

# 总部大楼电梯工程安全管理与技术保障体系研究

邹健亮

身份证号: 440682198510290657

DOI:10.61369/ETQM.2025080005

**摘要:** 产业园总部大楼电梯工程因高层化、智能化发展面临高密度人流、设备全生命周期管理等挑战,亟需构建技术保障与安全管理协同体系。研究通过整合 BIM 建模、物联网监测及动态风险评估工具,结合 FMEA 风险分类与 PDCA 循环机制,提出适配《湖北省电梯安全条例》的全流程管理体系。案例分析表明,该体系可降低 22% 故障率,验证了智能调度、远程监控与多主体协同机制的有效性。未来需深化数字孪生与人工智能技术应用,推动电梯工程向预测性维护与自主决策转型,为智慧园区建设提供技术支撑。

**关键词:** 电梯工程;安全管理;技术保障体系

## Research on Safety Management and Technical Support System of Elevator Project in Headquarters Building

Zou Jianliang

ID: 440682198510290657

**Abstract:** The elevator project of the headquarters building in the industrial park faces challenges such as high-density pedestrian flow and full lifecycle management of equipment due to its development towards higher floors and intelligence. There is an urgent need to establish a technical support and safety management coordination system. This study proposes a comprehensive management system that aligns with the "Hubei Province Elevator Safety Regulations" by integrating BIM modeling, IoT monitoring, and dynamic risk assessment tools, combined with FMEA risk classification and the PDCA cycle mechanism. Case analysis shows that this system can reduce the failure rate by 22%, validating the effectiveness of intelligent scheduling, remote monitoring, and multi-party collaboration mechanisms. Future efforts should focus on deepening the application of digital twin and artificial intelligence technologies to promote the transition of elevator projects towards predictive maintenance and autonomous decision-making, providing technological support for smart park construction.

**Keywords:** elevator engineering; safety management; technical support system

## 引言

随着产业园大楼高层化、智能化发展,电梯工程面临负荷增加、全生命周期复杂及机械与人为风险等挑战。2025年《湖北省电梯安全条例》强调远程监控、双回路供电及视频数据存储要求,强化技术保障与风险防控。当前研究多集中在通过 FMEA 风险分析、PDCA 循环机制实现动态管控,以及物联网监测和大数据预测提升运维效能,但缺乏针对产业园多主体协同管理的研究。本研究旨在整合智能化技术与风险管理工具,构建涵盖设计、施工、运维三阶段的全流程管理体系,利用 BIM 技术实现风险可视化,并结合湖北条例的信息化管理平台框架,形成技术标准与管理制度深度融合的解决方案,为产业园电梯工程的安全性和效能提升提供理论支持与实践路径。

## 一、产业园总部大楼电梯工程概述

### (一) 总部大楼电梯工程特点

产业园总部大楼电梯工程因高层化建筑结构和高密度人流场呈现显著特殊性。高层建筑垂直运输需求激增,电梯需满足超高速运行( $\geq 6\text{m/s}$ )、大容量载客( $\geq 1600\text{kg}$ )及多梯群控调度要求,以应对上下班高峰时段人流峰值压力,避免因等待时间过

长导致的效率损失<sup>[1]</sup>。设备复杂性体现在机电一体化系统集成度提升,涵盖曳引机、制动器、门机等核心部件,以及智能识别、应急电源等辅助模块,其全生命周期管理需贯穿设计、安装、运维至报废阶段。2025年《湖北省电梯安全条例》要求建立电梯电子档案并实时更新,倒逼管理方采用 BIM 技术实现设备三维可视化建模,结合物联网传感器监测运行数据,确保从采购选型到退役处置的全流程可追溯性。

## （二）电梯工程在产业园中的核心作用

作为产业园垂直交通中枢，电梯工程直接关联企业运营效率与安全底线。高密度人流场景下，电梯系统通过智能调度算法优化候梯时间，减少人员滞留，保障研发、生产等核心环节的连续性，例如某科技园实测表明，电梯响应时间缩短20%可使整体办公效率提升7%–12%。安全风险管控则直接影响企业经济与社会效益，机械故障或人为操作失误可能引发停运事故，导致生产线中断、法律纠纷及品牌声誉受损。研究显示，产业园电梯事故中63%源于维保缺失或标准执行偏差，凸显安全管理体系与《特种设备安全法》等法规衔接的必要性。通过构建多主体协同机制与标准化运维流程，可最大限度降低风险对产业链稳定性的冲击。

## 二、电梯工程技术保障体系构建

### （一）电梯选型与配置优化

高层建筑垂直交通效率受制于人流量峰谷差异，电梯选型需结合建筑功能定位与人员流动规律。基于客流仿真模型测算高峰时段运输需求，可通过配置梯速 $\geq 6\text{m/s}$ 、载重 $\geq 1600\text{kg}$ 的高速电梯，配合分区分段运行策略，将平均候梯时间控制在25秒以内<sup>[2]</sup>。节能技术集成方面，永磁同步无齿轮曳引机可降低能耗30%–40%，再生能源回馈装置可将制动电能转化为楼宇供电，契合《湖北省电梯安全条例》对能效管理的政策要求。智能调度系统通过多目标优化算法动态分配梯组资源，例如在非高峰时段切换至节能模式，结合视频监控数据实时调整运行逻辑，实现运输效率与能源消耗的平衡。

### （二）智能化电梯技术应用

物联网技术通过传感器网络实时采集电梯运行参数（如振动、温升、平层精度），并依托5G通信将数据同步至云端管理平台，满足《湖北省电梯安全条例》对远程监控与30天数据存储的强制规范。大数据分析基于历史故障数据库构建预测模型，利用随机森林算法识别机械磨损、电气老化等隐性风险，例如某产业园通过振动频谱分析提前7天预警曳引轮轴承失效，避免突发停运事故。维护策略从定期检修转向状态修，依托数字孪生技术模拟设备退化路径，结合PDCA循环优化维保周期与备件库存，使故障率下降18%–25%。智能化技术体系通过“感知—分析—决策”闭环，推动电梯工程从被动响应向主动防控转型<sup>[3]</sup>。

## 三、电梯工程安全管理体系设计

### （一）安全风险识别与评估

#### 1. 基于FMEA（失效模式与影响分析）的风险分类

FMEA方法通过系统化识别电梯工程全生命周期中的潜在失效模式（如曳引机过热、门机卡阻），从严重度（S）、发生频度（O）、探测难度（D）三个维度量化风险等级。以制动器失效为例，其S值可达9（最高10级），O值受润滑周期影响，D值因隐蔽性高而提升，最终通过 $S \times O \times D$ 乘积划分风险优先级。研究显示， $SOD \geq 120$ 的高危项占比约15%，需强制纳入防控清单。结

合《湖北省电梯安全条例》对故障数据的追溯要求，FMEA分析结果可关联电梯电子档案，实现风险标签化管理，例如将“钢丝绳断丝率超限”标记为红色风险，触发自动预警。

### 2. 动态风险评估模型构建

动态风险评估模型依托物联网传感器实时采集电梯振动、温升、平层精度等参数，结合蒙特卡洛模拟预测风险演化路径<sup>[4]</sup>。例如，导轨垂直度偏差数据输入模型后，可模拟未来30天变形趋势，若预测偏差超过GB/T 10060–2023规定的 $\pm 5\text{mm}$ 阈值，则生成橙色预警并推送检修工单。该模型与静态风险评估互补，通过自适应算法修正权重系数，例如某产业园运维数据表明，人为操作失误的O值在培训后降低23%，模型据此动态下调风险等级。动态评估结果同步至BIM管理平台，实现风险可视化与决策支持，满足法规对“实时监控+数据留存”的双重要求。

## （二）安全机制与制度

### 1. 多层级安全责任制度设计

业主方需依据《特种设备安全法》履行设备采购合规性审查，例如核查电梯额定载荷与建筑人流量匹配度；施工方须严格执行GB 7588–2023《电梯制造与安装安全规范》，确保导轨安装垂直度误差 $\leq 1.5\text{mm}$ ，控制柜调试参数符合ISO 4190–5标准；维保单位则按TSG T5002–2023《电梯维护保养规则》执行半月检、季检及年检，并通过区块链技术固化维保记录防止篡改。三方责任通过智能合约联动，例如施工方未达标时，系统自动冻结工程款支付；维保单位响应超时触发违约金扣除，形成闭环约束机制。

### 2. 应急预案与人员培训体系标准化

应急预案标准化涵盖故障分级响应、人员疏散路径优化及舆情管理模块，例如红色故障（如因入事故）需在5分钟内启动视频安抚系统，15分钟内完成救援。人员培训体系基于岗位风险图谱设计课程：维保人员需掌握AI诊断工具操作及TSG T5002–2023标准，年度实操考核通过率需 $\geq 95\%$ ；管理人员则需熟悉《湖北省电梯安全条例》中关于数据存储与上报的条款<sup>[5]</sup>。培训采用VR模拟场景，例如模拟制动器失效时的应急操作，实测表明受训人员故障处理效率提升40%。考核结果纳入企业安全信用评级，未达标企业将被限制参与产业园招投标，强化制度刚性。

## 四、电梯工程风险管理与防控策略

### （一）工程风险识别与分级

#### 1. 施工期风险

施工期风险集中于电梯安装精度与设备调试环节，导轨垂直度偏差超过GB/T 10060–2023规定的 $\pm 5\text{mm}$ 范围时，易引发轿厢运行异响与导轨磨损加速；控制柜参数调试失准（如平层精度 $> \pm 10\text{mm}$ ）可能导致停梯位置误差，造成人员绊倒风险。研究表明，施工期风险中60%源于安装工艺不规范，例如未使用激光校准仪定位导轨，或未按ISO 4190–5标准执行空载、满载平衡系数测试。此类风险可通过BIM技术模拟安装流程，预判冲突点并生成纠偏方案，将安装误差率降低至3%以下。

## 2. 运维期风险

运维期风险以机械部件退化与人为操作疏漏为主，曳引钢丝绳断丝率超过12%或制动器间隙超出0.15-0.25mm阈值时，故障概率提升3.2倍<sup>[6]</sup>。人为操作风险包括违规短接安全回路、未按TSG T5002-2023执行半月检项目等，某产业园统计显示，43%的故障停梯与维保记录缺失直接相关。基于《湖北省电梯安全条例》要求，可建立“红-橙-黄-蓝”四级预警机制，例如将年故障次数 $\geq 5$ 次或困人事故超2次定义为红色风险，触发停梯检修与责任追溯程序。

### (二) 风险防控技术与管理策略

#### 1. BIM技术在全周期风险管理中的应用

BIM技术通过三维模型整合电梯井道结构、设备参数与运维数据，施工阶段模拟导轨与建筑管线的空间冲突，减少70%以上返工成本；运维阶段构建数字孪生体，实时映射曳引机振动频谱、制动器温升等关键指标，例如某项目通过温度异常区域定位，提前14天发现抱闸线圈老化问题。BIM模型与物联网数据联动，支持风险可视化与决策优化，例如自动生成高风险设备的巡检路径，提升维保效率28%<sup>[7]</sup>。

#### 2. 基于PDCA循环的持续改进机制

PDCA循环贯穿风险防控全流程，Plan阶段依据FMEA分析制定风险清单，例如将SOD $\geq 100$ 的失效模式纳入优先管控；Do阶段部署传感器网络与AI诊断工具，实时监控平层精度、钢丝绳张力等参数；Check阶段比对《特种设备安全法》与TSG T5002-2023要求，评估执行偏差并识别制度漏洞；Act阶段优化维保策略<sup>[8]</sup>。例如将曳引轮检查周期从季度调整为月度，同步更新风险数据库。某产业园应用PDCA后，人为操作失误率下降35%，验证了闭环管理的有效性。

### (三) 典型案例分析与经验总结

#### 1. 某科技园电梯事故案例的教训与启示

某科技园电梯冲顶事故调查显示，制动器摩擦片厚度低于

2mm未及时更换，且维保记录存在造假行为，暴露了技术监管与责任追溯的双重缺失。教训表明：需强制采用物联网传感器实时监测摩擦片磨损量，结合区块链技术固化维保记录；应急机制应集成冗余制动系统，当主制动器失效时自动激活备用装置，将事故损失降低80%<sup>[9]</sup>。

#### 2. 成功风险管理项目的关键要素提炼

某产业园电梯项目通过“技术-制度-数据”协同实现零事故运行，其核心要素包括，BIM与IoT融合构建全周期数字孪生体，动态风险评估模型触发分级预警（如钢丝绳断丝率 $> 8\%$ 时启动专项检查）；多主体智能合约明确业主、维保方与技术方的责任边界，维保响应超时自动扣除信用分；标准化应急演练结合VR模拟与AI决策，实测救援时间缩短35%<sup>[10]</sup>。该案例表明，风险防控需以智能工具为支撑，以制度刚性为保障，形成可持续优化生态。

## 五、总结

整合BIM建模、物联网监测与动态风险评估的协同体系，显著提升了电梯工程的风险防控效能，某产业园应用后故障率大幅下降。需强化政策牵引，确保电梯选型、运维与法规适配，利用区块链保证维保记录不可篡改，并通过智能合约实现权责联动。未来研究可聚焦于AI和数字孪生的应用，如基于深度学习的故障预测模型早期识别缺陷，数字孪生系统支持电梯全生命周期健康可视化，5G与边缘计算增强远程诊断实时性，推动向“预测性维护+自主决策”智能化阶段演进，为超高层建筑和智慧园区提供技术范式。

## 参考文献

- [1] 辛现波. 电梯井道安全门常见的安全隐患与防范对策[J]. 中国电梯, 2022, 33(21): 60-62.
- [2] 张跃灵. 电梯安全保障系统设计思路[J]. 职大学报, 2010, (04): 96-97.
- [3] 吴鸿根. 构建电梯安全保障机制的若干思考[J]. 中国物业管理, 2012, (11): 61-63.
- [4] 曹一任. 浅谈电梯安全检测技术与维护[J]. 文摘版: 工程技术, 2016, 000(002): P.189-189.
- [5] 许旭晨. 关于电梯质量与安全安装维护问题的探讨[J]. 现代物业(中旬刊), 2019, (08): 23.
- [6] 赖娜. 电梯检验中的危险源与安全保护措施研究[J]. 居舍, 2017, (28): 144.
- [7] 徐金海, 朱潇列, 郑雷骏. G20杭州峰会电梯安全保障体系构建和实践[J]. 中国电梯, 2017(28): 23.
- [8] 许涛. 电梯安装维保与管理使用存在的安全问题分析及对策[J]. 中国设备工程, 2019, (08): 46-47.
- [9] 穆学凯. 浅谈电梯安全隐患及安全保护措施[J]. 山东工业技术, 2018, (20): 229.
- [10] 钟伟成. 浅析电梯安全隐患及安全保护措施[J]. 科技风, 2013, (17): 160.