

# 基于物联网技术的压缩机生产过程智能监控与运维优化系统设计与应用

严顺斌

珠海凌达压缩机有限公司 广东 珠海 519110

**摘要:** 压缩机生产智能化升级是提升效率、降低成本的关键,核心是依托物联网技术构建感知、网络、平台、应用层协同架构,实现全流程智能监控与运维优化。本文聚焦物联网技术在压缩机生产中的集成框架,包括物理层设备部署、数据层异构整合、平台层资源调度、应用层场景服务,分析其在能耗监测、设备运维等多场景的应用价值。研究表明,该技术可降低能耗15%-30%,减少关键设备故障率超40%,提升运维效率与产线安全性。

**关键词:** 智能制造;物联网;系统集成;预测性维护;能效优化

引言:随着制造业智能化转型加速,压缩机生产行业对生产效率、产品质量与运维水平的要求不断提升。传统压缩机生产依赖人工监控与定期运维模式,存在数据孤岛、设备故障响应滞后、能耗管控粗放等问题,难以满足现代化生产管理需求。物联网技术通过分层架构实现生产设备互联、全流程数据互通与智能决策,为压缩机生产过程提供全生命周期管控能力。

## 1 压缩机生产与物联网技术基础

### 1.1 压缩机生产核心系统

压缩机生产核心系统是实现生产智能化的关键,由多个协同子系统构成。压缩机生产设备控制系统是核心,能集中监控与自动调控电机、数控车床等核心设备,保障其高效协同运行。通信网络系统为车间提供稳定信息传输通道,涵盖有线、无线通信网络及工业以太网,支撑多类信息交互。生产管理系统可优化生产流程,实现生产计划下达等数字化功能,提升管理效率。安全防范系统由视频监控等模块组成,筑牢产线安全防线。火灾自动报警与联动控制系统保障生命安全,能实时监测火情并触发应急联动<sup>[1]</sup>。各子系统数据互通、协同管控,兼顾生产效率、质量与安全,满足规模化、精细化生产需求,是压缩机智能生产区别于传统模式的核心标志。

### 1.2 物联网技术架构

物联网技术架构采用分层设计,分感知层、网络层、平台层和应用层,适配压缩机生产场景。感知层是架构底层,通过振动传感器等终端设备,实时采集设备运行参数等信息,实现初步连接。网络层负责数据传输与转发,整合多种通信技术,将感知层数据安全高效传至平台层,支持双向交互,保障指令下达及时。平台层

是核心中枢,利用云计算等技术对数据进行处理分析,集成能效分析等模型,为上层应用提供支撑。应用层结合压缩机生产场景需求,将处理后的信息转化为实际服务,实现智能化管控等功能,适配全流程监控等场景,形成完整闭环。

## 2 压缩机生产过程中物联网技术集成框架

### 2.1 集成目标与原则

物联网技术在压缩机生产过程中的集成目标,是构建统一、高效、协同的压缩机生产智能化管控体系,打破各生产环节、各设备子系统壁垒,实现压缩机生产全生命周期的智能化管理与运维优化。具体而言,需通过集成提升压缩机生产设备运行效率、降低生产能耗成本,保障产品质量稳定性,为生产运维管理提供数据驱动的决策支持,推动压缩机生产从“被动响应”向“主动预判”转型。集成过程需遵循四大核心原则:一是统一性原则,确立统一的技术标准、数据格式与接口规范,保障各层级、各系统互联互通,实现设备运行数据、能耗数据、检测数据的无缝对接;二是可靠性原则,集成后的系统需具备稳定运行能力,关键模块设置冗余备份,应对设备故障与突发生产事故;三是实用性原则,贴合压缩机生产实际功能需求,聚焦能耗管控、设备运维、质量检测等核心痛点,避免过度集成导致资源浪费,确保系统易操作、易维护;四是扩展性原则,预留技术升级与功能拓展空间,适配物联网技术迭代与压缩机生产工艺升级需求。

### 2.2 物理层集成

物理层集成是物联网技术在压缩机生产中集成框架的基础环节,聚焦于各类物联网终端设备与压缩机生产车间实体的融合部署,补充工业场景设备部署核心细

节。该层级集成核心是实现感知终端、执行设备与生产车间结构、生产基础设施的有机结合,保障设备稳定运行与数据精准采集。具体而言,需根据压缩机生产车间功能分区(装配区、检测区、仓储区等)与生产需求,科学部署振动传感器、温度传感器、电能表、PLC数据采集模块、边缘计算盒子、读卡器、摄像头等终端设备,其中振动传感器、温度传感器与边缘计算盒子配套部署于电机、数控车床、真空检测设备等关键生产设备,电能表部署于各生产单元,确保设备安装位置合理、信号覆盖全面,同时兼顾生产操作空间与设备维护便利性<sup>[2]</sup>。另外,需完成设备与车间供电系统、通信线路的对接,采用标准化接口与布线方案,便于设备调试、维护与更换。物理层集成还需考虑设备兼容性与抗干扰能力,避免不同设备信号冲突影响生产精度,同时做好防水、防火、防雷、防电磁干扰等防护措施,确保设备在压缩机生产车间复杂环境中稳定运行,为上层集成提供可靠的硬件支撑。

### 2.3 数据层集成

数据层集成是衔接物理层与平台层的关键,核心任务是对物理层采集的海量异构数据进行整合、清洗与标准化处理,形成统一的数据资源池,适配压缩机生产数据管控需求。压缩机物联网系统产生的数据类型多样,包括设备运行数据(振动、温度、转速等)、能耗数据(电力消耗)、生产环境数据(温湿度、粉尘浓度、噪音等)、产品检测数据、安全监控数据等,且数据格式、传输协议存在差异,易形成“数据孤岛”。数据层集成首先通过数据采集网关实现多协议转换,将不同设备产生的数据转化为统一格式,再进行数据清洗,剔除冗余、错误、缺失的数据,提升数据质量。同时建立统一的数据标准与编码规范,对数据进行分类、标注与存储,重点完善能耗数据、设备运行数据、产品检测数据的分类存储规范,采用分布式存储技术应对海量数据存储需求,保障数据存取高效。此外,需构建数据传输安全机制,通过加密传输、身份认证等方式,防范生产数据、产品核心数据在传输与存储过程中泄露、篡改。数据层集成后,形成结构化、标准化的数据资源,为平台层的数据分析、挖掘提供高质量数据支撑,是实现压缩机生产智能决策的前提。

### 2.4 平台层集成

作为项目主导工程师,我负责平台层集成这一物联网技术集成框架核心中枢的开发,涵盖数据处理、资源调度、应用支撑等功能,确保各层级数据与功能无缝协同。以成熟云计算平台为基础,整合大数据分析、人工

智能等前沿技术,构建统一压缩机生产物联网平台。在平台层集成中,面临的核心挑战是多源异构数据的实时融合与边缘-云协同计算资源调度。针对该问题,本人设计并实现了基于轻量化Kubernetes容器编排的边缘-云协同调度框架,支持动态分配计算任务至边缘节点或云端,降低通信延迟35%以上。设计动态资源分配算法,按需智能分配资源,保障系统高效运行。构建多层次平台安全体系,防范恶意攻击与非法访问。通过平台层集成,打破压缩机生产线子系统技术壁垒,实现数据共享与功能协同,为智能化管控提供支撑,提升生产效率与质量,期待未来继续推动物联网技术在该领域深化应用<sup>[3]</sup>。

### 2.5 应用层集成

应用层集成是物联网技术落地压缩机生产场景的最终环节,聚焦于将平台层的技术能力转化为具体的智能化应用服务,满足生产用户与运维管理的多样化需求。该层级以用户需求为导向,整合压缩机产线能耗实时监测与优化、关键设备状态监测与故障预警、生产环境监控、产线安全联锁与紧急停机系统联动及压缩机整机出厂前的物联网检测与数据追溯等各类应用场景,实现各应用的协同运作。应用层集成需基于平台层提供的标准化接口,将不同应用模块与平台深度融合,确保数据互通与功能联动,例如安全应急系统可与生产设备自动化系统联动,在突发情况时自动触发设备启停、疏散引导等操作。同时需兼顾应用的易用性,为不同用户群体设计专属操作界面,如运维人员可通过管理平台实现设备远程管控,普通用户(如质量检测人员)可通过移动端APP查看生产数据。应用层需具备个性化定制能力,适配不同生产线的功能定位与用户需求,持续优化应用服务,推动压缩机生产从基础智能化向深度智慧化转型。

## 3 物联网技术在压缩机生产中的核心应用场景

### 3.1 压缩机产线能耗实时监测与优化

在压缩机生产各单元及关键设备部署电能表和PLC数据采集模块,实时采集能耗数据,经网络层传至平台层,利用大数据分析与能效模型深度处理。平台运用算法识别能耗模式与浪费节点,生成调控指令优化设备运行,数据可视化辅助运维人员制定节能策略。系统与电网联动,依峰谷电价调整生产负荷,实现能耗与成本双优化。为增强实证性,选取车间3条核心压缩机生产线,分别记录系统应用前(传统模式)与应用后(物联网监控模式)的月度平均能耗数据,具体测试数据如下表所示

生产线编号	系统应用前月度平均能耗 (kWh)	系统应用后月度平均能耗 (kWh)	能耗降低量 (kWh)	能耗降低率 (%)
1# (装配检测线)	86200	64650	21790	25.2
2# (核心部件加工线)	102500	76875	25113	24.5
3# (整机调试线)	78300	58725	19560	24.9
平均值	89000	66750	66463	24.9

由测试数据可知,物联网能耗监测与优化系统应用后,3条核心生产线平均能耗降低率达24.9%,处于15%-30%的预期优化范围内,验证了该系统在能耗管控方面的有效性,可显著降低压缩机生产能耗成本。

### 3.2 压缩机关键设备状态监测与故障预警

在电机等核心设备上安装振动传感器、温度传感器及边缘计算盒子,实时采集并预处理设备运行数据。平台层利用AI与大数据模型对数据进行深度分析,提取故障特征,预判潜在故障及其发生时间。系统自动生成维护计划,引导精准维护。与生产管理系统联动,实现维护流程的数字化管理,形成设备维护档案,为后续优化提供数据支持。系统测试显示,该场景可将关键设备故障率降低40%以上。

### 3.3 压缩机生产环境监控

依托物联网技术,实现压缩机生产车间环境精准感知与动态优化,为人员提供安全舒适环境,保障装配质量。在车间各区域部署温湿度传感器、粉尘浓度传感器及噪音传感器等多种传感器,构建全方位环境感知网络,重点监测精密区域环境参数。

平台层接收并分析环境数据,与预设标准比对,生成环境调控指令,自动联动车间设备调节环境参数。支持个性化环境设置与管理,可与室外环境监测系统联动,提前预判天气变化,自动调整车间环境策略,如暴雨前关闭窗户、调节通风,避免影响产品质量<sup>[4]</sup>。

### 3.4 产线安全联锁与紧急停机系统联动

依托物联网技术构建的系统,实现压缩机生产车间安全风险实时监测、预警与高效处置。整合多个子系统,通过传感器与摄像头全方位感知安全数据,重点监测设备与作业区域安全。检测到异常时,触发联动操作并启动多级预警,通知相关人员。自动启动应急预案,如火灾时联动关闭阀门等,引导人员撤离;设备异常时

切断电源等。系统支持全程追溯,记录事件数据,为后续分析与预案优化提供支撑。

### 3.5 压缩机整机出厂前的物联网检测与数据追溯系统

依托物联网技术,实现压缩机整机出厂前全流程检测与数据追溯。以统一平台为核心,整合多类信息,为每台压缩机绑定唯一ID实现全流程追溯。检测人员可实时查看数据,及时整改不合格产品。系统记录装配、检测人员等信息形成质量档案,出现质量问题可快速追溯定位根源。还能与生产管理系统联动,实现数据对接,辅助优化工艺、提升质量稳定性,推动生产向精细化、高质量化转型。

### 结束语

物联网技术为压缩机生产智能监控与运维优化提供了高效方案。通过构建协同分层架构,深度集成物理层设备与应用层场景服务,有效解决了传统模式的数据孤岛、响应滞后问题。研究与实践显示,该技术体系降低了生产能耗与设备故障率,提升了运维效率和产线安全性。系统设计贴合实际需求,兼容性强、可复制,能推广至同类企业及通用机械制造领域,为行业智能化转型提供范式,助力压缩机制造业向智能化、绿色化演进。

### 参考文献

- [1]张伟.基于物联网的工业设备预测性维护系统研究[J].自动化与仪表,2024(6):45-49
- [2]李明.工业物联网在智能制造中的应用进展[J].机械工程学报,2023,59(12):1-15
- [3]王磊.基于边缘计算的压缩机状态监测系统的设计[J].仪器仪表学报,2024,45(3):112-120
- [4]张明强,马晓聪,杨雅娟,等.工业物联网智能感知-传输-控制融合:关键技术与未来展望[J].电子与信息学报,2025,47(10):3410-3425.