建筑机械设计的自动化设备安全控制管理

田　征
天津美腾科技股份有限公司　天津　300467

摘　要：建筑行业智能化升级背景下，自动化机械设备应用范围持续拓宽，但其安全控制管理仍存在诸多短板。现阶段施工领域普遍存在安全管理制度不完善、设备设计存在固有缺陷、作业人员专业素养不足、智能监测预警能力薄弱等问题，极易诱发施工现场安全隐患。结合行业实际从制度建设、设备设计、人员培养、智能技术应用及本质安全落地等维度提出优化策略，可有效提升自动化建筑机械的安全管控水平，为施工现场安全生产稳定开展提供技术与管理支撑。

关键词：建筑机械；机械设计；自动化设备；安全控制管理

引言：现代化建筑施工逐步朝向机械化、智能自动化方向转型，各类自动化机械设备大幅提升施工效率，推动建筑工程产业提质增效。复杂多变的施工现场环境，对自动化设备的运行稳定性与安全防控能力提出更高标准。当前行业安全管控模式更新滞后于设备技术迭代速度，各类安全隐患频发，制约了智能施工模式的普及应用。为此，立足设备设计与现场管理双重维度，探究科学可行的安全管控路径，对保障施工安全、规范设备运行具有重要的现实意义。

1 建筑机械自动化设备安全控制管理概述

随着建筑行业智能化、机械化转型升级持续推进，自动化施工机械设备已广泛应用于高层建筑施工、装配式建造、土石方作业等各类工程场景，逐步替代传统人工操作模式，显著提升建筑施工效率与工程建设标准化程度。建筑机械自动化设备融合机械结构、电气控制、传感监测与智能调控等多项技术，具备自动作业、智能调节与动态运行的作业特征，能够适应高强度、连续性的施工现场作业需求。安全控制管理是保障自动化机械设备稳定运行、规避施工现场安全事故的核心抓手，贯穿设备设计、出厂调试、现场使用、维护保养及报废更新的全生命周期。相较于传统人工操控机械设备，自动化设备依托程序指令完成作业动作，运行精度更高、作业负荷更大，但也因系统集成度高、结构精密、电控逻辑复杂，对安全管控标准提出更为严苛的要求[1]。科学完善的安全控制管理工作，结合设备结构特性与施工现场复杂工况，建立系统性的安全管控逻辑，通过技术防控、制度约束、人员管控、智能监测相结合的方式，有效规避机械故障、系统失灵、操作偏差引发的安全风险，保障施工现场人员、设备及工程结构安全，为建筑工程智能化施工模式的常态化、规范化推广筑牢安全基础。

2 建筑机械自动化设备安全控制管理存在的主要问题

2.1 安全控制管理体系不健全

当前建筑机械自动化设备应用日益广泛，但安全控制管理体系仍不健全，制约了设备安全效能的充分发挥。（1）管理制度不完善。部分施工企业针对自动化设备的安全管理制度建设滞后，缺乏覆盖设备进场验收、运行监控、维护保养、退场评估等环节的系统性制度，管理依据不足，执行随意性较大。（2）责任体系不清晰。设备租赁方、安装方、使用方、监理方之间的安全管理责任界定模糊，存在多头管理与责任真空并存的现象，出现问题后相互推诿，难以形成有效的安全责任闭环。（3）人员配置不合理。专职安全管理人员数量不足、专业能力欠缺，既懂机械自动化技术又熟悉安全管理的复合型人才匮乏，部分操作人员未经系统培训即上岗，安全隐患突出。（4）监督检查机制薄弱。日常安全检查流于形式，对设备限位装置、安全锁、急停系统等关键安全控制环节缺乏动态检查手段，隐患排查治理不彻底，问题整改跟踪不到位。（5）考核奖惩机制缺失。安全管理考核与奖惩制度未有效落地，责任追究偏软，安全绩效与个人利益关联度低，难以调动各级人员主动参与安全管理的积极性。

2.2 设备本身的设计缺陷

部分建筑机械自动化设备在设计环节存在先天不足，成为设备安全控制管理中不容忽视的重要问题。（1）安全防护设计不足。部分设备在设计阶段对安全防护考虑不周，缺乏完善的防护罩、安全联锁及防坠落装置，旋转部件与高处作业区域暴露，操作人员受伤风险较高。（2）控制系统可靠性差。一些自动化设备控制系统的硬件选型与软件设计存在缺陷，抗干扰能力弱，运行中易出现信号失真、程序紊乱等异常，导致设备误动

作或失控，引发安全事故。（3）安全冗余设计欠缺。部分设备关键部位未设置双重限位、双回路制动等冗余保护措施，单一安全装置失效后无备用保障，设备安全高度依赖单点部件，可靠性严重不足。（4）人机工程设计不合理。操作界面布置不科学、标识不清晰、操作逻辑复杂，易造成操作人员误判误操作；部分设备视野遮挡严重，作业盲区大，增加了碰撞与伤害隐患。（5）适配性设计考虑不周。部分设备设计未充分考虑建筑工地高温、高湿、粉尘、振动等恶劣环境，密封与防腐性能不足，关键元器件早期失效，降低了设备整体安全性能。

2.3 操作人员安全意识与技能不足

建筑自动化机械设备依托智能控制系统完成施工作业，对操作人员的专业素养、设备认知与风险判断能力有着更高标准，但当前施工现场一线作业人员整体专业水平参差不齐。多数操作人员习惯于传统机械作业模式，对自动化设备的控制逻辑、传感原理、智能防护机制缺乏系统认知，无法精准识别设备异常工况与隐性运行风险。日常作业中普遍存在侥幸作业心理，随意简化规范操作流程、擅自关闭安全防护程序、违规更改设备运行参数等不良作业行为，大幅提升设备故障与安全事故的发生概率[2]。同时，行业常态化岗前培训多流于形式，培训内容偏向基础操作，缺乏针对自动化设备故障排查、应急处置、系统运维的专项教学，导致人员应急实操能力薄弱。面对设备程序报错、传感失灵等突发状况，操作人员难以快速做出正确应对，容易引发操作失误、设备损坏乃至现场安全事故，严重制约自动化设备安全管控工作落地见效。

2.4 安全监测与预警手段落后

现阶段多数建筑施工现场针对自动化机械设备的安全监测体系仍较为传统，监测方式以人工定期巡检、阶段性设备排查为主，配套智能化监测设备普及率偏低，难以适配自动化机械连续作业的安全管控需求。传统监测模式存在数据采集滞后、监测覆盖面有限、动态追踪能力不足等短板，仅能排查设备显性故障，无法实时捕捉机械结构形变、电控系统参数偏移、传感模块老化等隐性安全隐患。现有预警机制阈值设置单一、智能化程度不足，缺乏多维度数据联动分析能力，难以根据施工现场复杂工况动态调整预警标准，极易出现漏预警、晚预警或无效误报等问题[3]。同时，现场监测数据多为零散记录，未形成系统化的数据归集与动态分析体系，无法实现设备运行状态的全过程溯源与趋势预判，难以提前规避设备失稳、系统异常等风险，整体安全防控的前瞻性与精准度难以满足智能化施工的安全管理要求。

3 建筑机械自动化设备安全控制管理的优化对策

3.1 完善安全控制管理制度体系

针对建筑机械自动化设备安全管理制度不健全的问题，应从制度层面系统构建完善的安全控制管理体系。（1）健全设备全周期管理制度。建立覆盖设备选型采购、进场验收、安装调试、运行使用、维护保养直至退场报废的全生命周期管理制度，明确各环节管理标准与工作流程，实现设备安全管理制度化、规范化。（2）明晰各方安全责任边界。签订设备租赁、安装、使用等环节的安全管理协议，逐项厘清租赁方、总包方、使用方及监理方的安全责任，构建横向到边、纵向到底的责任体系，杜绝责任真空与推诿现象。（3）强化人员准入培训制度。严格执行自动化设备操作人员持证上岗制度，建立岗前安全教育培训、定期技能考核与安全技术交底制度，重点培养懂技术、会管理的复合型安全人才队伍。（4）完善检查与隐患治理机制。建立日巡查、周检查、月度专项检查相结合的安全检查制度，对限位装置、急停系统等关键部位实施动态监控，落实隐患排查、登记、整改、验收的闭环管理。（5）建立考核奖惩激励制度。将设备安全管理绩效纳入各级人员考核体系，实行安全责任与经济奖惩挂钩，对表现突出者予以奖励，对违章失职行为严肃追责，激发全员参与安全管理的内生动力。

3.2 强化机械设计阶段的安全控制

机械设计是建筑自动化设备安全管控的源头环节，从设计层面落实安全防护设计，能够从根本降低设备后期运行的故障概率与安全风险。设备研发设计阶段需严格结合建筑施工现场复杂多变的作业环境，依托机械力学、电控原理与施工工况标准优化整体结构方案，摒弃重作业性能、轻安全防护的传统设计思维。针对设备高频运转、负载波动、户外腐蚀振动等工况特点，优化机身结构强度、构件衔接方式与整体稳定性，增设专属机械防护结构与过载保护装置。同步配套多元化电气安全设计，优化控制电路布局、传感安装点位与程序控制逻辑，规避电路紊乱、信号偏差、程序失控等设计隐患[4]。同时引入模块化安全设计理念，统一设备安全参数标准与防护冗余配置，在产品定型前完成多场景工况模拟测试与安全校验，提前整改设计缺陷，实现设备本质安全，为后期现场稳定、安全、可靠运行奠定核心基础。

3.3 提升操作与管理人员素质

操作与管理人员是建筑机械自动化设备安全管理的直接执行者，全面提升人员素质是优化安全控制管理的重要支撑。（1）严格人员准入选拔。建立自动化设备操

作与管理人员准入标准，严格审查学历背景、从业经历与资格证书，通过理论考试与实操考核相结合的方式择优选用，从源头保证人员基本素质。（2）强化岗前系统培训。针对设备结构原理、控制系统、安全操作规程及应急处置等内容开展系统的岗前培训，采用理论授课、仿真操作与现场实操相结合的方式，确保人员熟练掌握设备性能与操作要领。（3）开展常态化继续教育。建立定期复训与继续教育机制，及时组织新设备、新技术、新规范专题培训，结合典型事故案例开展警示教育，持续更新人员知识结构，强化安全红线意识。（4）完善考核评价机制。建立操作技能与安全行为并重的考核评价体系，定期开展技能比武与安全知识竞赛，将考核结果与岗位聘用、薪酬待遇挂钩，形成比学赶超的良好氛围。（5）培育企业安全文化。通过安全承诺、班组建设、经验分享等多种形式培育安全文化，引导人员从“要我安全”向“我要安全”转变，营造人人讲安全、事事为安全的良好环境。

3.4 引入智能化安全管控技术

依托现代智能传感、物联网与大数据技术升级传统管控模式，是提升建筑自动化机械设备安全防控能力的关键举措。施工现场可全面搭载高精度姿态、应力、温度及雷达感应传感器，对设备运行倾角、结构载荷、运行速度等核心参数进行全天候动态采集，实现设备运行状态的全方位实时监测[5]。搭建云端数据管控平台，对采集的海量运行数据进行持续汇总、分析与研判，精准捕捉设备潜在故障趋势，改变传统事后处置的被动管理模式。系统可根据预设安全阈值开展分级智能预警，通过声光提示、后台推送等方式及时提醒管理人员干预，同时联动设备自控系统实现超限自动限位、减速、停机等主动防护动作。结合数字化台账完成设备运行数据长效归档与智能分析，为设备维保、工况优化、风险预判提供数据支撑，全面提升施工现场机械安全管控的智能化、精准化与前瞻性。

3.5 落实本质安全管理要求

本质安全管理以源头消险、主动防控为核心原则，贯穿建筑自动化机械设备全生命周期管控，能够从根本降低人为失误、设备异常引发的安全风险。区别于事后整改的被动管理模式，本质安全侧重提前消除各类不安全隐患，结合设备设计、现场应用、运维管控等多环节建立闭环安全体系。在设备应用场景中，持续排查机械结构缺陷、电控系统漏洞及作业环境风险，对高危作业工况设置硬性安全防护冗余，杜绝违规操作带来的安全隐患。同时将本质安全理念融入日常运维体系，定期开展设备全面检测、部件老化更替与系统程序校验，保障设备始终处于标准运行状态。同步梳理岗位安全职责，将本质安全管控要求细化到操作、巡检、维保各岗位，依托标准化作业规范约束作业行为，全方位筑牢自动化机械设备施工的安全运行根基。

结语

未来建筑施工智能化转型进程将持续加快，自动化机械设备的集成度与智能化水平会不断提升，行业对设备安全管控的精细化、智能化标准也将持续升级。随着物联网、大数据、智能传感等技术深度融入设备设计与现场管理，全过程动态安全防控体系将逐步普及。后续行业将持续推进设备本质安全设计革新，完善智能安全管控机制，构建全周期、立体化安全管理模式，助力建筑机械自动化施工实现安全、高效、稳定的长效发展。

参考文献

[1]冀勉,武晓雅,沈羽.建筑机械设计的自动化设备安全控制管理研究[J].工程抗震与加固改造,2025,47(5):I0011-I0011.

[2]杨皓楠.机械自动化设备的安全控制管理策略研究[J].中国金属通报,2023,(13):89-91.

[3]杜宏宇.机械设计自动化设备的安全控制技术分析[J].中国科技期刊数据库工业A,2023,(7):137-140.

[4]魏静娴.机械自动化设备的安全控制管理[J].中国科技期刊数据库工业A,2023,(10):180-183

[5]王建兴.机械自动化设备安全控制的路径分析[J].造纸装备及材料,2023,52(5):73-75.