间被缩减到8分钟之内，群众的安全满意度得到大幅改善，系统运行稳定未出现宕机情况，数据输送既安全又合规，不存在隐私及工况数据泄漏的现象，完全符合全域大规模常态化开展应用的标准[7]。

5 结束语

本文着眼于电梯安全监管、老旧设备控制以及四方协同运维所存在的痛点、难点和堵点，并结合大数据分析、物联网感知等关键技术，形成分层架构、模块化适配的电梯运行风险提示与智能监管统一系统。经由实际考察试验可知，此系统可解决传统控制环节中的数据孤岛、预测迟缓等问题，做到精确的风险防控，缩减基层运维开支，约束维保活动，稳固民众生命财产安全防线。未来，通过更新极限工况适配算法，加强跨主体间的数据协作，填补偏远地区运维方面的不足，优化系统整体适应能力等，推进该系统全面覆盖应用，助力城市特种设备安全治理朝着数字化方向发展，保障群众出行安全，筑牢智慧城市基层安全治理根基。

参考文献：

[1] 高利平,张颖.基于大数据分析的电梯安全风险监测与评估系统的开发与应用[J].中国电梯,2025,36(07):63-65,69.
[2] 冯国顺.基于大数据分析的电梯设备运行监控系统研究[J].现代制造技术与装备,2025,61(06):47-49.
[3] 王军泉,刘洲平,谢凡,等.例说基于RBI的现场技术勘验和大数据分析在电梯故障分析中的应用[J].中国电梯,2025,36(03):37-40.
[4] 吴文祥,岑果,陈少雄,等.电梯大数据决策分析系统的设计及应用[J].中国电梯,2021,32(06):16-21.
[5] 李维.电梯检验中的危险源与安全保护措施分析[J].中国设备工程,2026(07):163-165.
[6] 姚忠龙.电梯块式制动器铁芯卡阻原因分析及预防[J].特种设备安全技术,2026(02):49-50.
[7] 刘万康.基于物联网技术的电梯风险预警与智慧检验模式研究[J].模具制造,2026,26(04):255-257.