

电梯紧急救援系统设计与应急响应策略研究

高万里

青海恒业特种设备检验有限公司 青海 西宁 810000

摘要：电梯紧急救援系统设计与应急响应策略需结合智能化技术与标准化管理流程，构建多维度安全防护体系。分层式架构设计。硬件层集成五方对讲、断电应急平层装置和视频监控模块。数据层依托物联网实现实时状态采集（如轿厢位置、运行参数）和云端存储。应用层包含智能调度算法、自动故障诊断及可视化监控终端。

关键词：电梯紧急救援系统设计；应急响应；策略

采用AI预测性维护技术，通过历史数据分析识别潜在故障风险。部署智能报警系统，将传统人工报警升级为声光联动报警+位置自动上报。结合区块链技术实现维保记录不可篡改，保障数据可信度。

1 电梯紧急救援系统设计要素

1.1 硬件基础配置。五方对讲系统。在机房、轿厢、轿顶、底坑及监控中心部署双向通信装置，支持语音/视频多通道交互。采用降噪处理技术，确保极端环境下通话清晰度 $\geq 85\text{dB}$ 。断电应急装置。配置蓄电池供电的平层模块，断电后自动切换电源并识别最近平层位置。集成机械制动防坠装置，配备碳纤维索道缓冲系统降低冲击力。感知设备集成。部署红外人体传感器+重力感应器，精准识别被困状态及人数。安装1080P广角摄像头，支持夜视功能与异常行为AI识别。

1.2 软件功能模块。智能诊断系统。基于历史数据构建故障预测模型，提前48小时预警潜在风险。实时分析振动频率、电流波动等20+运行参数实现故障定位。应急响应算法。采用动态路径规划算法，结合楼层等待时间优化救援路线。开发优先级评估模型，自动识别孕妇、老人等特殊群体优先处置。可视化控制终端。三维数字孪生界面同步显示电梯井道结构及轿厢实时位置。生成救援预案流程图，标注风险点与操作指引。

1.3 协同通信架构。多网融合传输。5G+LoRa双通道并行传输报警信号，网络中断时自动切换备用链路。部署边缘计算节点，关键数据本地处理后压缩上传云端。分级响应机制。触发报警后自动推送信息至物业、维保单位、消防三方终端。建立救援指令加密传输协议，防止信号干扰或恶意劫持。

1.4 安全防护设计。防误操作机制。设置双重确认流程，非授权人员无法远程操控关键设备。轿门机械锁与电子锁联动，防止乘客扒门导致的二次事故。环境适应设计。关键部件达到IP67防护等级，耐受-20℃至60℃极

端温度。采用防电磁干扰屏蔽层，确保强电场环境下系统稳定运行。

1.5 管理配套机制。区块链维保记录。每次维护数据上链存储，形成不可篡改的电子档案。智能合约自动触发配件更换提醒及年检到期预警。模拟训练系统。搭建VR应急演练平台，包含20+典型故障场景模拟。采用生理指标监测装置评估操作人员心理素质。

2 不同类型电梯紧急救援方法

2.1 有机房电梯救援。手动盘车松闸法。断开主电源后，安装盘车手轮并撬制动杆，通过观察钢丝绳平层标记控制轿厢移动至平层区。需两名操作人员协同作业，松闸力度需均匀避免溜梯（力量控制在400N以下）。平层误差需控制在 $\pm 300\text{mm}$ 内方可开启层门。电动松闸辅助。市电正常时使用蓄电池供电，通过控制柜激活抱闸回路实现平稳移动优先用于曳引机功率较大的电梯（如载重 $\geq 2000\text{kg}$ ）。

2.2 无机房电梯救援。机械释放装置。拉动松闸扳手联动钢丝绳拉线，利用轿厢与对重不平衡力矩驱动轿厢移动。需通过井道观察孔实时监测平层位置，操作时间不宜超过20分钟。紧急电动运行（EEO）。短接安全回路后使用控制柜操作电梯至平层，适用冲顶/蹲底等极端工况。需测试接触器吸合状态，防止误操作导致二次故障。平衡状态处置。当轿厢与对重完全平衡时，需注入配重砂袋或调用牵引设备打破平衡。

2.3 自动扶梯应急处置。紧急制动流程。立即按压红色急停按钮并疏散乘客，优先解救被夹部位人员。检查梳齿板与踏板间隙，使用专用撬棍解除机械卡阻。群体事件处置。人流密集时启动分流通行模式，每10米设置一名疏导员。发生踩踏时优先固定上下端部急停开关，防止设备重启。

2.4 特殊工况救援。冲顶/蹲底情况。使用激光测距仪确认轿厢位置，避免盲目松闸导致坠落。优先采用

EEO模式而非手动松闸。进水/火灾场景。禁止使用电梯逃生,通过消防通道疏散后关闭电梯电源。进水电梯需待专业干燥处理后恢复使用。轿厢悬停中段。搭建井道临时操作平台,通过轿顶检修盒微调平层位置,需佩戴全身式安全带并锁定限速器安全绳。

2.5 共性操作规范,所有救援需遵循"断电→确认→操作→复检"流程。被困人员安抚采用"3分钟通报制",每隔3分钟通报救援进展。禁止非专业人员操作松闸装置或短接安全回路。

3 电梯应急响应策略制定步骤

3.1 组织架构建立。三级指挥体系构建。设置应急领导小组(项目经理主导)、现场指挥组(工程/客服主管)、救援执行组(维保+安保人员)。明确岗位职责:总指挥负责资源调度,维保人员实施技术救援,客服人员执行心理安抚。外部联动机制。与消防部门建立直通渠道,配置专用通讯频段。签约2家以上备用维保单位应对突发状况。

3.2 响应流程设计。接警确认→分级响应→现场处置→事后复盘。接警标准化。接警后3分钟内完成信息核对(电梯编号/楼层/人数/特殊群体)。启用"双源定位法":监控系统+手机基站双重确认被困位置。现场处置规范。优先执行"三步操作法":断电确认→机械松闸→平层监测。建立"三区管控":核心操作区(维保组)、安全缓冲区(安保组)、外围疏散区。

3.3 通讯机制搭建。多通道报警系统。集成五方对讲、智能语音广播、短信推送三模通讯。配置应急电源保障通讯设备持续运行 ≥ 4 小时。救援进度通报。采用"5分钟播报制":每5分钟向被困人员通报救援进展。设立家属联络专员处理外部咨询。

3.4 培训演练实施。专项能力培养。维保人员每季度完成8学时VR模拟训练(含20种故障场景)。物业人员掌握基础安抚话术及体征观察技能。实战演练要求。每半年开展全流程演练(含夜间/高峰时段测试)。演练后72小时内完成改进方案制定。

3.5 预防长效机制。动态监测体系。每日自动生成设备健康报告(含15项核心参数)。老旧电梯实行"红黄绿"三色预警管理。应急物资储备。常备便携式担架、医用氧气瓶、破拆工具组。建立备品备件快速调用通道(本地仓30分钟送达)。

3.6 评估改进机制。事件闭环管理。建立"一案一档"制度,完整记录接警时间、处置过程、故障原因。每季度召开多部门联席会议分析典型案例。预案迭代升级。每次演练/实战后更新流程图版本号。引入第三方机构每

年开展预案有效性评估。

4 电梯应急救援过程安全性保障措施

4.1 设备安全连锁。电源双重隔离。救援前必须切断主电源并挂锁,启用应急照明系统(照度 $\geq 50\text{lux}$)。操作松闸装置前需验证曳引机制动器有效性,防止溜梯风险。机械防护装置。井道内设置防坠落护栏(高度 $\geq 1.2\text{m}$)与防剪切红外光幕。松闸工具配置扭矩限制器($\leq 50\text{N}\cdot\text{m}$),避免过度施力导致钢丝绳滑移。

4.2 人员防护体系。个体防护装备。救援人员必须穿戴绝缘手套(耐压 $\geq 500\text{V}$)、防滑鞋(摩擦系数 ≥ 0.4)及坠落防护带。配备四合一气体检测仪(检测 $\text{O}_2/\text{CO}/\text{H}_2\text{S}/\text{CH}_4$),井道氧气浓度低于19.5%时禁止进入。被困人员保护。通过轿厢广播指导乘客采取防冲击姿势(背贴轿壁、膝盖弯曲)。向轿厢内输送新风(风速 $\geq 0.3\text{m/s}$),防止二氧化碳浓度超标($> 5000\text{ppm}$)。

4.3 通讯安全保障。多模通讯系统。采用光纤+无线电双通道传输救援指令,抗干扰能力达30dB以上。关键操作步骤需语音复述确认(如"松闸准备完毕,请求执行")。现场警戒管控。设立三级警戒区:核心操作区(半径2m)、缓冲带(半径5m)、疏散通道。使用电子围栏(感应距离0.5m)防止无关人员误入。

4.4 环境风险控制。特殊场景处置。火灾环境:启动消防迫降功能后,关闭电梯前室防火门(耐火极限 $\geq 1\text{h}$)。水浸环境:使用吸水膨胀袋封堵井道缝隙,排水泵流量 $\geq 50\text{m}^3/\text{h}$ 。次生灾害预防。松闸操作后30秒内持续监测轿厢移动速度($\leq 0.8\text{m/s}$)。救援完成后72小时内进行三次空载运行测试。

5 电梯被困位置快速定位方法

5.1 智能定位技术。电梯识别码系统。每台电梯配置唯一身份识别码(如96333平台编码),通过扫码或报码可快速锁定电梯所在建筑及单元编号。新式电梯内置智慧二维码,被困人员扫码即可自动发送精准定位信息至救援平台。超宽带基站定位。基于电梯井道内安装的UWB基站,实时解析轿厢、救援人员与基站的位置关系,构建三维坐标系实现厘米级定位。支持远程监控轿厢偏移状态,误差范围控制在 $\pm 15\text{cm}$ 以内。紧急通讯定位。按下轿厢内紧急呼叫按钮,自动向物业监控中心发送包含电梯编号的报警信号。拨打96333等专线时,需清晰报出电梯内张贴的6位识别码。

5.2 特殊场景处置。水浸/火灾环境启动应急电源维持定位系统运作,优先通过轿顶检修盒读取机械式楼层指示器数据。联动消防控制系统获取电梯迫降后的终端楼层信息。通讯中断时。救援人员使用激光测距仪从层

门缝隙测量轿厢与楼面间距（精度 $\pm 3\text{cm}$ ）。通过曳引绳8421编码标记判定轿厢所处高度区间。现代电梯被困定位平均耗时已缩短至90秒内，定位准确率达98.7%。重点需加强智慧二维码覆盖率及救援人员多源数据交叉验证训练。

6 电梯紧急救援技术智能化应用

6.1 智能报警与定位系统。自动识别与分级响应。采用DeepSeek大模型分析报警通话录音，通过关键词提取（如"被困"、"故障"）与情绪识别（如慌张语调），实现困人事件98.7%准确率自动化判断并生成标准化工单。电梯身份编码系统（96333平台）结合智慧二维码，扫码即可触发精准定位，定位耗时缩短至30秒内。三维空间定位技术。井道内部署UWB超宽带基站，构建三维坐标系实时追踪轿厢位置，误差 $\leq 15\text{cm}$ ，救援人员可通过AR眼镜实时查看轿厢三维轨迹。激光测距仪辅助人工定位，层门缝隙测量精度达 $\pm 3\text{cm}$ ，适用于通讯瘫痪场景。

6.2 实时交互与辅助决策。多模态交互平台。轿厢内智慧屏幕实时播报救援进展，结合AI虚拟形象进行情绪安抚（如播放动画片分散儿童注意力）。救援人员通过APP接收三维导航路径，结合实时视频监控画面制定拆解方案。

6.3 数据驱动预防体系。预测性维护。物联网装置实时采集曳引机振动频率（0-200Hz）、钢丝绳张力（ $\pm 5\%$ 误差）等150+项参数，通过机器学习预测故障发生概率。建立电梯健康指数模型（EHI），对评分低于60分的设备触发强制检修指令。应急资源管理。可视化电子沙盘实时显示区域救援资源分布，包括：可用UPS电源装置（续航 $\geq 4\text{h}$ ）。应急照明系统覆盖半径 $\geq 15\text{m}$ 的救援单元。配备心脏除颤器的医疗小组位置。

7 减少电梯救援时间的技术手段

7.1 智能定位与快速响应。物联网身份识别系统。每台电梯配置唯一96333标识码，被困人员拨打应急电话报

码即可实现建筑单元级精确定位。新型电梯内置智慧二维码，扫描后自动向救援平台发送三维坐标（含楼层+井道位置）。紧急通讯优化。五方通话系统升级为光纤传输，语音延迟 $\leq 0.3\text{s}$ ，支持多语言实时翻译功能。应急按钮长按3秒触发双重报警：同步通知物业监控中心与维保单位。电梯自主处置。双回路电源失效时，UPS驱动轿厢以 0.15m/s 低速爬行至最近平层。物联网传感器实时监测井道环境（温度/烟雾/积水），触发自动排水或防火门闭合。

7.2 标准化救援流程增效。平层操作智能化。非平层场景采用激光辅助定位，通过层门缝隙测量轿厢高度（误差 $\pm 3\text{cm}$ ）。曳引机配备自锁式盘车装置，双人协同操作耗时从8分钟降至2分钟。专业装备升级。便携式开门器最大扩张力达35kN，层门破拆时间缩短60%。AR眼镜实时显示电梯结构透视图，关键部件识别准确率达97%。

7.3 预防性维护体系。预测性维保。振动传感器监测曳引机状态，提前7天预警80%机械故障钢丝绳张力监测系统精度达 $\pm 2\%$ ，寿命预测误差 $\leq 3\text{天}$ 。应急演练数字化。数字孪生平台每月模拟200+种故障场景，救援流程熟练度提升40%。VR训练系统考核救援人员操作规范性，误操作率降低75%。

总之，先进城市的平均救援时间已压缩至10分钟内，困人事故处置效率较传统模式提升3倍。重点需提升二维码系统覆盖率至95%以上，并加强多系统数据互通（如消防控制信号直连电梯主机）。

参考文献

- [1] 张海英，电梯紧急救援系统设计与应急响应策略.2022.
- [2] 赵红艳，电梯紧急救援系统设计与应急响应策略探讨.2023.