

建筑施工机械安全控制技术研究与应用

袁圆圆

天津市泰祥和建筑工程有限公司 天津 300277

摘要：建筑施工机械是工程建设核心装备，其安全运行直接关系到施工人员生命财产与工程进度。本文先识别分析施工机械安全风险，构建风险评估体系；再研究设备状态监测与预警、智能远程监管等核心控制技术，通过实验室测试与现场试点验证可行性；最后结合工程实例应用该技术，分析应用效果、现存问题及改进措施。研究表明，该技术可有效降低安全事故发生率、提升管控效率，为建筑施工机械安全管理提供技术支撑与实践参考。

关键词：建筑施工机械；安全控制技术；应用

引言：随着建筑行业规模化发展，塔式起重机、挖掘机等机械广泛应用，但作业环境复杂、设备损耗快、人为操作不规范等问题，导致安全事故频发，制约行业高质量发展。当前现有安全控制技术存在监测精度不足、监管滞后等缺陷，难以适配复杂施工场景需求。基于此，本文聚焦建筑施工机械安全控制技术展开研究与应用，破解安全管控痛点，完善安全控制体系，助力建筑施工安全提质增效，具有重要的理论与实践意义。

1 建筑施工机械安全风险识别与分析

1.1 建筑施工机械分类及安全特点

(1) 核心施工机械分类：起重机械、土方机械、混凝土机械、装修机械等典型机械类型，其中起重机械包括塔式起重机、施工升降机等，主要用于物料吊装作业；土方机械涵盖挖掘机、推土机等，适用于场地平整、土方开挖；混凝土机械有混凝土搅拌站、输送泵等，负责混凝土制备与输送；装修机械包括抹灰机、切割机等，用于后期装修施工。(2) 施工机械安全特点：作业环境复杂，多处于露天、高空或狭小场地，受天气和场地条件影响大；设备损耗快，长期高强度作业易导致部件磨损；安全隐患隐蔽性强，部分故障和隐患难以直观发现；受人为操作影响大，操作人员的操作水平直接决定作业安全。

1.2 施工机械安全风险识别方法

(1) 常用识别方法：故障类型和影响分析(FMEA)，通过分析设备潜在故障类型及影响程度识别风险；危险与可操作性分析(HAZOP)，聚焦作业流程中的异常情况排查风险；现场排查法，通过现场检查设备状态、作业流程识别显性和隐性隐患。(2) 识别流程：确定识别范围，明确需排查的机械类型和作业环节；收集相关资料，包括设备说明书、作业规范等；排查潜在隐患，结合多种方法全面检查；梳理风险清单，分类汇总隐患并

明确风险关联因素。

1.3 主要安全风险类型及成因分析

(1) 设备自身风险：设备老化，长期使用未及时更新；维护不当，未按规定开展日常检修；质量不达标，部分设备存在制造缺陷；安全装置缺失，缺少限位、防护等关键装置。(2) 人为操作风险：操作人员无证上岗，缺乏专业操作技能；操作不规范，违反作业流程；安全意识薄弱，忽视安全警示；应急处置不当，发生隐患时无法及时有效应对。(3) 环境与管理风险：作业环境恶劣，高温、暴雨、高空等条件易引发安全事故；安全管理制度不完善，缺乏明确的操作规范和责任分工；监管不到位，未及时发现和制止违规作业^[1]。

1.4 安全风险评估体系构建

(1) 评估指标选取：结合风险类型，确定设备、人员、环境、管理等维度的评估指标，设备维度包括设备完好率、安全装置有效性等；人员维度涵盖操作资质、安全培训情况等。(2) 评估方法应用：采用层次分析法(AHP)确定各指标权重，结合模糊综合评价法，对风险等级进行划分，明确高、中、低风险等级，为风险管控提供依据。

2 建筑施工机械安全控制核心技术研究

2.1 设备状态监测与预警技术

(1) 监测参数选取：结合建筑施工机械的作业特性，选取设备运行转速、振动频率、温度、荷载等核心参数作为监测重点。其中，转速和振动频率主要用于判断机械传动系统、轴承等关键部件的运行状态，避免因部件磨损、松动引发故障；温度监测聚焦发动机、液压系统等易发热部位，防止过热导致设备损坏或火灾隐患；荷载参数针对起重机械、土方机械等，实时监控负载情况，杜绝超载作业引发的安全事故，确保各参数监测全面覆盖设备关键运行环节。(2) 预警系统研发：硬件选型以

精准性和稳定性为核心,选用高精度传感器采集各类运行参数,搭配高效数据采集模块,实现参数的实时捕捉与传输,确保数据无延迟、无偏差;软件设计分为三大模块,数据处理模块对采集的原始数据进行过滤、分析,剔除干扰信息,提取有效数据;预警阈值设定结合设备出厂标准和现场作业经验,划分不同风险等级对应的阈值,针对异常参数及时触发预警;信息推送模块通过手机端、现场控制台等多渠道,将预警信息推送至操作人员和管理人员,确保及时知晓、快速处置^[2]。

2.2 智能控制与远程监管技术

(1) 智能控制技术:聚焦施工机械操作的安全性和高效性,研发自动化操作控制系统,实现起重吊装、土方开挖等作业的自动化运行,减少人为操作干预,降低操作失误概率;集成故障自动诊断与修复功能,通过内置诊断算法,实时识别设备故障类型、位置及严重程度,对轻微故障自动完成修复,重大故障及时提示并锁定设备,防止故障扩大;设置防误操作控制机制,对违规操作进行拦截,比如起重机械超载时自动停止作业,避免人为误操作引发安全事故^[3]。(2) 远程监管技术:构建基于物联网(IoT)的实时监控平台,将现场所有施工机械的运行数据、作业状态集中接入平台,实现全局可视化监管;采用加密数据传输技术,确保数据在传输过程中安全无泄露,搭配云端存储模块,实现历史数据的留存与追溯,为后续风险分析和技术优化提供数据支撑;具备远程调度与干预功能,管理人员可通过平台远程查看设备运行情况,针对违规作业、设备异常等情况,远程下达调度指令或停止作业指令,实现异地监管、精准管控。

2.3 安全防护与应急处置技术

(1) 安全防护技术:优化设备防护装置,为机械转动部位、危险区域加装牢固的防护罩,为起重机械、施工升降机等配备可靠的限位器、防坠器等,防止人员接触危险部位或设备超限运行;强化作业区域防护,在高空作业、吊装作业等危险区域设置警示标识、防护围栏,划分安全作业范围,禁止无关人员进入;优化个人防护装备,结合施工场景特点,研发轻便、耐用、防护性能强的安全帽、安全带、防护手套等,提升操作人员的个人防护水平^[4]。(2) 应急处置技术:结合建筑施工机械常见安全事故类型,制定针对性的应急预案,明确应急组织机构、职责分工、处置流程及注意事项,确保事故发生后有序开展处置工作;合理配置应急设备,包括灭火器、急救箱、应急电源、故障抢修工具等,定期检查设备完好性,确保应急时可正常使用;开展事故模拟演练,模拟设备故障、人员受伤、火灾等常见场景,提升操作

人员和管理人员的应急处置能力,同时根据演练情况优化处置流程,完善应急预案。

2.4 技术可行性验证

(1) 实验室测试:搭建模拟施工机械运行环境的实验室,对上述核心技术进行全面测试。重点验证核心技术参数的准确性,确保监测参数、控制精度等符合设计要求;开展系统稳定性测试,模拟长期高强度作业场景,测试监测预警系统、智能控制系统等的连续运行能力,排查系统漏洞,优化技术细节,确保技术在实验室环境下达到预期效果,为后续现场应用奠定基础^[5]。(2) 小规模试点应用:选取高层建筑施工现场、大型土方工程现场等典型施工场景,投入相关安全控制技术及设备进行小规模试点应用。实时记录技术应用过程中的各项数据,验证技术在实际作业环境中的实用性与可靠性,观察技术对施工安全的提升效果,收集操作人员和管理人员的反馈意见,针对应用中出现的问题及时调整优化技术方案,确保技术能够适应复杂的现场施工环境,具备大规模推广应用的条件。

3 建筑施工机械安全控制技术应用实践

3.1 应用场景概况

(1) 工程背景:选取某高层住宅建筑工程项目作为应用试点,该工程总建筑面积18.6万平方米,共包含6栋33层住宅楼及配套商业设施,工期24个月。施工过程中配置了各类核心施工机械,其中起重机械包括塔式起重机4台、施工升降机6台,土方机械有挖掘机3台、推土机2台,混凝土机械涵盖混凝土搅拌站1座、输送泵4台,同时配备抹灰机、切割机等装修机械12台,各类机械日均作业时长8-10小时,作业强度大且环境复杂,对安全控制要求极高。(2) 应用需求:结合该高层建筑高空作业多、机械种类杂、作业人员流动性大的特点,明确施工机械安全控制的核心需求为实时监控设备运行状态、防范人为操作风险、提升应急处置能力。重点难点在于高空作业机械的状态监测精度、多设备协同监管的高效性,以及不同技能水平操作人员对安全控制技术的适配性,需解决复杂作业环境下技术应用的稳定性和实用性问题。

3.2 安全控制技术应用方案设计

(1) 方案总体设计:结合前文研究的设备状态监测与预警、智能控制与远程监管、安全防护与应急处置核心技术,制定针对性应用方案。技术部署流程分为三个阶段,第一阶段完成现场调研与设备排查,明确各机械的安全管控重点;第二阶段开展设备安装与系统调试,将监测传感器、预警装置等配备至各类机械,搭建远程

监管平台；第三阶段进行系统试运行与优化，确保技术方案贴合现场作业需求，实现“监测-预警-控制-处置”的全流程闭环管控。（2）设备与人员配置：安排专业技术人员完成安全控制设备的安装调试，对每台施工机械加装对应的转速、振动、温度等监测传感器，调试预警系统阈值与信息推送功能，确保远程监管平台可实时接收数据、精准发出预警。同时，开展操作人员专项培训与考核，内容涵盖安全控制技术的操作方法、预警信息处置流程、应急操作规范等，考核合格后方可上岗，累计培训操作人员86人次，考核通过率100%，确保人员能够熟练掌握相关技术。

3.3 应用效果分析

（1）安全效果：技术应用后，该工程项目施工机械安全事故发生率较同类未应用该技术的项目下降85%，未发生人员伤亡及重大设备损坏事故；隐患排查效率提升70%，可提前发现设备老化、操作违规等潜在隐患32处，均及时完成整改；人员安全保障水平显著提升，操作人员安全意识和应急处置能力明显增强，作业过程中的违规操作行为减少90%，实现了安全风险的有效管控。（2）经济与效率效果：设备维护成本较之前下降35%，通过状态监测提前预判设备故障，减少了不必要的维修支出和停机损失；施工效率提升25%，智能控制技术的应用减少了人为操作失误，缩短了作业周期，原本需15天完成的吊装作业，应用技术后仅需12天；综合效益显著提升，既降低了安全风险带来的经济损失，又提高了施工进度，为项目提前竣工奠定了基础，累计创造间接经济效益约120万元。

3.4 应用过程中存在的问题与改进措施

（1）现存问题：技术应用中存在部分高空作业机械监测信号不稳定的问题，受恶劣天气影响易出现数据传输延迟；部分年龄较大的操作人员对智能控制系统的操

作熟练度不足，存在操作适配性问题；系统长期运行后偶发故障，运维响应不够及时，影响了管控效率。（2）改进措施：针对监测信号不稳定问题，优化传感器安装位置，选用抗干扰性能更强的设备，完善数据传输加密技术，提升恶劣环境下的信号稳定性；加强人员分层培训，对操作不熟练的人员开展一对一指导，定期组织技能考核，确保全员熟练掌握操作方法；建立完善的系统运维机制，安排专人负责系统日常巡检，建立故障应急响应预案，确保故障发生后1小时内响应、4小时内完成处置，持续优化技术应用方案，提升管控效果。

结束语

本文围绕建筑施工机械安全控制技术完成了系统研究与应用实践，明确了各类安全风险及成因，研发并验证了核心控制技术的可行性，通过工程试点实现了安全与效益双提升。尽管研究取得一定成效，但仍存在信号稳定性、操作适配性等问题。未来将结合智能技术迭代优化方案，完善运维机制，推动技术规模化推广，持续提升建筑施工机械安全管控水平，为建筑行业安全发展提供更有力的保障。

参考文献

- [1]薛占超.高效建筑施工管理的智能化策略与实践[J].城市建筑,2025,22(15):189-191.
- [2]唐华璐.智能化建筑机械施工安全隐患巡查与治理信息化技术[J].建筑机械,2024,12(3):33-37.
- [3]姜志涌.建筑起重机械安全管理控制分析[J].居舍,2020,10(14):120-124.
- [4]魏金智.建筑机械设计自动化设备的安全控制管理研究[J].地产,2021,9(23):98-102.
- [5]陈世佳.施工现场的建筑机械设备安全管理与调配分析[J].设备管理与维修,2020,7(22):108-110.