 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i1.8977

Design of Safety Monitoring and Early Warning System for Elevator in High-rise Building Construction

Lipeng Xu

State Nuclear Power Planning and Design Institute Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract

High-rise construction elevators operate in complex environments with significant risks, where accidents may cause severe losses. A scientifically designed safety monitoring and early warning system is therefore essential. This system enables real-time monitoring of equipment status, preemptively mitigates safety risks, safeguards workers' lives and property, and enhances construction safety management efficiency. The paper focuses on system design, advancing optimization through three core strategies: refining a comprehensive monitoring parameter framework, optimizing high-stability real-time data transmission protocols, and improving high-precision early warning algorithms. These measures achieve full coverage of key operational indicators, efficient data transmission, and precise risk alerts, establishing a robust technical safeguard for safe elevator operations in high-rise construction.

Keywords

high-rise building construction; elevator safety monitoring; early warning system design

高层建筑施工升降机安全监测预警系统设计

徐立鹏

国核电力规划设计研究院有限公司，中国·北京 100000

摘　要

高层建筑施工升降机作业环境复杂、风险隐患突出，安全事故易造成严重损失，设计科学的安全监测预警系统至关重要。该系统可实时把控设备运行状态，提前规避安全风险，保障施工人员生命与财产安全，助力施工安全管理提质增效。本文围绕系统设计展开，从完善全维度监测参数体系、优化高稳定实时数据传输方案、改进高精度预警算法三大核心策略推进优化设计，实现对升降机关键运行指标的全面监测、数据高效传输与风险精准预警，为高层建筑施工升降机安全作业筑牢技术防线。

关键词

高层建筑施工；升降机安全监测；预警系统设计

1 引言

高层建筑施工中，升降机是垂直运输核心设备，作业工况复杂、荷载多变，易引发坠落、倾翻等安全事故，威胁人员财产安全，安全管控尤为关键。传统人工监测存在滞后性、疏漏性，难以满足高危作业需求，构建科学的安全监测预警系统迫在眉睫。本文聚焦该系统设计，从监测参数、数据传输、预警算法三方面优化，为升降机安全运行提供技术支撑，助力提升高层建筑施工安全管理水平。

【作者简介】徐立鹏（1983–），男，中国山东海阳人，本科，工程师，从事水利工程、施工围堰工程、取排水工程、防波堤工程、码头工程、建筑工程等研究。

2 高层建筑施工升降机安全监测预警系统设计的重要性

在高层建筑施工场景中，施工升降机是连接地面与高空作业面的关键枢纽，承担着人员、物料垂直运输的重要任务。相较于低层建筑施工，高层建筑施工周期长、作业环境复杂、升降机运行负荷大且高度高，其运行过程中面临的安全风险因素更多，如超载运行、超速升降、导轨架失稳、制动失效等，一旦发生安全事故，往往会造成重大人员伤亡和财产损失。据相关数据统计，近年来建筑施工领域的安全事故中，约 30% 与施工升降机运行异常相关，其中高层建筑场景的事故发生率显著高于低层建筑。

安全监测预警系统作为施工升降机安全管控的“智慧防线”，其核心价值在于实现对升降机运行状态的实时感知、风险识别与提前预警，从被动应对事故转变为主动防控风险。一方面，该系统能够实时采集升降机运行过程中的关键参数，如载重量、运行速度、升降高度、导轨垂直度、制动

状态、电机温度等，通过数据分析及时发现潜在安全隐患，并以声光报警、短信通知等方式提醒现场管理人员采取措施，避免事故发生；另一方面，系统可对运行数据进行存储与追溯，为事故排查、责任认定提供数据支撑，同时通过数据分析优化升降机调度与维护方案，提升设备运行效率与使用寿命。此外，在高层建筑施工安全监管日益严格的背景下，安全监测预警系统的应用是落实安全生产主体责任、符合行业监管要求的重要举措，对于提升建筑施工企业安全管理水平、树立良好企业形象具有重要意义。

3 高层建筑施工升降机安全监测预警系统的优化设计策略

3.1 完善监测参数体系，实现全维度风险覆盖

结合高层建筑施工升降机高空作业、长期负荷运行、作业环境复杂多变的核心特点，以及超载、结构失稳、恶劣天气诱发事故等典型安全风险点，亟需构建一套覆盖设备运行状态、结构稳定性、作业环境三大核心维度的全周期监测参数体系，彻底消除传统监测模式下的风险识别盲区，实现对安全隐患的精准感知与提前预判。在设备运行状态监测维度，需在传统载重量、运行速度、升降高度等基础参数监测的基础上，进一步细化关键动力与传动系统的参数监测颗粒度。其中，制动系统作为升降机安全运行的最后一道防线，需重点增设制动间隙、制动压力、制动盘温度三项核心参数监测，实时掌握制动系统的磨损程度与工作状态，避免因制动失效引发坠落事故；电机作为动力核心，需同步监测运行电流、工作电压及机壳温度，及时发现电机过载、短路、过热等异常工况；液压系统则需监测油压波动与油温变化，防范因液压油泄漏、管路堵塞等问题导致的升降顿挫或失控。在结构稳定性监测维度，针对高层建筑施工中导轨架随建筑高度增加易出现累积变形、附墙架长期受振动影响易松动的痛点，增设高精度导轨架垂直度监测传感器与附墙架拉力 / 压力传感器，通过实时采集导轨架不同高度段的垂直度偏差数据，动态追踪结构变形趋势，同时精准感知附墙架与建筑主体连接的紧固状态，杜绝因结构失稳引发的倾覆事故。在作业环境监测维度，充分考虑高层建筑高空风速大、天气突变风险高的特点，新增风速传感器、雨量传感器及雷电监测模块，其中风速传感器需具备实时监测瞬时风速与平均风速的功能，当风速超过升降机安全运行阈值时立即触发预警；雨量与雷电监测模块则可联动升降机控制系统，在暴雨、雷电等恶劣天气下强制停机，保障设备与人员安全。为确保监测数据的准确性与可靠性，需全面选用工业级高精度传感器，优先选择具备抗粉尘、抗振动、抗潮湿性能的设备。例如，采用激光测距传感器实现升降高度的毫米级精准测量，其测量误差可控制在 ±0.1mm 以内，能精准匹配高层建筑高空作业的高度管控需求；选用应变片式拉力传感器监测附墙架连接应力，该类传感器具备高灵敏度与强抗干扰能力，可精准捕捉附墙架因振动、负荷变化产生的微小应力变化，为结构稳定性判断提供精准数据支撑。

3.2 优化数据传输方案，提升实时性与稳定性

数据传输的实时性与稳定性是高层建筑施工升降机安全监测预警系统发挥作用的关键前提，针对高层建筑施工现场钢筋混凝土结构密集、高空遮挡严重、电磁环境复杂导致无线通信信号易受干扰、传输易中断的突出问题，需从通信架构、硬件配置、协议优化多维度发力，优化数据传输方案，核心采用“双通信模块冗余设计”，构建全天候、高可靠的传输链路，全面提升数据传输质量。在通信模块选型上，选用工业级高性能 5G 通信模块作为主通信通道，依托 5G 技术低至 10 毫秒级的端到端延迟、千兆级的峰值速率及广域覆盖特性，可实现海量监测数据（如多传感器实时采集的运行参数、结构应力数据）的高速、同步传输，确保监控中心能实时掌握升降机运行动态；同时配套部署 LoRa 低功耗广域网通信模块作为备用通道，LoRa 技术具备超强的抗干扰能力和超远距离传输优势，在施工现场 5G 信号被遮挡或基站故障时，可自动切换至 LoRa 通道，保障核心安全数据（如制动失效、超载等紧急预警信息）传输不中断，形成“主备互补、无缝切换”的冗余保障机制。为进一步强化信号覆盖效果，在升降机轿厢顶部、导轨架每隔 30 米高度段及施工现场监控中心周边等关键位置，增设高增益信号增强器，通过信号放大与中继传输，破解高空作业面信号衰减难题，提升通信链路的稳定性。针对极端情况下远程通信完全中断的风险，在升降机本地控制器中集成大容量数据缓存模块，采用 Flash 存储介质，可实现连续 72 小时监测数据的本地备份，待通信恢复后自动触发数据补传，确保监测数据的完整性与可追溯性。此外，对数据传输协议进行深度优化，采用轻量级 MQTT 协议替代传统 TCP/IP 协议，降低数据传输开销，同时引入 LZ77 压缩算法对监测数据进行实时压缩，将数据量缩减 60% 以上，进一步降低传输延迟，确保超载、超速、结构失稳等紧急预警信息能在 1 秒内同步送达现场管理人员手机终端与远程监控中心，为应急处置争取宝贵时间，全面保障升降机运行安全。

表 1 高层建筑施工升降机数据传输优化方案表

优化维度	关键措施	实现效果
通信架构	双通信模块冗余设计（5G 为主、LoRa 为备）	全天候高可靠传输，主备无缝切换
硬件配置	增设高增益信号增强器 + 本地大容量缓存模块	破解高空信号衰减，保障数据完整可追溯
协议优化	采用 MQTT 协议 +LZ77 数据压缩算法	降低传输开销，紧急预警 1 秒内同步送达

3.3 改进预警算法，提升预警精度

预警算法是高层建筑施工升降机安全监测预警系统的核心中枢，其精度直接决定风险防控的有效性。针对当前多数系统采用静态阈值判断导致的误报、漏报问题，需深度融

合先进数据分析与人工智能技术，推动预警算法从“静态阈值判断”向“动态智能预警”的根本性转变，实现对复杂风险的精准识别与高效响应。核心优化方向为基于机器学习算法构建多维度运行风险预警模型，模型训练需整合海量历史运行数据（涵盖不同工况、环境、设备老化阶段的参数数据）与典型事故案例数据，通过算法迭代让模型精准学习载重量、运行速度、导轨垂直度等多参数间的耦合关联关系，掌握风险从萌芽到爆发的演变规律。例如，在超载风险判断中，不再单一依据固定载重阈值，而是结合运行速度、升降高度、电机负载等参数进行融合分析，精准区分瞬时载重波动与持续性超载；在结构风险预警中，通过对导轨架垂直度历史数据的趋势拟合与偏差速率分析，提前预判变形发展方向，将预警节点前移至风险萌芽阶段，避免因渐变式变形累积引发恶性事故。同时，构建动态阈值调整机制，系统可根据升降机实时运行工况（空载 / 满载、上行 / 下行、匀速 / 加速）、运行高度（低楼层 / 高空作业）及环境条件（风速、温度），自动适配各监测参数的预警阈值区间，大幅降低因静态阈值刚性约束导致的误报现象，提升管理人员对预警信息的信任度与处置效率。此外，建立科学的分级预警机制，依据风险危害程度、发展速度将预警信息划分为一般预警、较重预警、严重预警三个等级，并匹配差异化响应策略：一般预警（如轻微超速、参数小幅波动）采用现场声光报警，提醒轿厢内人员与地面调度员注意；较重预警（如持续超载、制动间隙轻微超标）在现场报警基础上，向项目安全管理人员发送短信与 APP 推送，督促及时核查处置；严重预警（如制动失效、导轨架大幅变形、高空大风超限）立即触发升降机紧急制动装置，同时同步向企业安全管理部门、行业监管平台推送预警信息与实时运行数据，确保多方协同处置，最大限度降低事故损失。通过上述算法优化措施，可显著提升预警系统的智能化水平与实战效能，筑牢施工升降机安全防护防线。

4 结语

高层建筑施工升降机安全是施工安全管控的核心环节，科学设计安全监测预警系统对防范安全事故、保障作业安全意义重大。本文从设计重要性出发，重点围绕全维度监测参数体系完善、高可靠实时数据传输优化、高精度预警算法改进三大核心策略展开研究。该设计可实现升降机运行风险的全面感知、数据高效传递与精准预警，有效弥补传统管控短板，为高层建筑施工升降机安全运行筑牢技术屏障，也为同类特种设备安全监测系统研发提供参考与借鉴。

参考文献

[1] 罗天,李超.建筑施工升降机的安装及质量问题研究[J].房地产世界,2023,(11):160-162.

[2] 滕世华,马天雨,段博,韩君.超高层建筑施工升降机悬挑型基础的设计与应用[J].建筑施工,2022,44(11):2679-2681+2684.

[3] 卢虎,胡平.浅析超高层建筑施工升降机的安全技术要点[J].建筑安全,2022,37(10):39-42.

[4] 邢永慧.建筑施工中升降机安全使用的管理措施[J].工程技术研究,2021,6(14):164-165.