

智能RTU在油气行业的应用

Application of Intelligent RTU in Oil and Gas Industry

- ★ 余杰（长庆油田陇东页岩油开发项目部 甘肃 庆阳 745100）
- ★ 梁馨娴（长庆油田第三采油厂，陕西 延安 750001）
- ★ 贾志鹏，周婷，宋创（长庆油田陇东页岩油开发项目部 甘肃 庆阳 745100）

摘要：伴随信息技术、物联网、大数据、移动互联等技术的飞速发展，数字化油田、智能油田建设已经逐渐成为油田企业实现精准管控、提高生产效率的有效载体和有力抓手。在整个油气行业物联网架构下，智能远程终端单元（Remote Terminal Unit，RTU）是一个承上启下的关键装置。本文在油田数字化发展的背景下引入智能RTU，对智能RTU的功能特点进行介绍，并对智能RTU在油气行业的应用场景和意义进行阐述和分析。智能RTU通过各场景智能化建设应用实现油田无人值守，减小安全风险，降低运营成本，助推油田管理、生产、协调智能化水平的提升，实现油田数字化转型、智能化建设。

关键词：智能RTU；故障诊断；生产优化；无人值守；合规性检查

Abstract: With the rapid development of information technology, Internet of Things, big data, mobile internet and other technologies, the construction of digital oil field and intelligent oil field has gradually become an effective carrier and powerful grip for oil field enterprises to achieve precise management and improve production efficiency. Intelligent RTU is a key device connecting the preceding with the following in the framework of Internet of Things in the whole oil and gas industry. This article introduces intelligent RTU in the context of oilfield digital development, introduces the functions and characteristics of intelligent RTU, and elaborates and analyzes the application scenarios and significance of intelligent RTU in the oil and gas industry. Intelligent RTU can realize unattended oilfield, reduce security risks and operating costs through intelligent construction and application of each scene. It also promotes the intelligent level of oilfield management, production and coordination, and realizes the digital transformation and intelligent construction of oilfield.

Key words: Intelligent RTU; Fault diagnosis; Production optimization; Unattended; Compliance inspection

1 引言

随着油气物联网建设的全面开展，油气生产业务需要进行全业务联结，实现生产监视、数据分析、诊断优化及问题预警，达到全面闭环管理，提升油气业务管理水平。

为了满足自动采集的数据实时性、挖掘数据价值，边缘计算成为油田数字化建设的发展趋势。目前的边缘计算产品普遍存在性能不足、性价比低的问题，油气田现场设备分布分散，导致边缘计算产品应用成本过高，迫切需要满足油气行业应用需求的边缘计算设备。智能RTU作为边缘计算设备应运而生，智能RTU将有助于逐步实现油田的全面感知、故障诊断、生产管控、协同优化，初步搭建智能化管控框架和创新发展模式，形成智能化建设平台。

智能RTU作为边缘计算的重要终端，承担着油气智能边缘计算网络的底层控制和采集。工业自动化技术体系将从分层架构、信息孤岛向物联网、云计算、大数据分析架构演进。而智能RTU将是实现分布式自治控制工业自动化架构的重要支撑。油气行业多层闭环管理系统如图1所示。



图1 油气行业多层闭环管理系统

流量、可离线运行并支持断点续传、本地数据更高安全保护^[1]，实现数据计算分析、云边协同。

(3) 利用Python接口进行二次开发，移植Python及常用算法库（Pandas、Numpy等），具有丰富的封装硬件接口、协议库调用接口，组件模块化，支持4/5G、Wi-Fi、以太网，能够提供二次开发的SDK包。

(4) 性能强，功耗小，性能功耗平衡，具备3TFlops以上算力。

(5) 工业级环境适应能力，一体化、无风扇设计，防尘、EMC三级、耐高温，工作温度达-40~+75℃。

智能RTU在油气行业中的应用系统结构如图3所示。

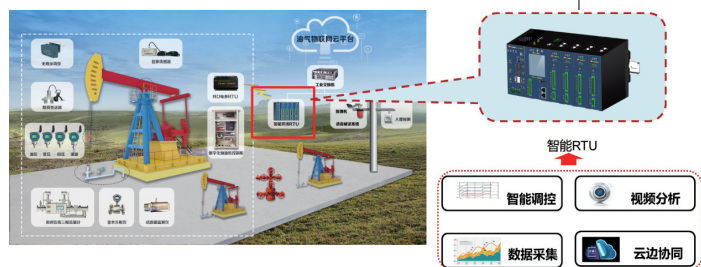


图3 智能RTU在油气行业中的应用系统结构图

4 智能RTU在油气行业的应用场景

智能RTU在石油的整个业务链中可探索性的应用机会非常多，存在很多通过智能RTU中AI模型来解决和实现的业务应用场景，智能RTU的应用是传统油气行业向智能化转型的新方向。通过人工智能平台支持AI模型，下装到智能RTU，可实现自动化模型自动更新，有助于降低企业智能化应用门槛和技术投入，缩短企业自定制开发智能模型的进程，能够通过智能AI技术赋能提升业务战略控制点。

智能RTU可以应用在石油产业链的每个环节，从勘探、生产、炼化、钻井、运输和销售各环节对人工智能的需求看，典型应用场景有设备故障诊断分析、生产优化、现场作业无人化以及安全合规性检查四大类。

4.1 故障诊断

在设备故障诊断及预测性维护方面，油气生产、管道及炼化等存在大量物联网设备需要实时分析和诊断，人工方式操作过程复杂，运维质量差，成本高。智

能RTU通过对不同物联网设备建立数字模型，结合故障诊断相关算法，对现场设备的工况进行实时分析并提供周期性的维护策略。

(1) 油气场站设备数据及故障预测：抽油机井等石油和天然气关键基础设施，关系到油气田的产量和质量。对其进行安全监测一直是油田生产单位的重要工作。智能RTU对所接入温度、湿度、压力传感器、智能摄像头等外围设备数据进行分析，对抽油机等设备健康状况进行观察，通过对现有数据进行判断，当发生故障时，能主动发出警告告知用户以便在故障发生之前预测并预防，减少停产损失。

(2) 油井工况诊断和预测：针对抽油机井杆柱脱落、上下碰泵、气锁、供液不足等数十种异常工况，提供自动工况分类，以及基于专家标注和人工智能分析的实时工况诊断和预测，延长油田的设备正常运转时间，降低了恶性故障的发生频率，助力油气产量和质量的提升。

(3) 油气田生产流动保障：根据油管线压力、温度、流速、持液率、流态等参数，建立多相流瞬态与稳态模型，实现对管道启输与停输的控制，动态分析管道段塞大小、出现时间，判断管道泄漏及分析漏点位置，计算管道积液量、评估腐蚀程度及速率、预测水合物的形成等功能，从而保障管道的流动性。

智能RTU对故障设备诊断分析如图4所示。

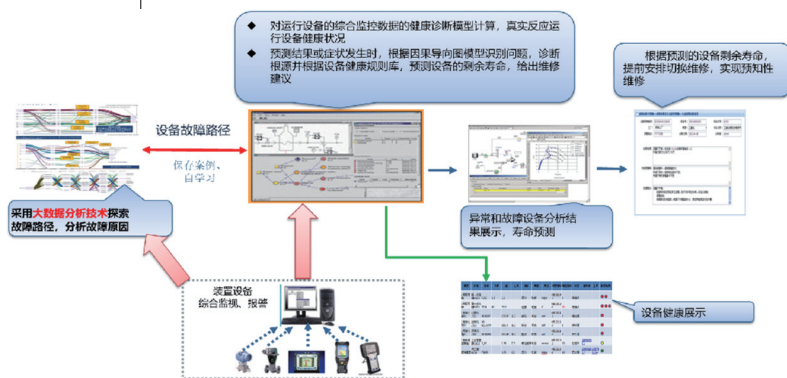


图4 智能RTU对故障设备诊断分析图

4.2 生产优化

在石油管道、化工业务领域，需要调度决策辅助泄露监测及协调生产装置以保证最优产出，人工劳动量大、成本高、效率低。通过对油气采集、炼化生产、管道传输装置建立数字模型，实现全流程高效化、全场景

可视化，优化业务流程，节能降耗。

(1) 注水井智能控制系统：根据配注量要求自动调节阀门开度，实现流量的全自动调节，克服了以往传统模式下注水井计量、水量调控和生产管理的各种弊端，实现了对注水井运行状态的自动化监测、生产基础数据的自动化采集和无线远程控制，提高注水井的自动化管理水平。各个不同的注水系统的自动调节模型可由平台端配置下发，实现注水智能化。可以对注水井仪表故障、压力异常、超注、欠注和注水波动等异常现象进行报警提示。

(2) 智能调控：以产量不降、保障安全为前提，以油藏渗流理论为依据，运用油井生产过程中自动采集到的示功图、电参数和动液面等参数以及其它可用数据，结合地层产能情况，制定科学的间开制度，智能判断和控制油井停井和生产时间，变低效间歇出油井为高效间抽井，延长检泵周期，节能降耗。

(3) 产量计量：针对各类油井的生产特点分类建模，进行大数据分析技术与诊断计量相关专业技术的整合，建立抽油井工况实时优化模型，对计量模型关键参数实现分类（疑难工况、气体影响、间开、间歇性出液）优化，实现抽油井生产问题的准确诊断、工况影响计算、液量计量。

(4) 设备调参：对油气生产物联网数据的挖掘、数据建模，开展大数据分析和深化应用等工作，掌握开发过程中油气水运动的规律及特点，有效解决油气井、集输管网及设施设备的调参优化问题、解决生产瓶颈问题、防止产量波动等问题，为生产操作和管理人员提供决策依据。如图5所示。



图5 设备调参场景图

(5) 动液面监测：对液面测试回波信号，自行识别液面回波，直接计算出液面数值。根据制定的合理间抽制度，实现远程自动启停机；或者通过控制室提醒报警，实现人工启机，远程自动停机模式。

(6) 抽油机系统效率分析：针对抽油机实时电参

数据，如三相电流、三相电压、功率因数、有功功率、无功功率、耗电量等，进行系统效率监控、整体能耗管理、采油效率提升，降低采油能耗，提升系统效率，便于设备维护。分析系统效率，查询系统效率、地面效率、电机效率、皮带四连杆加减速箱效率、井下效率及抽油杆部分效率；对抽油机系统效率曲线绘制。

4.3 无人值守

油气生产、管道及炼化现场作业存在大量高危区域，传统巡检模式主要依靠人工方式，巡检质量受人为因素影响大。智能RTU通过接入摄像头等设备的视频数据进行采集和实时分析，智能识别仪表数据，识别现场操作合规性，监控禁区区域情况，并对异常情况及时报警。智能RTU还可以通过无轨导航、可见光拍摄、音频采集、气体探测、智能读表、红外测温、AI图像分类等方式对数据分析，实现现场的电子巡检、安全监控的机器自动分析报警，进而实现无人值守，降低工作强度，提高巡检的频率和质量。如图6所示。

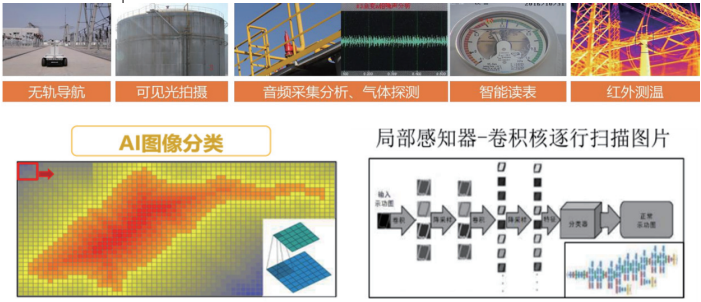


图6 巡检模式场景图

4.4 安全合规性检查

油气生产、管道及炼化现场作业需要对作业人员穿戴合规性及在防爆区域行为合规性进行检查。通过对视频流实时分析，判断现场是否存在合规性问题，对合规性问题进行警告并留存记录，结合人脸识别等技术对违规人员进行记录和警告。智能RTU可以对边缘端VR/AR计算算力支撑，为VR/AR设备提供附近的处理中心以及5G的高速能力，保证75Hz~90Hz屏幕刷新率同时就近解决数据回传带来的延迟问题，VR/AR本身硬件升级也可以更加贴近应用，使得用户体验更加优质。

智能RTU通过对接入设备的视频数据进行采集和分析，对井场地面漏油情况进行本地实时分析，保证出现问题能够及时提取图片，并在保存后对异常情况及时报警。通过机器视觉，检测地面、阀门是否存在油污，

地面收油桶是否及时清理。

智能RTU通过油气生产现场部署的各类摄像头采集视频数据，利用AI技术进行各类模型训练，智能识别各种设备数据及状态，支撑油田安全管控需求，从而对油田进行全面量化管控与智慧运营。

安全合规性检查场景如图7所示。



图7 安全合规性检查场景图

5 智能RTU的应用对现有油气行业的意义

智能RTU的快速发展应用将给现有油气行业带来许许多多的变化，具有重大的意义，重点有以下五方面：

- （1）在协同计算方面，智能RTU引起了计算模型“去中心化”的趋势，云端计算模型和边缘端算力互相支持，协同分配算力资源，油气监控中心算力和终端协同计算将是未来技术的发展方向。
- （2）在多网融合方面，智能RTU的发展会进一步将物联网、移动互联网、工业互联网进行融合，使智能算法逐步打破单一油田监控中心的集中计算模型，并最终形成互补的局面。
- （3）在人工智能方面，海量智能RTU终端将对人工智能、机器学习等技术产生影响，将促进人工智能算

法技术的发展，方便算法、模型等移植到软件平台，使得人工智能在油气生产前端更具发展前景。

（4）在算力方面，“云-网-端”基础设施随着海量智能设备在存储、计算、安全、传输等方面能力的升级，资源配置趋于下沉，更多的智能算法和工艺应用将部署在前端，与“端”距离更近。

（5）在通用开放性方面，智能RTU的软件进一步提升开放性、通用性、兼容性、交互性。整个RTU硬件虚拟化，形成标准化硬件，各个硬件厂家的产品将更加通用化，更为方便适应现场需求。

6 结论

智能化油田的建设逐渐成为油田建设的重点，智能化设备的应用成为油田数字化建设的重中之重。以油气井场远程监控RTU为核心的智能油气田井场监控已成为智慧化油气田发展的主要支撑技术^[2]。提升管控手段，逐步形成以整个油田公司为管控单元的多重闭环控制系统，有效消除“人”的不安全行为，实现在安全合规的前提下完成现场无人化作业。通过大数据分析，物联网云平台应用等智能应用，不断完善智能化技术应用体系，保障本质安全、提高运行效率、提升管控水平，高质量建设智能化油田。将智能化技术与油气生产业务深入融合，将智能RTU应用在油气勘探、钻井、油气生产、长输管道、炼化、销售等油气行业的上中下游，会产生深远的影响。**AP**

作者简介：

余 杰（1989-），男，湖北黄陂人，工程师，学士，现就职于长庆油田陇东页岩油开发项目部，研究方向是数字化管理。

参考文献：

[1] 栗蔚, 等. 云计算与边缘计算协同九大应用场景[Z]. 云计算开源产业联盟, 2019: 1 - 37.
[2] 颜瑾, 张乃禄. 基于智能RTU的气田井场监控系统[J]. 西安石油大学学报 (自然科学版), 2017, 32 (4): 61 - 66.