

# 基于物联网技术的石油仪器仪表自动化控制系统研究

张晓璐

中海石油(中国)有限公司海南分公司 海南 海口 570000

**摘要:** 石油行业生产复杂且安全要求高,传统仪器仪表控制模式难满足大规模生产实时管控需求。物联网技术为石油行业仪器仪表智能化升级提供可能。本文研究基于物联网技术的石油仪器仪表自动化控制系统,介绍了物联网技术基础与石油行业需求,设计了系统架构,阐述关键技术选型与安全机制,实现核心功能模块并优化,分析海上天然气开采平台应用场景与效益。该系统提升了石油生产全流程管控能力,为石油行业数字化转型提供有效方案。

**关键词:** 物联网技术;石油仪器仪表;自动化控制;系统研究

引言:石油行业作为能源领域的关键支柱,其生产过程复杂且安全要求严苛。传统仪器仪表控制模式存在效率低、误差大、数据分散等问题,难以满足大规模生产实时管控需求。物联网技术作为新一代信息技术,具有泛在感知、高速传输、智能协同等优势,为石油行业仪器仪表控制的智能化升级提供了可能。本文旨在研究基于物联网技术的石油仪器仪表自动化控制系统,以提升石油生产全流程的管控能力。

## 1 物联网技术基础与石油行业需求

### 1.1 物联网技术概述

物联网技术是基于互联网延伸拓展的新一代信息技术,通过各类信息传感设备,按约定协议将任何物品与互联网连接,实现信息采集、传输、处理及交互的智能化网络体系。其核心架构涵盖感知层、网络层与应用层,感知层以传感器、RFID、摄像头等设备实现环境与物体状态感知;网络层依托5G、NB-IoT、工业以太网等技术完成数据高效传输;应用层通过云计算、大数据分析实现数据价值转化与智能决策<sup>[1]</sup>。当前,物联网技术已呈现泛在感知、高速传输、智能协同的发展特征,在工业制造、能源开采等领域展现出广阔应用前景,为传统行业数字化转型提供核心技术支撑,也为石油行业仪器仪表控制的智能化升级奠定基础。

### 1.2 石油行业仪器仪表控制需求

石油行业具有开采环境恶劣、生产流程复杂、安全要求严苛等特点,深海油气开采作为其中重要领域,对仪器仪表控制提出多元化、高精度的需求。在深海油气开采环节,面临深海高压、低温、强腐蚀等极端环境,需精准且实时地监测井下压力、温度等关键参数,保障开采作业安全与高效推进;在油气输送环节,由于输送距离长、海底环境复杂,需精准检测管道泄漏、压力波动、流量变化等指标,避免油气损耗与环境风险。同时,传统人工

巡检模式在深海油气开采场景下效率低下、误差较大,难以满足大规模生产的实时管控需求,行业亟需实现仪器仪表的自动化数据采集、远程监控与智能调控。另外,深海油气开采各环节数据分散,需通过仪器仪表控制体系实现数据整合共享,为生产优化与决策提供数据支撑,进一步提升整体运营效率与安全管控水平。

## 2 石油仪器仪表自动化控制系统架构设计

### 2.1 系统总体框架

石油仪器仪表自动化控制系统基于物联网三层架构进行设计,构建“感知-传输-应用”全链路一体化体系,实现对石油生产全流程仪器仪表的精准管控。感知层作为系统数据采集终端,部署振动传感器、压力传感器、温度传感器、流量传感器等各类智能传感设备,以及RFID标识设备与数据采集终端,负责开采现场等各环节仪器仪表的关键参数,并完成数据的初步过滤与格式转换。网络层承担数据传输枢纽功能,整合5G、NB-IoT、工业以太网等多种传输技术,根据不同应用场景的传输需求动态选择传输路径,保障数据从感知层到应用层的低延迟、高可靠传输,同时通过边缘计算节点实现部分数据的本地实时处理,降低云端算力压力。应用层依托云计算平台与大数据分析系统,搭建远程监控中心与智能决策平台,实现数据存储、分析、可视化展示、智能调控等功能,为管理人员提供全方位的生产管控服务,形成“采集-传输-分析-决策-调控”的闭环管控流程。

### 2.2 关键技术选型

结合石油行业生产特点与系统功能需求,关键技术选型聚焦感知、传输、应用三大核心环节精准匹配。感知层选用耐高温、高压、抗腐蚀的工业级智能传感器,其中深海油气开采平台振动监测选用精度达0.01g的三轴振动传感器,以精准捕捉平台在复杂海况下的振动数据;深海油气管道泄漏检测选用分布式光纤传感器,凭

借其长距离监测、高灵敏度等特性，及时发现管道微小泄漏情况；深海开采装置温度压力监测选用精度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 、 $\pm 0.05\text{MPa}$ 的高精度传感器，确保在深海高压、低温等复杂环境下数据采集的准确性与稳定性。网络层优先选用5G工业模组实现深海油气开采平台等重点区域的高速数据传输，满足实时数据回传需求；应用层选用Hadoop分布式计算框架实现海量数据存储与分析，采用TensorFlow深度学习框架构建钻具寿命预测、泄漏预警等智能模型，搭载B/S架构的可视化平台实现跨终端远程访问，确保系统功能的高效实现与便捷运维<sup>[2]</sup>。

### 2.3 系统安全机制

针对石油行业生产安全的严苛要求，系统构建多层次、全方位的安全防护机制，覆盖数据传输、存储、应用全流程。采用AES-256加密算法对传输数据进行全程加密，搭建虚拟专用网络（VPN）实现远程访问的安全隔离，同时通过数据校验与重传机制防范数据丢失与篡改。数据存储采用分布式存储架构实现数据多副本备份，部署防火墙、入侵检测系统（IDS）防范恶意攻击，建立数据访问权限分级制度，明确不同岗位人员的数据访问范围，确保数据存储安全。对感知层智能设备进行身份认证与密钥管理，定期进行固件升级与漏洞修复，部署设备状态监测模块实时预警设备异常运行状态，防范设备被非法控制。建立安全应急响应机制，针对数据泄露、设备故障等安全事件制定快速处置流程，保障系统稳定可靠运行，为石油生产安全提供坚实保障。

## 3 核心功能模块实现与优化

### 3.1 实时数据采集与传输模块

实时数据采集与传输模块是系统运行的基础，通过多源传感融合与传输优化技术实现数据的精准高效采集与传输。模块采用分时采集策略，根据不同仪器仪表的参数更新频率动态调整采集周期，对振动、压力等关键参数采用10ms高频采集，对环境温湿度等辅助参数采用1s低频采集，在保障数据实时性的同时降低能耗。数据采集过程中，通过数字滤波算法过滤传感器采集数据中的噪声干扰，提升数据质量。传输环节采用多通道冗余设计，结合5G与NB-IoT双传输通道，当主通道出现故障时自动切换至备用通道，保障数据传输的连续性。模块内置数据缓存机制，在网络中断时将采集数据本地缓存，网络恢复后自动补传，避免数据丢失。通过上述优化设计，模块可实现多类型仪器仪表数据的统一采集与规范传输，数据采集精度误差控制在 $\pm 0.5\%$ 以内，传输延迟不超过50ms，满足系统实时管控需求。

### 3.2 智能控制与决策模块

智能控制与决策模块是系统智能化核心，借助大数据分析深度学习技术，实现深海油气开采的精准控制与科学决策。模块构建了多维度数据模型库，包含深海开采设备状态分析、油气管道泄漏识别、开采参数动态优化等模型，通过采集历史与实时数据持续迭代完善。以基于LSTM神经网络的开采设备寿命预测子模型为例，其深入分析设备振动频率、载荷等参数，能精准预测剩余寿命，预警提前量达24小时，为设备维护留足时间，避免开采中断。此外，模块具有强大自适应控制功能，可依据深海复杂工况变化，自动调整仪器仪表控制参数。当压力、流量等参数波动时，系统自动调控相关设备，实现开采参数闭环稳定控制，保障深海油气开采高效、安全进行。

### 3.3 远程运维与可视化模块

远程运维与可视化模块旨在提升系统运维效率与生产管控的直观性，实现仪器仪表的远程管理与生产数据的可视化展示。模块搭建Web端与移动端一体化的远程运维平台，管理人员可通过终端实时查看仪器仪表运行状态、参数数据，远程下发校准、重启等运维指令，减少现场运维工作量，运维响应时间缩短60%以上<sup>[3]</sup>。针对仪器仪表故障，模块具备故障诊断与远程排查功能，通过分析设备运行数据定位故障原因，提供故障处理方案，提升故障修复效率。可视化层面，采用组态化设计构建生产全景监控界面，以图表、动画等形式直观展示各环节的关键参数与设备状态，支持数据趋势分析、异常报警弹窗等功能。

## 4 系统应用场景与效益分析

### 4.1 海上天然气开采平台典型应用场景

#### 4.1.1 脱水脱烃环节：压力与温度精准监测与调控

海上天然气开采平台脱水脱烃处理装置对压力和温度要求严苛。系统在此部署高精度压力、温度传感器，压力传感器装于脱水塔和脱烃塔关键部位，精度达 $\pm 0.02\text{MPa}$ ，能捕捉压力微小变化；温度传感器分布在加热、冷却设备附近，精度为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。数据传至智能控制平台后，平台依预设参数范围实时分析。若压力或温度超范围，系统立即自动调控设备，如压力过高开启泄压阀，温度异常智能调节加热功率或冷却介质流量，确保脱水脱烃在适宜条件稳定进行，提升天然气处理质量与效率。

#### 4.1.2 干气外输环节：流量与液位智能监测与流量调控

在干气外输环节，系统重点对流量和液位参数进行监测与调控。流量传感器安装在干气外输管道上，采用先进的涡轮流量计，能够精确测量干气的流量，测量精度达到 $\pm 0.5\%$ 。液位传感器则部署在储气罐内，实时监

测罐内液位高度，精度为 $\pm 1\text{mm}$ 。采集到的流量和液位数据通过网络传输至智能控制平台后，平台根据下游用户的用量需求和储气罐的液位情况，智能调节干气压缩机的运行参数和输出流量。当下游用户用量增加时，系统自动提高压缩机转速，增加干气输出量；当储气罐液位接近上限时，及时调整输出流量，避免液位过高造成安全隐患。同时，系统还具备流量异常报警功能，当流量出现突然增大或减小等异常情况时，能够迅速发出警报，提醒管理人员及时排查故障。

#### 4.1.3 整体工艺流程：多参数综合监测与协同控制

在海上天然气开采平台的整体工艺流程中，系统实现了压力、温度、液位、流量等多参数的综合监测与协同控制。通过在各个关键环节部署多种类型的传感器，构建了一个全面的数据采集网络，能够实时获取整个工艺流程中的各类参数信息。智能控制平台对这些多源数据进行融合分析，运用先进的算法模型预测工艺流程的运行趋势，提前发现潜在的问题和风险。例如，当压力和温度的变化趋势预示着可能出现设备故障或工艺异常时，系统会提前发出预警，并自动调整相关设备的运行参数，进行预防性控制。同时，系统还支持不同参数之间的协同控制，根据工艺流程的整体需求，实现压力、温度、流量等参数的优化匹配，提高整个开采平台的运行效率和稳定性<sup>[4]</sup>。

#### 4.2 综合效益评估

石油仪器仪表自动化控制系统应用于海上天然气开采平台，带来经济、安全、管理多维度效益提升。经济效益上，精准控制压力、温度等参数，优化工艺，降低能源与物料损耗，企业年均生产成本降10% - 13%；设备

故障减少延长其寿命，更换与运维成本降低；生产效率提升扩大产能效益，企业经济效益显著提高。安全效益方面，系统对工艺全流程实时监测、智能预警，能提前发现并处理压力异常等安全隐患，避免安全事故，事故发生率降75%以上，保障人员与环境安全，减少经济损失与声誉影响。管理效益上，远程运维与可视化管控让管理人员实时掌握平台状态，减少现场巡检工作量，提高运维效率；数据整合共享为生产管理提供精准数据，助力精准决策，推动石油企业从经验管理向数据驱动的精化管理模式转型，为数字化升级打基础。

#### 结束语

基于物联网技术的石油仪器仪表自动化控制系统，凭借合理架构与精准技术选型，成功达成实时数据采集、智能控制决策、远程运维可视化等核心功能。在海上天然气开采平台应用成效显著，提升生产效率、降低安全风险、优化管理决策。未来，该系统仍有广阔发展空间，可进一步拓展功能、提升性能，以契合石油行业不断变化的需求，引领行业向智能化、绿色化方向稳步前行。

#### 参考文献

- [1]张宝龙.基于物联网技术的石油仪器仪表自动化控制系统研究[J].仪器仪表用户,2024,31(7):25-27.
- [2]荣亮.海洋石油平台仪器仪表中的自动化控制及其应用研究[J].中国设备工程,2023(17):110-112.
- [3]葛飞,刘永志.石化行业仪器仪表自动化控制技术应用浅析[J].仪器仪表用户,2023,30(3):102-104,112.
- [4]徐林.石油化工仪表中的自动化控制技术分析[J].化工管理,2020(6):157-158.