

港口起重机自动化远程监控与故障诊断系统设计

宋浩

青岛海西重工有限责任公司, 山东 青岛 266000

DOI:10.61369/EPTSM.2025030004

摘 要： 本文探讨港口起重机自动化远程监控与故障诊断系统的设计原则与策略。该系统融合多源数据采集、智能算法分析与分层架构设计，实现设备状态实时监测、故障预判与精准诊断。系统赋能高效作业调度，筑牢安全管控防线，遵循可靠性优先、兼容开放性 & 数据安全保护原则，为港口智能化转型提供技术支撑，显著提升设备维护效率与运行安全性。

关 键 词： 港口；起重机；自动化监控；自动化故障诊断

Design of Automatic Remote Monitoring and Fault Diagnosis System for Port Crane

Song Hao

Qingdao Haixi Heavy Machinery Co., LTD., Qingdao, Shandong 266000

Abstract： This paper explores the design principles and strategies for an automated remote monitoring and fault diagnosis system for port cranes. The system integrates multi-source data collection, intelligent algorithm analysis, and hierarchical architecture design to achieve real-time equipment status monitoring, predictive fault detection, and precise diagnosis. It empowers efficient operation scheduling, strengthens safety control, and adheres to the principles of reliability first, compatibility and openness, and data security protection. This provides technical support for the intelligent transformation of ports, significantly enhancing equipment maintenance efficiency and operational safety.

Keywords： port; crane; automatic monitoring; automatic fault diagnosis

引言

港口起重机作为现代港口装卸作业核心设备，其运行状态直接影响港口整体效能与安全。传统设备管理模式依赖人工巡检与经验判断，面对日益复杂的港机设备与高强度作业需求，已显滞后。数字化浪潮推动港口向智能化方向发展，自动化远程监控与故障诊断系统应运而生。该系统整合传感测量、数据传输、智能分析等技术，构建起全方位设备健康管理体系，突破时空限制实现设备状态感知与风险预判。在港口作业日趋精细化背景下，深入研究自动化监控诊断技术具有重要理论意义与实践价值，为港口装备管理模式变革提供技术引领。

一、港口起重机自动化远程监控与故障诊断系统的价值

（一）赋能高效作业调度

自动化远程监控与故障诊断系统在港口起重机作业调度方面展现出显著价值。该系统实现了设备运行状态的实时监测，使调度中心能够获取完整且动态的设备性能画像，为精确调度决策奠定基础。故障诊断模块则依托智能算法分析运行数据，预判潜在故障风险，促使调度系统在问题发生前主动调整作业计划，有效降低突发停机引起的调度混乱。港机设备健康状态量化评估机制使调度人员得以根据设备实际能力分配任务，避免因设备超负荷运转导致的效率损失。系统还构建了设备间协同作业的数字化映

射，对复杂作业流程进行优化计算，生成最佳调度方案。远程监控技术突破了传统调度信息不对称的限制，提高了决策的准确性与时效性。集成的数据分析平台将设备工况、作业环境与任务需求纳入统一评估框架，实现资源精准匹配与动态调整。值得注意的是，系统建立的设备历史性能数据库为调度策略迭代优化提供科学依据，使调度模式从经验驱动逐步向数据驱动转变，形成自我学习与持续改进的良性循环，从根本上提升港口作业的整体效能与经济性^[1]。

（二）筑牢安全管控防线

港口起重机自动化远程监控与故障诊断系统在安全管控层面构建了坚实防线，形成了全域覆盖、全时段保障的安全闭环体系。该系统借助精密传感器网络实时捕获设备运行参数，依托智

作者简介：宋浩（1997.01-），男，汉族，山东青岛人，学历：本科，职称：助理工程师，工作领域：港口起重机。

能算法对异常状态进行精准识别，在风险萌芽阶段即予以警示。安全管控防线的构筑体现在多维度协同——设备层面实现状态量实时监测，确保超限运行得到即时干预；系统层面建立预警机制，将风险事件分级分类处置；管理层面构建设备健康档案，推动安全管理由被动响应向主动预防转变。港口起重机作为大型高危机械，其安全管控尤为关键，远程监控与故障诊断系统打破了传统人工巡检在时间与空间上的局限，赋予安全管控以新的技术手段。基于大数据分析的故障预测模型使潜在风险可视化，防控措施更具针对性，从根本上消除了安全隐患。安全防线的筑牢并非单纯技术堆砌，而是设备状态感知、风险预警研判、安全处置联动三位一体的系统工程，为港口作业提供了全方位保护，最终实现了安全防线从点状监控到网格化防护的质变^[2]。

二、港口起重机自动化远程监控与故障诊断系统设计原则

（一）坚持可靠性优先原则

港口起重机自动化远程监控与故障诊断系统的设计必须将可靠性置于核心位置。可靠性优先意味着系统在各种工况环境下均能保持稳定运行，确保监控数据采集与传输的连续性与准确性。该原则要求系统架构采用冗余备份机制，关键环节设置故障安全模式，监测参数选取具有代表性与全面性。设备端数据采集模块应具备抗干扰能力，信号传输链路需配置多路径冗余方案，服务器端则应部署分布式存储与计算框架。诊断算法设计应注重稳健性，面对噪声与异常数据时依然能够作出准确判断。可靠性评估贯穿系统全生命周期，从初期设计到实际部署再到运行维护各阶段均需严格把控。港口特殊的海洋环境与高强度作业特点决定了系统必须具备极高的环境适应性及长期稳定性，因此可靠性不仅是技术指标，更是系统设计的根本哲学。

（二）遵循兼容性与开放性原则

港口起重机自动化远程监控与故障诊断系统设计环节中，兼容性与开放性原则构成了系统长远发展的根基。现代港口作业环境下，各类起重设备技术体系各异，厂商间产品规格差异明显，监控诊断系统因而须具备跨平台适应特性，与多元设备建立稳定连接。系统构架宜采用模块分解理念，硬件接口实行标准化处理，软件结构落实分层设计方法，保障新设备引入时整体运行稳定性。开放性特质体现于系统边界的包容性上，技术路线应选择行业认可的通信规范，预留充足扩展空间，使系统保有持续演化能力。数据结构需契合行业标准规范，信息交互机制执行统一准则，促成与港口管理系统的高效联通。诊断平台应为外部功能模块提供规范化接入途径，支持应用的多维拓展。秉持兼容与开放设计理念，使自动化监控诊断技术在设备更迭环境中展现持久价值，全面提升港口智能化运营水平，推动设备维护工作向精细化管理方向发展^[3]。

（三）落实数据安全与隐私保护原则

数据安全与隐私保护在港口起重机自动化远程监控与故障诊断系统中占据核心地位，构成系统稳定运行的基石。完善的数据

安全架构需建立多层次防御体系，将加密技术融入数据传输全流程，确保敏感信息免受非授权访问威胁。端到端加密方案保障数据在采集、传输、存储、处理各环节维持安全状态。差异化访问权限管理机制为各级工作人员分配适当权限，实现精细化控制。敏感数据匿名化处理消除个人标识特征，在保留数据分析价值同时降低隐私泄露风险。定期安全审计与风险评估能够发现潜在漏洞，提前部署补救措施。系统设计遵循最小数据收集原则，仅采集必要信息，减少潜在风险面。区分核心数据与边缘数据，采取级别化保护策略，平衡安全投入与保护效果。数据生命周期管理确保过期数据安全销毁，避免残留信息带来安全隐患。安全响应预案明确突发事件处理流程，缩短应对时间。合规性设计满足行业规范与法律要求，为系统长期稳定运行奠定基础^[4]。

三、港口起重机自动化远程监控与故障诊断系统设计策略

（一）构建分层式技术架构策略

图（一）分层式技术架构



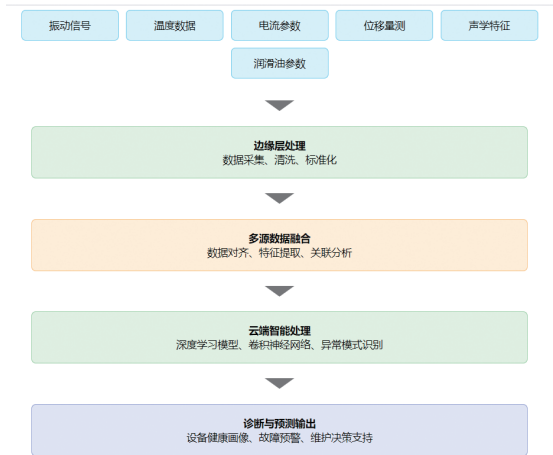
分层式技术架构在港口起重机自动化远程监控与故障诊断系统中扮演着关键角色，其核心理念是将复杂系统依功能划分为相互独立又紧密协作的层级结构。此类架构典型地包含感知层、网络传输层、数据层、应用服务层及用户交互层五大部分。感知层负责将物理设备运行参数数字化；网络传输层确保数据高效可靠流转；数据层执行信息清洗、融合与存储；应用服务层承载监控逻辑与故障诊断算法；用户交互层则实现人机信息交换。各层级间以标准化接口连接，实现功能解耦与模块独立，使系统具备更强韧的抗干扰性与演进潜力。这种层级化设计理念赋予系统良好的容错能力，单点故障影响范围有限，同时支持异构技术集成，满足港口作业环境苛刻性与多变性的需求^[5]。

例如，企业可以在重型港口起重机群监控系统中实施五层分离式架构。感知层部署高精度振动传感器、角度编码器、应变片等设备，持续捕获设备运动状态与健康指标。网络传输层借助工业以太网结合5G技术构建冗余通信网络，解决恶劣天气与电磁干扰问题。数据层在塔式起重机底部安装边缘计算单元进行就地分析，减轻主数据中心负载，提升时间敏感型数据处理效率。应用服务层集成专家知识库与机器学习算法，识别复杂故障

模式，预判设备劣化趋势。用户交互层则为调度员提供三维可视化界面，呈现起重机群实时工况。某沿海集装箱码头引入此架构后，设备故障预判窗口期从小时级延长至天级，系统响应速度达毫秒级别，年均计划外停机时间显著缩减，装卸作业效率与设备寿命双双提升^[6]。

（二）实施多源数据融合与智能处理

图（二）港口起重机多源数据融合与智能处理架构



多源数据融合与智能处理在港口起重机自动化远程监控体系中占据核心地位。该技术架构融合振动信号、温度数据、电流参数、位移量测等多维度信息，构建起全方位的设备健康画像。智能数据处理则依托高级算法对采集信息进行深度挖掘，实现异常模式精准识别^[7]。数据融合策略需在边缘层完成初步清洗与标准化，再于云端执行高阶分析，形成闭环诊断链路。此类系统设计应重视数据质量保障机制，建立严格的异常值筛选标准，确保融

合后信息能真实反映设备状态。深度学习模型在此基础上可挖掘设备运行规律，预测性地发现潜在故障点，大幅缩短诊断周期^[8]。

（三）开发模块化功能组件

模块化功能组件开发是港口起重机自动化远程监控与故障诊断系统构建的核心策略。模块化设计将复杂系统分解为独立且可替换的功能单元，每个模块承担特定职责，具备清晰定义的输入输出接口^[9]。这种架构理念赋予系统高度灵活性与扩展性，使特定功能可独立升级或替换，无需重构整体框架。模块间保持低耦合高内聚特性，有效提升系统稳定性，局部故障不会引发连锁反应导致系统崩溃。标准化接口定义确保模块间信息交换顺畅，为功能演进预留充分空间。设计时应遵循单一职责原则，为每个模块划定明确边界，保证内部逻辑自洽，外部调用简明扼要，实现系统整体协调与局部自治的平衡^[10]。

四、结语

港口起重机自动化远程监控与故障诊断系统设计是一项系统工程，需统筹考量技术可行性与实用价值。本文提出的分层架构、多源数据融合与模块化组件开发策略，为港机智能监控系统构建提供了技术路径。该系统实现由被动维修向主动预防转变，打破传统维护模式局限，赋予设备管理数字化、智能化特质。随着边缘计算、人工智能等技术持续发展，港口起重机监控诊断技术将向更精准、更高效方向演进，进一步提升港口作业安全性与经济性，助力港口走向全面智慧运营。当前技术条件下，推动监控诊断系统实际应用是行业发展的必然趋势，将为港口安全高效运行奠定坚实基础。

参考文献

[1] 张明. 机械自动化技术在港口起重机机械制造中的应用研究 [J]. 模具制造, 2024, 24(11): 201-203.
[2] 钟伟杰, 陈建甫, 刘科雷. 自动化港口起重机技术分析及常用检验方法 [J]. 建设机械技术与管理, 2024, 37(05): 50-53.
[3] 曾钦坚, 王文龙, 全晓军. 门座起重机自动化在港口的应用 [J]. 现代食品, 2023, 29(19): 17-20.
[4] 杨洋洋, 吴平平, 张科昌. 港口自动化起重机传动机构在线监测系统 [J]. 港口装卸, 2021, (05): 43-46.
[5] 赵德龙, 刘建波, 王桂军, 等. 港口起重机箱形梁隔板加强筋自动化焊接工艺 [J]. 起重运输机械, 2019, (06): 59-62.
[6] 王大荣, 任京, 胡佃秋, 等. 大数据驱动的港口堆场及起重机运行状态监测平台研究 [J]. 港口装卸, 2024, (02): 26-29.
[7] 杨振辉, 吴丛铭, 何永康, 等. 港口起重机低表面长效防腐研究 [J]. 港口装卸, 2024, (01): 15-17.
[8] 陈操, 杨希成. 基于中控去中心化的港口起重机分布式远控系统 [J]. 港口装卸, 2024, (01): 53-56.
[9] 孟庆国. 起重机自动化控制关键技术与实现 [J]. 起重运输机械, 2023, (17): 10-11.
[10] 范永昌, 张铠恺. 门座起重机半自动化控制系统 [J]. 港口装卸, 2023, (04): 53-54+64.