

工业互联网平台在油气生产物联网系统的设计及应用

Design and Application of Industrial Internet Platform in Oil and Gas Production Internet of Things System

★ 中国石油天然气股份有限公司 贾志鹏, 余杰, 周婷, 宋创, 王骁睿

摘要: 随着油气生产业务的数字化转型, 对油气生产物联网系统能力提出了新的需求, 研发具备业务属性、大数据分析、人工智能等新技术支撑能力的工业互联网平台, 实现油田全业务联结、全闭环管理, 成为趋势。本文对工业互联网平台进行了架构设计及功能设计, 简述了平台的能力与优势, 并对应用效果进行了分析。通过工业互联网平台在油气生产物联网系统的应用, 连通了基础设施和数字化应用, 提升了油田一体化运营和协同管理水平。

关键词: 工业互联网平台; 油气物联网系统; SCADA系统; 云平台

Abstract: Information technology has led a new round of scientific and technological revolution. With the digital transformation of oil and gas production business, new requirements have been put forward for the ability of oil and gas production Internet of things system. It has become a trend to research and develop industrial Internet platform with business attributes, big data analysis, artificial intelligence and other new technology support capabilities, so as to realize full business connection and full closed-loop management of oilfield. This paper expounds the industrial Internet platform architecture design and functional design, describes briefly the platform's capabilities and advantages, and analyzes the application effect. Through the application of industrial Internet platform in the Internet of things system of oil and gas production, the infrastructure and digital application are connected, and the integrated operation and collaborative management level of oilfield are improved.

Key words: Industrial Internet platform; Oil and gas Internet of things system; SCADA system; Cloud platform

1 引言

当前, 信息技术引领的新一轮科技革命正以前所未有的方式对社会变革的方向起着决定性作用。党的十九大报告提出要推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合, 建设数字中国、智慧社会。石油行业

也在积极应用物联网技术, 大力推进低成本油气生产物联网系统建设工作, 逐步实现经营决策分析智能化、生产组织扁平化和运行实时优化, 大幅度提高劳动生产率。

油气生产物联网系统依托于SCADA系统进行建设, 传统SCADA系统为通用型产品, 不具备业务属性, 系统能力重点在于自动化监视与控制, 为保证可靠性和稳定性, 系统拓展性差、集成能力低, 导致其无法进行多系统集成交互, 形成众多系统孤岛, 无法实现连锁联动、闭环控制。油气生产业务的数字化转型对油气生产物联网系统能力提出了新的需求, 研发具备业务属性、大数据分析、人工智能等新技术支撑能力的工业互联网平台, 实现油田全业务联结、全闭环管理, 成为趋势。

2 工业互联网平台概述

随着数字经济浪潮席卷全球, 驱动传统产业加速变革。工业互联网等信息技术的发展, 逐渐成为制造业数字化、网络化、智能化的重要载体, 也正成为领军企业竞争的新赛道、全球产业布局的新方向、制造大国竞争的新焦点。

与此同时, 工业互联网平台作为工业互联网实现的重要手段应运而生。工业互联网平台是互联网科技发展之下, 为实现万物互联和智能制造而搭建起来的一个重要平台, 是生产端催生的数字化转型工具, 其出发点在于如何支撑企业实现生产方式的优化和变革。即本质是通过构建精准、实时、高效的数据采集互联体系, 推动机器、物料、系统、产品、人员等参与主体各类要素信息的泛在感知、云端汇聚、高效分析和科学决策。

在油气生产物联网系统中，工业互联网平台通过对生产数据的实时感知、集成、分析与决策，实现对流程的动态优化，形成各类生产活动的智能化闭环。

3 工业互联网平台架构设计

3.1 总体架构

工业互联网平台的本质是工业云平台，基于应用需求，搭建对工业数据采集、存储、分析和应用的模块体系，实现工业互联网辅助的生产功能。其核心由基础设施层（IaaS）、平台层（PaaS）、应用层（SaaS）三层组成，再加上端层、边缘层，共同组成工业互联网平台的基本架构。如图1所示。

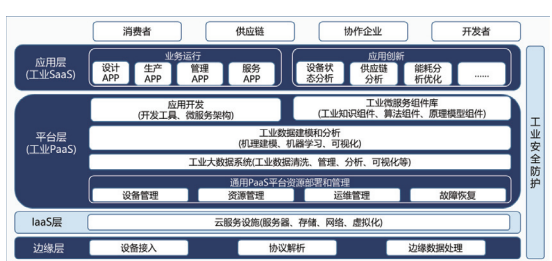


图1 工业互联网平台的总体架构

3.2 功能架构

工业互联网平台按照我国工业互联网平台发展思路与建设基本原则，结合油气领域业务实际需求，平台系统功能架构分为中台服务功能、PaaS层功能、基础服务功能、算法服务功能、可视化组件服务功能、报表组件服务功能、工作流组件服务功能七大功能，如图2所示。

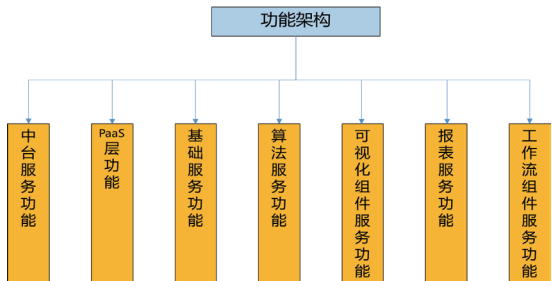


图2 工业互联网平台功能架构

3.3 数据流程

数据流程包括数据接入、数据订阅、数据库、应用、服务、管理、网关等各个环节的数据交互关系设计。

(1) 井口无线仪表设备通过无线网络进入平台实

时数据库；

(2) 间、站通过有线加无线的方式将数据传送至生产监控平台的实时数据库；计量站、联合站产生的数据由DCS系统通过光纤传输至生产监控平台的实时数据库；

(3) 报表、应用数据经过稀释，抽提至关系数据库（如生产数据，由分钟级抽稀至日数据）；

(4) A2、A5、A8系统定时访问生产监控系统，将数据提取至A2、A5、A8系统；

(5) A11生产管理子系统通过OPC客户端获取数据。

工业互联网平台数据流程图如图3所示。

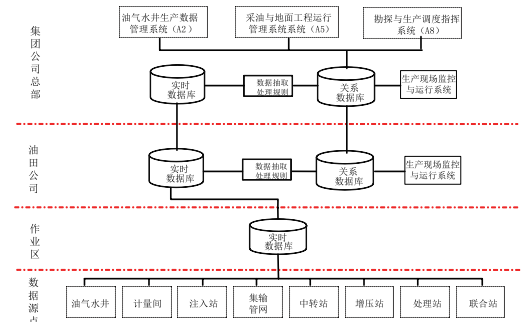


图3 工业互联网平台数据流程图

3.4 部署架构

根据油气生产数字化现状和未来智能化建设需求，在一系列的安全防护体系下，设计三层架构的云平台部署方案，即采集与控制层、数据平台层、监控与管理层。如图4所示。

采集与控制层：在生产网侧，以采油/采气厂为单位，部署云平台采集服务，从生产现场获取实时数据。

数据平台层：搭建虚拟化平台、磁盘阵列，部署数据库系统，用于生产数据存储，生产网和办公网之间采用物理隔离。

监控与管理层：在办公网侧，搭建虚拟化平台，部署云平台系统，实现生产监控、数据管理等功能。

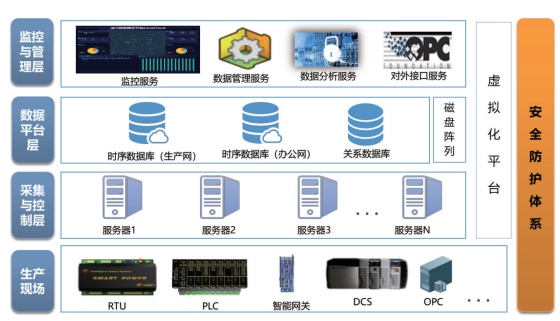


图4 平台部署架构

4 工业互联网云平台功能设计

4.1 中台服务功能

中台服务主要包括基础设施云、云平台管理、大数据与人工智能应用、应用开发工具组件等。通过容器编排、服务目录与应用商店，实现服务的统一注册与应用功能的统一配置，在此基础上实现敏捷开发与快速交付。

技术服务中台服务的主要价值如图5所示，包括：

- (1) 应用市场：通过自动化方式解决业务部署、升级维护以及资源需求的多样化。
- (2) 服务目录：高效管理并支持所有基础能力接口，提供统一、完整的服务鉴权以及通用解决方案。
- (3) 容器编排：提供自动化网络负载均衡以及一键服务扩容、缩容、HA等能力。
- (4) 敏捷交付：集成开发、测试与运维一体的敏捷交付模式。

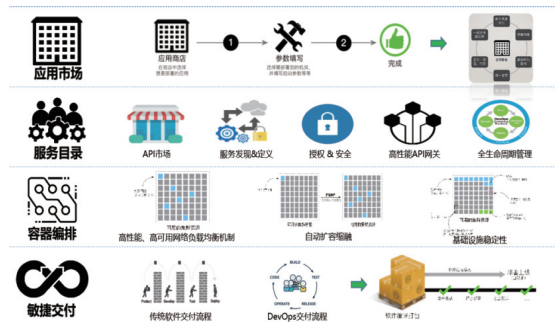


图5 中台服务

4.2 PaaS层功能

平台基于Docker容器方式进行部署，主要归类为应用服务器、业务接入能力、业务引擎、业务开放平台等。

PaaS层功能架构包含容器镜像仓库功能、集群管理功能、网络管理功能、存储管理功能、应用管理功能、监控告警功能、日志功能、微服务支持、安全管理等。这些功能实时监控平台的各种资源，并将这些资源通过API开放给SaaS层用户。如图6所示。

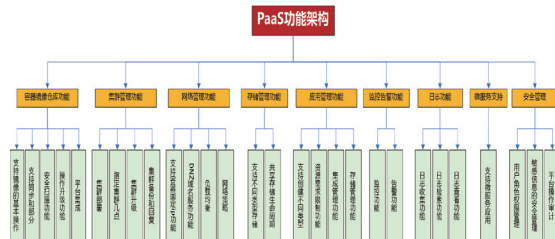


图6 PaaS功能架构

4.3 基础服务功能

基础服务功能提供多种工具，可以通过使用单个或多个工具，实现各种业务应用。基础服务功能架构包含十大组成部分，分别是：智能报表、资产管理、系统管理、实时流计算、人工智能、二次开发、视频管理、智能设备、流程图、应用集成。可直接进行数据分析、设备管理，支持无代码自定义参数列表、报表、流程图画面等，极大地提高了平台的便利性、易用性，缩短了操作时效。如图7所示。

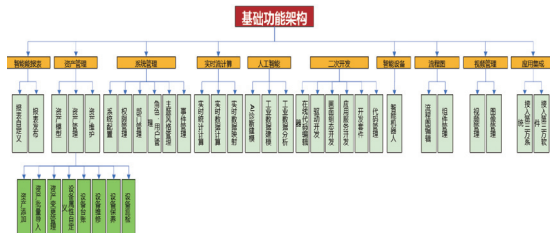


图7 基础服务功能

4.4 算法服务功能

算法服务主要是人工智能技术组件：基于图像识别、语音识别、文本分析、知识图谱、机器学习等技术应用组合，构建可视化的数据处理与建模分析工具，为采油生产智能应用提供开箱即用的能力，如产量递减分析、水合物生产计算等。

主要的模型包括：井和场站机理模型、井筒积液模型、敏感性分析、压力温度剖面、生产优化、液体延管线分布、数据校正、模型管理、 workflow 开发环境、结果呈现、模型数据存储及大数据分析、机器学习、数据挖掘、产量预测、模型数据分析、 workflow 预制、自定义分析、产水类型识别。如图8所示。



图8 算法服务模型

4.5 可视化组件服务功能

可视化工具组件主要基于相关工具组件，实现以油藏、单井、地面、联合站、转油站、组织机构等业务对象为基础的一键式信息综合查询与展示，可以自

定义选择所需要查看的成果内容。基于前端自定义配置，适用于PC、PAD及各类手机移动端显示。如图9、图10所示。

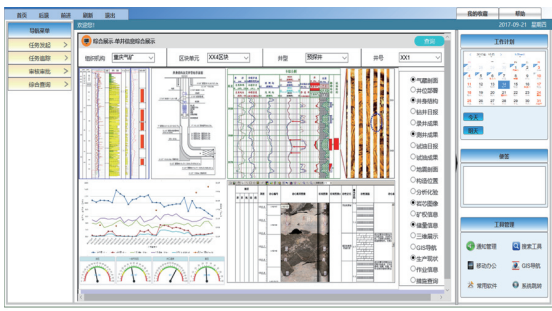


图9 可视化组件服务



图10 可视化多终端使用效果

4.6 报表组件服务功能

自定义报表工具：基于智能管理中心平台提供智能综合报表服务，采用企业级Web报表工具实现自定义报表。基于目前报表系统成果，通过拖拽方式完成报表设计，灵活设置公式及报表格式，快速搭建固定报表、自由报表、交叉报表、分组报表、汇总报表等数据可视化效果。

(1) 企业报表平台

一款简单、高效、智能的报表工具，可快速搭建的企业级Web报表平台；对平台中数据库的数据通过一定的编辑、定义、选取，得到数据报表。根据需求，定义报表，可定义月报、日报以及小时报三种类型的报表，报表列内容、报表种类、报表统计形式均支持自定义编辑等。报表列自定义的展现形式如Excel，自定义内容包括列名、列值、该列数据显示形式、保留的小数位数等；当报表中显示的列值需要进行计算时，在添加时可以对这一列进行公式编辑，需要支持MEAN、MAX、MIN等几十种常见函数。

(2) 全局业务分析

对各业务板块进行主题数据分析，如财务分析、销售分析、生产分析等。

(3) 统一数据管理

轻松整合多源数据，形成全局数据视野，实现企业数据化智慧运营。

(4) 数据大屏服务

将科技感十足的数据大屏应用发布到各场景中展示，如监控中心、会展中心等。

4.7 workflow 组件服务功能

workflow 引擎组件基于BPM工具引擎，可快速实现业务流程管理和应用定制。

轻量级业务workflow引擎，可以部署到任意Java环境。可实现包括建模、设计、运行、业务流程、协同流程、监控流程的全生命周期管理。如图11所示。

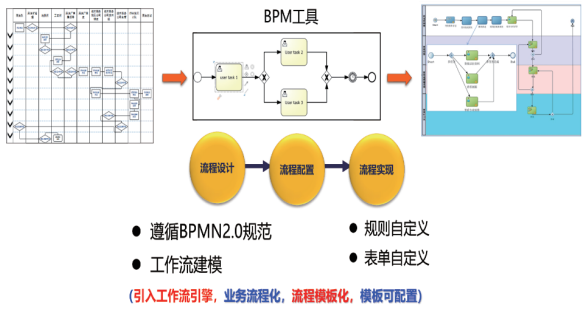


图11 BPM工具服务

workflow引擎提供基础平台组件，它以流程应用为核心，通过配置及简短二次开发实现业务流程的自动化处理。引擎内部由workflow引擎、设计工具、管理工具和应用工具四部分组成。如图12所示。

(1) 提供专业的workflow引擎，支撑业务系统流程运转；

(2) 提供表单设计工具，支撑业务流程内容定制；

(3) 针对不同类型的业务系统，根据流程模式，提供解决方案；

(4) 统一管理所有业务流程，提供分析结果，供决策需要。

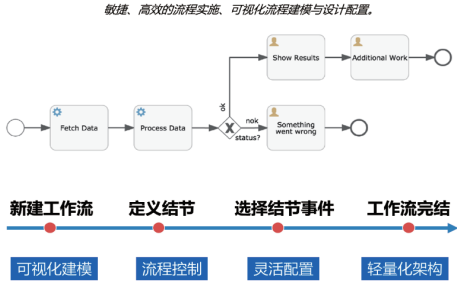


图12 workflow 组件服务

三维组件服务基于WebGL技术和BIM轻量化引擎，可快速实现各类可视化交互应用，融合数字孪生技术，实现工艺流程与业务应用系统的实时仿真模拟和生产优化。

系统通过对场站的整体结构、房屋建筑、关键区域以及设备设施进行三维建模，形象直观地查看各类设备的空间关系、位置分布以及结构，实时加载各类状态数据进行状态监控，同时可以更加清晰准确地发现问题，明确各类装置、设备设施以及建筑的相对关系，便于管理人员及时准确地掌握动态信息。

主要特点为：

- (1) 轻量级发布；
- (2) 数字孪生体生产监控；
- (3) 三维仿真模拟优化；
- (4) 电子巡检与智能工单；
- (5) 告警联动分析。

BIM轻量化引擎，实现Web交互式三维动画场景、BIM模型轻量化发布，三维场景与生产动态信息的联动。

设备在三维模型对视频分布进行定位标定、状态标识；对设备数量、状态统计、分布数据进行统计分析；监控列表筛选查看；实时预警数据进行推送并定位；重点关注视频实时查看。如图13所示。

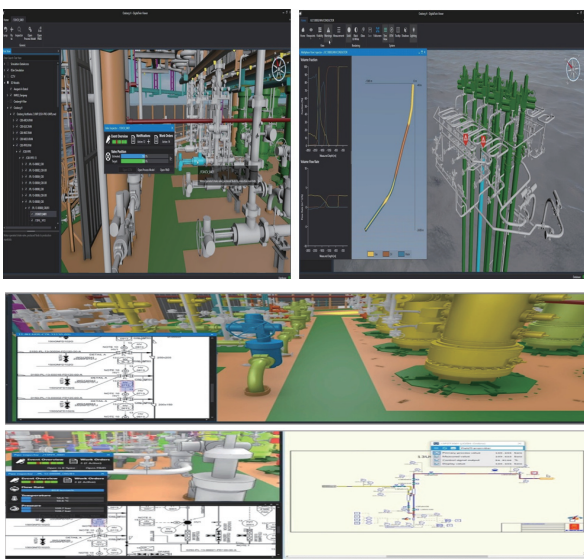


图13 三维模型应用

5 平台的能力与优势

(1) 具有全要素数据采集能力、丰富的工业协议及驱动支持、无硬件制约的分布式采集。

(2) 数据存储高效灵活，数据查询开发便捷。

(3) 完善的报警闭环系统，报警界面醒目，迅速定位问题。

(4) 具有简单且功能强大的控制策略。

(5) 流程图组态灵活易用，具有丰富的组件。

(6) 平台基于容器技术，支持多种部署方式，快速、灵活地搭建复杂的应用。

(7) 完善的二次开发功能，支持常见的工业应用开发语言环境。

(8) 数据库接口完善，可对接实时数据、历史数据、采集数据和其他第三方数据库。

(9) 高吞吐、低延时的实时计算能力，支持生产网、办公数据和展示界面自动同步。

(10) 数据的稳定性和安全性良好。

6 应用及效果分析

6.1 建成了生产云平台实时监测和控制的高效处置平台

通过自动化实时数据采集分析，结合现场视频，实现对油气生产过程的实时监测与控制，建成实时监控的高效处置平台，提升油气田生产自动化水平与安全管理能力，减少人工操作，井、平台、增压站全面无人值守，以少人巡护的方式进行生产。如图14所示。



图14 油井前端智能化配套建设

6.2 提高了数据利用率，数据赋能业务

通过生产现场数字化完善和智能化全面建设，实现油气生产数据全面采集、数据准确性校验。