

矿用电梯应急救援系统可靠性提升与检验方法优化

程毅 冯斌 侯艳超 葛卫军 施荣生
苏迅电梯有限公司 浙江 湖州 313000

摘要: 矿用电梯在高危矿井环境中承担关键运输任务,其应急救援系统可靠性直接关系到人员生命安全。本文从硬件冗余设计、软件智能化升级、人机协同机制强化及区域化资源整合四方面提出可靠性提升路径,并通过全生命周期检验流程重构、关键性能指标量化评估、故障模拟验证创新及检验数据智能分析等手段优化检验体系,结合持续改进闭环机制,形成多维度安全保障方案,为矿井应急救援提供技术支持,降低事故风险,保障安全生产。

关键词: 矿用电梯; 应急救援; 可靠性提升; 检验方法优化

引言

矿井作业环境复杂恶劣,瓦斯、坍塌等隐患众多,矿用电梯一旦故障,被困人员生命安全将受到严重威胁。在此背景下,矿用电梯应急救援系统的可靠性与有效性成为保障人员安全、维持矿井生产秩序的关键。本文将深入探讨提升矿用电梯应急救援系统可靠性路径及检验方法优化体系。

1 矿用电梯应急救援的重要性

矿用电梯应急救援的重要性不容忽视,矿井作业环境特殊且危险,瓦斯、坍塌等隐患时刻威胁着人员安全。矿用电梯一旦出现故障,被困人员便陷入极度危险的境地,每一秒的延误都可能让生命面临更大风险,及时有效的应急救援,是保障被困人员生命安全的关键,它能以最快的速度将被困者从危险中解救出来,为生命争取宝贵时间。完善的应急救援机制能稳定井下作业人员情绪,防止因恐慌引发其他次生事故,保障矿井整体安全秩序,高效的救援行动还能减少因电梯故障导致的生产停滞,降低经济损失,重视矿用电梯应急救援,是保障矿井安全生产、人员生命安全的必然要求^[1]。

2 矿用电梯应急救援系统可靠性提升路径

2.1 硬件系统优化

(1) 防爆型电气组件的冗余设计:对关键电气组件采用冗余配置。当主组件发生故障时,备用组件可立即无缝切换,确保系统持续供电,从而保障应急救援的可靠性,避免单点故障风险。(2) 高防护等级(IP67及以上)部件的标准化应用:选用高防护等级部件并标准化应用,这类部件能有效抵御矿井中的粉尘、水汽等恶劣环境因素,降低部件损坏率,延长使用寿命,为应急救援系统的稳定运行提供硬件支撑。(3) 柔性导轨系统刚性系数动态监测技术:给柔性导轨系统配备刚性系数动态监测技术,可实时监测导轨的刚性变化,一旦出现异

常能及时预警,防止因导轨变形影响救援设备运行,确保应急救援过程顺畅。(4) 应急电源多模态储能与快速切换机制:构建应急电源多模态储能与快速切换机制,多种储能方式互补,在主电源故障时,能快速切换至应急电源,为应急救援提供持续电力,增强系统可靠性。

2.2 软件系统智能化升级

(1) 基于区块链的救援信息透明化管理:借助区块链技术,实现救援信息的透明化管理,各环节信息实时记录且不可篡改,确保救援人员能获取准确、完整的信息,避免信息误差影响救援决策,提升救援效率与可靠性。(2) 故障预测性维护算法开发:开发故障预测性维护算法,通过对电梯运行数据的实时分析,提前预测可能出现的故障;以便提前安排维护,将故障扼杀在萌芽状态,减少突发故障对应急救援的干扰,保障系统稳定。(3) 应急操作流程的自动化模板化设计:对应急操作流程进行自动化模板化设计,当发生紧急情况时,系统能自动按照预设模板启动相应流程,减少人工操作失误,使救援行动更加规范、高效,增强应急救援的可靠性。(4) 多层次应急响应权限分级控制系统:构建多层次应急响应权限分级控制系统,根据不同人员的职责和权限,设置相应的操作权限;既能保证救援行动的有序开展,又能防止误操作,提升应急救援系统的安全性和可靠性^[2]。

2.3 人机协同机制强化

(1) 救援人员三维定位与路径规划:利用先进传感器与算法,对救援人员进行三维空间精准定位,结合井下复杂环境,快速规划最优路径,引导其高效抵达现场,缩短寻找被困人员时间,提升救援及时性。(2) VR沉浸式救援培训系统:搭建虚拟现实沉浸式培训系统,模拟多种矿井事故场景,让救援人员身临其境训练,熟悉救援流程与操作技巧,积累实战经验,增强应对突发

状况的能力。(3)多传感器融合井下感知网络:构建多传感器融合的感知网络,整合数据,实时全面监测井下温度、湿度、气体浓度等参数,及时发现潜在危险,为救援人员提供安全指引。(4)应急指挥中心可视化调度平台建设:建设应急指挥中心可视化调度平台,整合各类救援信息,以直观的图形、图像展示救援现场情况,指挥人员可远程精准调度人员与设备,实现人机协同高效运作,提升应急救援的整体效能。

2.4 区域化救援资源整合

(1)矿区应急救援网络动态覆盖模型:构建矿区应急救援网络动态覆盖模型,依据矿区布局与事故风险分布,实时调整救援资源覆盖范围,确保各区域在紧急时刻能迅速获得救援力量与物资支持,提升救援响应速度,降低事故损失。(2)跨矿区救援力量协同调度协议:制定跨矿区救援力量协同调度协议,明确不同矿区救援力量在联合救援时的职责、权限与协作流程,打破矿区界限,实现救援力量高效整合,在面对重大事故时能形成强大救援合力。(3)应急物资智能仓储与快速调配系统:搭建应急物资智能仓储与快速调配系统,利用物联网技术实时监控物资库存;根据救援需求,快速精准调配物资,缩短物资送达时间,保障救援行动物资供应充足、及时。(4)无人机辅助救援物资投送技术:研发无人机辅助救援物资投送技术,利用无人机灵活、快速的特点,突破地形限制,在复杂环境下将救援物资准确投送至指定地点,提升救援物资投送效率与精准度^[3]。

3 矿用电梯应急救援系统检验方法优化体系

3.1 全生命周期检验流程重构

(1)出厂检验:基于数字孪生的虚拟调试技术,在矿用电梯出厂前,运用数字孪生技术构建虚拟模型,模拟电梯运行环境与工况;通过虚拟调试,提前发现并解决潜在设计缺陷与性能问题,确保电梯在出厂时各项性能指标符合标准,为后续安全运行奠定基础,减少投入使用后的故障风险。(2)验收检验:多参数耦合测试平台构建,搭建多参数耦合测试平台,综合考量电梯运行中的多种参数,如速度、载重、电压等;模拟实际使用场景,对电梯进行全方位检验,检测其在复杂工况下的应急救援系统响应能力,保证验收环节能严格把关,使电梯以可靠状态投入使用。(3)型式检验:极端工况模拟实验舱设计,设计极端工况模拟实验舱,模拟高温、高湿、强震动等极端环境,对矿用电梯进行型式检验,检验其在极端条件下的结构强度、零部件性能及应急救援功能完整性,确保电梯在恶劣环境下仍能保障人员安全。(4)在役检验:非接触式检测机器人应用,在矿

用电梯在役期间,引入非接触式检测机器人;利用其灵活、精准的特点,对电梯关键部位进行非接触检测,实时获取运行数据与状态信息,及时发现隐患并预警,保障电梯长期稳定运行。

3.2 关键性能指标量化评估

(1)应急制动距离动态阈值设定:依据矿用电梯运行速度、载重及井道环境差异,设定动态阈值;借助大量实验与模拟分析,明确各工况下合理制动距离范围。若实际制动距离超阈值,系统即刻预警,便于及时检修制动系统,保障紧急情况下的快速停梯与人员安全。

(2)平层精度多维度补偿算法:研发该算法,综合考量电梯运行速度、加速度、导向系统状态等因素;借助传感器实时采集数据,经算法计算输出补偿值,精准调整电梯平层位置,有效减小平层误差,此举提升乘客进出便利性与安全性,降低因平层不准引发事故的风险。

(3)振动加速度峰峰值抑制策略:制定该策略,从电梯结构、驱动系统、悬挂装置等多方面改进;采用新型减震材料与结构,优化驱动控制算法,强化悬挂系统减震性能,通过这些措施降低电梯运行振动加速度峰峰值,提升乘坐舒适性,减少振动对零部件的损害,延长设备使用寿命。(4)应急照明持续时长动态调节机制:构建此机制,根据电梯井道环境、剩余电量实时调整应急照明时长;当井道烟雾浓度高、能见度低时,延长照明时间;依据电池电量合理分配时长,确保突发停电等紧急状况下,应急照明能为人员疏散提供充足持久的光线^[4]。

3.3 故障模拟验证方法创新

(1)复合型故障场景生成系统:构建集成多种常见故障类型的系统,设定不同故障组合与触发条件,模拟复杂故障场景,让矿用电梯应急救援系统在贴近真实的复杂环境中接受测试,全面考察其应对多种故障协同发生时的处理能力与运行稳定性,为提升系统可靠性提供支撑。(2)应急操作响应时间压力测试:在模拟紧急状况下,短时间内连续触发多个应急操作指令,记录系统从接收指令到完成操作的时间,分析不同压力下响应时间的变化规律,以此评估系统在极端紧急情况下的反应速度,确保其关键时刻能迅速响应,保障人员安全。

(3)三方通话系统抗干扰能力评估:针对矿用电梯三方通话系统,模拟不同强度的电磁干扰、信号遮挡等环境,测试通话系统在干扰下的语音清晰度、信号稳定性及通话中断概率等指标,依据评估结果优化通话系统设计,提升其在复杂环境下的抗干扰能力,保障救援沟通顺畅。(4)困人场景心理干预效果验证:搭建困人场景模拟环境,邀请志愿者参与;模拟困人过程时,实施播

放舒缓音乐、提供心理疏导语音等干预措施,观察志愿者情绪、焦虑程度等指标,验证不同心理干预措施的效果,为优化困人场景下的心理干预方案提供科学依据。

3.4 检验数据智能分析应用

(1)故障模式特征提取与分类算法:运用先进的数据挖掘技术,开发故障模式特征提取与分类算法,从海量检验数据中精准提取故障特征参数,通过机器学习算法对故障模式进行自动分类,快速识别不同类型故障,为后续故障诊断与维修提供精准依据,提高故障处理效率。(2)可靠性增长模型构建与预测:基于检验数据构建可靠性增长模型,分析矿用电梯在不同使用阶段的可靠性变化趋势,利用历史数据对模型进行训练与优化,预测未来一段时间内电梯的可靠性指标;根据预测结果提前制定维护计划,合理安排检修时间,降低故障发生率,保障电梯长期稳定运行。(3)检验报告自动生成与智能解读:开发检验报告自动生成系统,根据检验数据自动填充报告内容,生成规范、准确的检验报告;运用自然语言处理技术实现智能解读,将报告中的专业术语转化为通俗易懂的语言,为非专业人员提供清晰的结果说明,方便相关人员了解电梯检验情况。(4)跨矿区检验数据共享平台建设:搭建跨矿区检验数据共享平台,打破数据壁垒,实现不同矿区检验数据的互联互通,通过平台对数据进行集中管理与分析,挖掘数据潜在价值;各矿区可共享经验与数据,共同提升矿用电梯检验水平,促进整个行业的技术进步与安全发展^[5]。

3.5 持续改进机制闭环设计

(1)分级响应与问题闭环管理:针对矿用电梯检验问题,建立分级响应机制,按严重程度划分等级,明确各等级处理流程与响应时限,全程追踪整改过程,详细记录整改措施、时间节点及结果,定期复查确保问题根治,形成从发现到解决的完整闭环,提升电梯安全保障水平。(2)救援装备升级技术规划:制定救援装备迭代

升级技术路线图,清晰界定各阶段目标与关键技术;结合行业前沿与实际需求,规划装备在功能、性能、智能化方面的提升路径;按图有序推进研发改进,定期评估进展并灵活调整,确保救援装备持续满足矿用电梯应急救援新需求。(3)应急预案动态优化系统:构建应急预案动态优化决策支持系统,收集电梯运行数据、故障历史等信息,运用数据分析与模拟技术,评估不同应急场景下预案有效性,依据评估结果提供优化决策依据,实时调整预案内容与流程,增强预案科学性与实用性,提高应急救援效率。(4)救援能力成熟度评估体系:构建救援能力成熟度评估模型,从人员技能、装备水平、组织协调等多维度设置评估指标;通过量化评估确定救援能力成熟度等级,精准识别优势与短板,根据评估结果制定针对性提升计划,推动救援能力稳步提升,形成持续改进的良性发展态势。

结束语:矿用电梯应急救援系统的可靠性提升与检验方法优化,对保障矿井安全生产和人员生命安全意义重大。通过硬件、软件、人机协同等多方面优化,以及检验流程、指标、方法等创新,构建持续改进机制,可有效提升应急救援能力,为矿井安全稳定运行提供坚实保障,推动行业技术进步。

参考文献

- [1]孙崇智,吴永伟,杨佳.不同无机房电梯应急救援装置存在的不足及操作注意事项[J].中国电梯,2022,33(24):55-57.
- [2]周跃峰.电梯应急救援的方法及应急救援装置的检验[J].科学技术创新,2020,(19):165-166.
- [3]张学斌.无机房电梯应急救援装置的检验与案例分析[J].机电技术,2022,(04):90-92+114.
- [4]陈新.无机房电梯常规和非常规应急救援方法分析[J].中国电梯,2022,33(02):40-41+44.
- [5]廖国才.篡改无机房电梯应急救援装置导致缺陷的案例分析[J].机电信息,2020,(21):60-61.