

商品房项目群塔作业防碰撞预警系统开发

赵从良

四川益友建设工程有限公司 四川成都

【摘要】随着商品房建设项目规模的不断扩大，多塔群作业环境日益复杂，塔吊之间的作业碰撞风险显著增加。针对该问题，开发了一套基于实时监测与智能预警的防碰撞系统，通过传感器数据采集、无线通信与算法分析，实现对群塔作业中的塔吊位置和运动状态的精准监控。系统能有效预判潜在碰撞风险并发出预警，保障施工安全，提升项目管理效率。该系统的应用有助于降低事故发生率，促进建筑施工智能化发展。

【关键词】商品房项目；群塔作业；防碰撞预警；塔吊安全；智能监测

【收稿日期】2025 年 2 月 12 日 **【出刊日期】**2025 年 3 月 16 日 **【DOI】**10.12208/j.ace.202500090

Development of collision warning system for tower operation in commercial housing project group

Congliang Zhao

Sichuan Yiyou Construction Engineering Co., Ltd, Chengdu, Sichuan

【Abstract】 As the scale of commercial housing construction projects continues to expand, the working environment for multi-tower clusters becomes increasingly complex, significantly increasing the risk of collisions between tower cranes. To address this issue, a collision prevention system based on real-time monitoring and intelligent early warning has been developed. By collecting sensor data, wireless communication, and algorithm analysis, the system achieves precise monitoring of the positions and movement states of tower cranes during cluster operations. The system can effectively predict potential collision risks and issue warnings, ensuring construction safety and improving project management efficiency. The application of this system helps reduce accident rates and promotes the intelligent development of construction.

【Keywords】 Commercial housing project; Group tower operation; Collision warning; Tower crane safety; Intelligent monitoring

引言

现代商品房项目施工中，多个塔吊同时作业成为常态，但复杂的空间环境和作业动态大大增加了塔吊碰撞的安全隐患^[1]。传统的人工监控方式难以满足高效、准确预警的需求，造成安全风险难以有效控制。通过引入智能防碰撞预警系统，利用传感技术和数据分析实现实时监控和风险评估，能够极大提升施工现场的安全管理水平。这不仅有助于保障人员和设备安全，还推动了建筑施工向数字化、智能化方向迈进，成为提升项目管理效能的重要手段。

1 商品房群塔作业中塔吊碰撞风险及安全需求分析

商品房项目的建设规模不断扩大，伴随着施工

工艺的复杂化，多个塔吊在同一区域内同时作业的群塔作业模式逐渐普及。群塔作业虽然提高了施工效率，但也带来了显著的安全隐患^[2]。由于塔吊结构庞大且活动范围广泛，多个塔吊之间的空间交叉和动作干扰极易导致碰撞事故。特别是在高密度的城市建设环境中，受限于场地空间和施工进度的压力，塔吊作业的安全管理难度显著增加。塔吊碰撞不仅可能导致设备损坏，还会对施工人员的生命安全构成严重威胁，影响施工进度并增加经济损失。因此，群塔环境中塔吊的安全风险成为当前商品房项目管理中亟需重点解决的问题。

塔吊碰撞的风险源于多方面因素，包括塔吊之间的相对位置不明确、操作人员对周围塔吊的运动

状态感知不足以及缺乏实时有效的监控手段。传统依赖人工目视监控和操作经验的方式,在高负荷和复杂环境下难以做到精确控制,存在盲区和延迟,无法及时识别潜在碰撞隐患。除此之外,风速变化、塔吊臂长调整、载荷变化等动态因素也加剧了碰撞风险的复杂性。为保障群塔作业的安全,必须建立科学的风险识别与防控机制,结合先进技术手段,提升对塔吊位置与运动状态的实时掌握能力^[3]。实现动态安全监测和碰撞预警是解决群塔作业安全隐患的关键。

满足商品房群塔作业的安全需求,必须从多维度进行风险管理。需要通过高精度传感器和定位技术,实现对每台塔吊的位置、旋转角度及运动轨迹的实时监测。基于大数据分析和智能算法,系统能够准确预测各塔吊间可能出现的碰撞风险,并及时发出预警提示,指导操作人员调整作业策略。进一步,系统还应具备信息交互功能,支持现场管理人员实时掌控整体作业态势,提高指挥调度的科学性和及时性。全面的防碰撞预警系统不仅满足安全管理的技术需求,也符合现代建筑施工向智能化、数字化转型的趋势,成为保障商品房项目群塔作业安全运行的重要技术支撑。

2 群塔防碰撞预警系统的设计原则与技术架构

群塔防碰撞预警系统的设计必须立足于确保施工现场安全、提升作业效率和满足群塔作业复杂环境下的实时监控需求。系统设计原则以精准性、实时性和可靠性为核心,力求通过多源数据融合实现对群塔作业环境的全面感知。精准性要求系统能够准确获取每台塔吊的空间位置、动作轨迹及相关动态参数,避免因信息误差导致的误判和漏报^[4]。实时性则强调系统在数据采集、处理和预警发出环节的高效响应,确保操作人员能够在碰撞风险尚未形成时采取有效措施。可靠性方面,系统需具备稳定的硬件支持和健壮的软件算法,保证在复杂工况和恶劣环境中持续稳定运行,防止因系统故障引发安全隐患。

技术架构设计遵循模块化和分布式的思路,形成由感知层、传输层、处理层和应用层四个部分构成的多层体系。感知层通过布设高精度传感器如激光雷达、超声波传感器及惯性测量单元(IMU),实时采集塔吊的位置、角度、载荷及周围环境信息。传输层依托无线通信技术,确保感知数据的高速、稳定传输,通常采用低时延、高带宽的工业无线网络以适应施工现场复杂的信号环境。处理层以云计算或边缘

计算为基础,负责数据融合、动态分析与碰撞风险预测,运用机器学习算法和空间几何模型对多塔吊运动状态进行实时建模和风险评估^[5]。应用层则将预警信息以直观的方式展示给现场操作人员及管理者,通过可视化界面和声音报警提示,实现及时干预和决策支持。

整体系统设计充分考虑施工现场的多变性和不确定性,在保障系统性能的同时提升用户体验和易操作性。模块间的高度协同和开放接口设计方便系统的扩展与升级,支持接入更多类型的传感器和新兴技术。系统还注重与现有施工管理平台的集成,构建数据共享与协同工作的生态环境,为群塔作业的智能化管理提供坚实支撑。通过合理设计的技术架构和严谨的设计原则,群塔防碰撞预警系统能够有效降低塔吊碰撞事故风险,推动商品房项目施工安全向更高水平迈进。

3 防碰撞预警系统关键技术实现与功能模块

防碰撞预警系统的关键技术实现是确保群塔作业安全的核心,其技术实现涵盖了高精度定位技术、数据融合算法及智能预警机制等多个方面。高精度定位技术通过全球导航卫星系统(GNSS)、惯性导航系统(INS)与无线传感网络的结合,实现对每台塔吊的三维空间位置和动态姿态的精准监测^[6]。定位精度的提升为碰撞风险的早期发现奠定了基础,尤其在复杂的施工环境中,GNSS信号可能受遮挡或干扰,惯性导航和传感网络的协同补偿显得尤为重要。多传感器数据融合算法通过卡尔曼滤波等先进滤波技术,将来自不同传感器的数据进行整合,消除噪声和误差,获得稳定可靠的作业状态信息。该算法能够动态调整权重,实现实时修正,保证数据的准确性和连续性。

智能预警机制基于实时监测数据,运用空间几何模型与运动轨迹预测算法,对群塔作业中可能发生的碰撞风险进行评估。系统采用动态安全距离判定,通过计算各塔吊运动路径的交叉点及时间窗口,提前识别潜在碰撞区域。借助机器学习技术,系统能够根据历史作业数据和异常行为模式进行风险模型优化,提高预警的精准度与响应速度。当系统检测到碰撞风险临近时,自动触发多级预警,包括声光报警和操作界面提醒,指导塔吊司机及时调整动作或暂停作业,有效防止事故发生^[7]。系统具备异常状态自诊断功能,能够监测传感器及通信链路的运行状态,

保证预警信息的及时传输与准确反馈。

功能模块的构建体现了系统的整体设计理念,主要包括数据采集模块、通信传输模块、数据处理模块和人机交互模块。数据采集模块负责多源传感器信息的采集与初步处理,确保数据的完整性与准确性。通信传输模块通过工业级无线网络实现数据的稳定传递,克服施工现场信号复杂的挑战。数据处理模块承担核心算法的运行,包括数据融合、运动预测与碰撞风险评估,保障系统的智能化水平。人机交互模块则通过直观的界面展示监控结果和预警信息,支持操作人员和管理者的决策,提升安全管理效率。整体功能模块相互配合,共同构筑起一套高效、可靠的群塔防碰撞预警系统,为商品房项目群塔作业提供坚实的技术保障。

4 防碰撞预警系统应用效果及安全管理提升研究

防碰撞预警系统在商品房项目群塔作业中的应用效果显著提升了施工现场的安全管理水平。通过系统的实时监控与智能预警,施工过程中塔吊碰撞事件的发生率得到了明显降低^[8]。系统能够持续捕捉多台塔吊的动态数据,及时识别潜在的碰撞风险,保障作业人员对危险的快速响应。实践证明,该系统不仅提高了施工安全保障的科学性和准确性,还优化了施工现场的整体作业协调,使得复杂环境下的多塔吊协同作业更加高效和安全。应用过程中,现场管理人员能够通过可视化界面直观掌握塔吊作业状态,科学调度指挥,进一步减少人为操作失误带来的风险。

在安全管理方面,防碰撞预警系统促使施工单位加强了对群塔作业的规范化管理。系统预警信息成为安全决策的重要依据,推动了作业流程的标准化和透明化。安全培训和操作规范也因系统数据支持而更加针对性和有效。施工现场管理层能够根据预警数据分析,制定更合理的作业方案和应急预案,及时调整作业计划以避免安全隐患。同时,系统的数据存储功能为事后安全分析和责任追踪提供了科学依据,提升了安全管理的制度化水平。该系统不仅减少了安全事故的发生,更通过数据驱动的管理手段,推动了施工安全文化的形成与深化。

技术应用的持续优化也促进了施工安全管理理念的升级。随着系统在更多商品房项目群塔作业中的推广,实时监测和智能预警技术逐渐成为施工安全管理的标准配置。系统与施工信息化平台的深度融合,为群塔作业安全管理提供了全面的数据支撑

和决策辅助,推动了施工现场的数字化转型。通过持续的技术迭代和应用反馈,防碰撞预警系统不断完善其功能和适应性,更好地满足不同规模和复杂程度项目的需求。整体来看,该系统在提升施工安全保障能力、优化管理流程和促进智能施工方面发挥了关键作用,成为商品房项目群塔作业安全管理的重要技术支柱。

5 结语

群塔作业环境复杂,塔吊碰撞风险突出,防碰撞预警系统的开发和应用有效提升了施工安全管理水平。通过高精度定位、智能数据融合与实时预警技术,系统实现了对多台塔吊动态状态的精准监控和风险预判,显著降低了碰撞事故发生率。同时,系统促进了安全管理的规范化和信息化,为施工现场提供了科学决策支持。未来,该系统将在推动建筑施工智能化发展中发挥更加重要的作用,助力商品房项目实现高效、安全的群塔作业管理。

参考文献

- [1] 吴余海.盖挖逆作施工群塔布置设计及作业技术研究[J/OL].施工技术(中英文),1-6[2025-05-27].
- [2] 陈标志.商品房网签增长 30%海南楼市“五一”有点火[N].中国房地产报,2025-05-12(001).
- [3] 聂达林.建筑工程群塔作业防碰撞施工智能化系统应用分析[J].中国住宅设施,2025,(03):113-115.
- [4] 张赞.基于 UWB 技术的煤矿井下人-车防碰撞安全预警方法研究[J].陕西煤炭,2025,44(03):169-173.
- [5] 郭晓澎.高速公路养护施工防碰撞预警系统研究[J].西部交通科技,2025,(02):77-79.
- [6] 韩沛,李荧婷.多地商品房旺销多个项目实现交付[N].南宁晚报,2025-02-17(002).
- [7] 杨先志.合肥新桥国际机场 T2 航站楼群塔作业施工技术分析[J].安徽建筑,2024,31(07):34-35.
- [8] 孙锋.群塔作业环境下装配式建筑施工现场设施布局优化研究[D].西安建筑科技大学,2024.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS