

# 工业互联网与石化化工行业 融合应用参考指南 (2025年)





## 编写说明

工业互联网作为新一代信息技术和实体经济深度融合的产物，是产业数字化转型的核心方法论，更是推进实数融合与新型工业化的战略性基础设施和重要驱动力。工业互联网的创新发展极大地促进了新兴融合技术产业的发展，核心产业规模实现高速增长，成为了数字产业化的新引擎。同时，工业互联网深度作用于制造业数字化转型的全环节，通过模式创新、流程再造、服务延伸等重塑制造业传统的研发范式、生产方式、管理形式和组织形态，让数字技术更大范围、更宽领域、更深层次赋能于实体经济，加速释放更大的外溢效应、乘数效应，打造经济新增长极。

党中央、国务院高度重视工业互联网发展。近年来，在政产学研用各方的共同努力下，我国工业互联网发展逐渐形成了自己的认识体系、实现路径和实践成果，构建了“中央举旗定向、政府引导规划、地方务实推进、产业联动发展”的中国模式，形成了“巩固、提升、创新”并行推进的中国方案，打造了“5G+工业互联网”“5G工厂”等中国品牌。工业互联网新型基础设施体系不断完善，融合应用融入49个国民经济大类，2024年工业互联网核心产业增加值规模达到1.53万亿元，较2023年增长10.65%，为经济社会发展注入强大动力。

石化化工是国民经济的重要支柱产业，产品种类多、工艺流程长、物料物性杂、工况苛刻，且多涉及重点监管的危险化工工

艺、化学品和重大危险源。在人工智能、大数据、云计算等新技术加速渗透，资源环境约束不断增强，绿色安全发展任务更加紧迫的新形势下，通过强化工业互联网赋能，加快特色工业互联网平台培育，推进行业标准体系建设，深化新一代信息技术融合应用等方式，推动行业数字化转型，是提高全要素生产率、打造竞争新优势、筑牢绿色安全底线的必然选择。在工业和信息化部信息通信管理局和原材料工业司的指导下，工业和信息化部网络安全产业发展中心（工业和信息化部信息中心）与中国石油和化学工业联合会共同组织政产学研用等单位研究编制了《工业互联网与石化化工行业融合应用参考指南》，旨在为石化化工行业与工业互联网融合过程中的需求场景识别、应用模式打造、关键系统构建和组织实施方法提供参考借鉴。

当前工业互联网与石化化工行业融合应用已进入由起步探索向规模化发展的新阶段，我们对实施路径的研究也还是初步和阶段性的，后续将根据实践情况和来自各界的反馈意见适时修订更新，充分发挥工业互联网的赋能作用，推动石化化工行业高质量发展。

# 目 录

一、 总则 .....	1
(一) 适用范围 .....	1
(二) 编制目的 .....	1
(三) 编制框架 .....	1
二、 现状需求与总体架构 .....	3
(一) 石化化工行业数字化现状 .....	3
(二) 融合应用需求 .....	6
(三) 融合应用总体架构 .....	8
三、 工业互联网与石化化工融合应用场景 .....	11
(一) 平台化设计 .....	11
(二) 智能化生产 .....	13
(三) 个性化定制 .....	26
(四) 网络化协同 .....	26
(五) 服务化延伸 .....	32
(六) 精细化投融 .....	34
(七) 数字化管理 .....	34
(八) 可视化治理 .....	38
(九) 工业互联网+安全生产 .....	39
(十) 工业互联网+绿色低碳 .....	41

(十一) “5G+工业互联网”应用 .....	41
<b>四、 工业互联网建设实施部署 .....</b>	<b>48</b>
(一) 工业互联网网络设施建设 .....	48
(二) 工业互联网标识解析体系建设 .....	63
(三) 工业互联网平台建设 .....	72
(四) 工业互联网数据体系建设 .....	82
(五) 工业互联网安全防护体系建设 .....	89
<b>五、 组织实施 .....</b>	<b>97</b>
(一) 基本原则 .....	97
(二) 实施流程 .....	97
(三) 要素保障 .....	101
<b>附件 1 供应商概览 .....</b>	<b>104</b>
<b>附件 2 典型案例简介 .....</b>	<b>108</b>
<b>附件 3 专业术语解释 .....</b>	<b>186</b>
<b>附件 4 参考标准引用 .....</b>	<b>193</b>
<b>编制单位 .....</b>	<b>195</b>

# 一、总则

## （一）适用范围

石化化工行业包括炼化、现代煤化工、传统煤化工、氯碱、轮胎、精细化工及化工新材料等领域。从产业链的角度看，上游涉及矿产的资源勘探与开发，下游涉及轻工、纺织、电子、建材等千行百业，指南主要聚焦中游的炼油化工、管道储运、生产制造、产品销售等关键环节，既适用于具有良好数字化、智能化基础的石化化工企业，也适用于数字化基础较弱但有进一步改造提升需求的石化化工企业。

## （二）编制目的

遵循新型工业化发展要求，适应石化化工行业数字化转型需求，促进石化化工企业提质、增效、降本、绿色、安全发展，充分结合工业互联网体系架构设计方法与国内外实践路径研究，系统分析工业互联网与石化化工行业融合应用方案，总结提炼成熟经验模式形成轻量化、可复制的建设指引，为石化化工企业工业互联网建设规划和融合应用提供实施方法与路径参考。

## （三）编制框架

指南共分为六个部分：第一部分为总则，明确指南适用范围、编制目的与结构框架。第二部分从石化化工行业数字化现状和融合应用需求出发，梳理形成工业互联网与行业融合应用总体架构。第三部分梳理工业互联网赋能石化化工行业的应用模式、应

用领域和具体场景。第四部分说明为满足需求应建设的数字化能力，由此导出工业互联网实施总体架构与建设内容，深入剖析网络、标识、平台、数据和安全等建设部署路径，并结合具体场景给出建设实施要点。第五部分总结石化化工企业应用工业互联网开展数字化转型的方法步骤。最后，围绕工业互联网赋能石化化工行业数字化转型典型场景，梳理形成典型解决方案案例，为企业推动工业互联网建设提供参考。

## 二、现状需求与总体架构

近年来，基于国内外发展形势和自身转型升级需求，我国石化化工行业积极探索人工智能、大数据、5G、数字孪生、物联网等数字技术创新应用，从生产外围向核心环节不断延伸拓展，取得一定成效。

### （一）石化化工行业数字化现状

**坚持需求导向，助力培育新质生产力。**石化化工是国民经济的重要支柱产业，经济总量大、产业链条长、产品种类多、关联覆盖广，关乎产业链供应链安全稳定、绿色低碳发展、民生福祉改善，据统计，2024年石化化工行业增加值占工业的14.9%、占全国GDP的4.5%。在资源环境约束不断增强，绿色安全发展任务更加紧迫的新形势下，石化化工行业网络化改造、数字化转型、智能化升级需求日益迫切，从“理念普及、试点示范”迈入“系统创新、深化应用”新阶段。截至2023年12月底，石化行业工业云平台应用率为56.5%，关键工序数控化率达80.6%。推进数字化转型是利用人工智能、大数据等新一代信息技术提高全要素生产率，推动行业高端化、绿色化、安全化、融合化发展，实现质量变革、效率变革、动力变革的重要路径，对于发展新质生产力、助力行业高质量发展、构筑国际竞争新优势具有重要意义。

**坚持政策引领，不断加强顶层设计规划。**近年来，工业和信息化部多措并举，持续推动石化化工高质量发展。《关于“十四五”推动石化化工行业高质量发展的指导意见》将“数字化转型”

列为“五项主要目标”之一，《石化化工行业数字化转型实施指南》强调支持石化化工企业加快“智改数转网联”，在生产控制、安全环保等重点环节加快新型工业网络、仪器仪表、智能装备设备、关键软件和系统等“基础填平补齐”，深化新一代信息技术融合应用等“先进成熟技术推广”，并设置重点领域数字化技术改造提升工程专栏。开展工业互联网与重点产业链深度融合“链网协同”行动，加速石化化工行业 5G 工厂量质提升和工业互联网标识解析体系建设，深化工业互联网标识解析体系建设应用，积极探索推进 5G/5G-A、TSN、工业光网、边缘计算、信息模型、开放自动化等新技术应用场景。成立石化化工行业数字化转型推进中心，制定《石化和化工行业数字化转型成熟度评估》行业标准，促进石化化工行业持续健康发展。

**坚持系统思维，持续加快体系化建设应用。**当前，石化化工行业以价值创造为目的，以提升效率和效益为导向，用数字技术驱动全产业链业务变革的进程不断深化，积极发挥稳运行、保安全、提效率、降成本、控风险的赋能作用，体系化建设进程加快。石化化工重点企业加强规划引领，编制数字化转型方案，绘制数字化转型全景图，将大数据、云计算、人工智能、物联网等先进数字技术与石化业务深度融合。中石油规划“数智中国石油”总体蓝图，研究制定“三步走”发展路径，部署“三大工程”；中海油实施“1534”战略，力争实现“四个跨越”；中国中化深化“数智中化”顶层设计，聚焦数智洞察、战略创新、卓越运营、

智慧 HSE、管理监督“五大重点领域”推动实施落地；国家能源集团制定“136”发展战略，构建智慧化工“13357”总体框架，绘制“11553”数据发展蓝图。在智能油气田、5G 工厂、智慧化工园区等方面，工业企业、运营商、工业互联网平台、技术服务提供商、科研院所及园区多方形成合力，为产业高质量发展注入了强劲动力。

**坚持创新驱动，深入推进数字化转型升级。**石化化工行业以业务全覆盖、流程全在线、决策全智能、交付全数字为目标，数字化设计工具、集成化管理平台、自动化控制系统、先进控制系统和生产管理信息系统等建设成效明显。数字化仿真、自动化控制等技术在化工新材料、专用化学品、现代煤化工等领域科技攻关和成果应用较为广泛，助力设计效率、生产效益和管理水平提升。石化化工企业聚焦设计研发、生产制造、经营管理、用户服务等全业务链数据的实时采集和全面贯通，充分发挥人工智能、大数据等技术创新应用，深化企业内外部数据共享、信息交换和业务协作，促进数据要素的按需流动和有效衔接，将专家经验、工业机理转化为数字经济时代新的产业竞争力和新的经济增长点，中石油、中海油、国家管网集团等积极探索构建垂直行业大模型，持续推动科技创新和产业创新深度融合。石化化工园区加快资源配置优化共享、供应商管理、综合采购信息化、生产仓储物流等信息系统集成，推动园区智慧化管理，区域内产业链供应链优化，以行业内大企业带动中小企业转型。

## （二）融合应用需求

工业互联网是实体经济和数字经济深度融合的关键底座，是推进新型工业化的战略性基础设施，在石化化工行业的数字化、网络化、智能化发展中正逐渐发挥出重要支撑作用，通过融合应用可以助力石化化工企业全面降本增效、提升产品质量、助力业务增长，实现高效的产业链、供应链管理，打造智能、绿色、安全的生产体系。

一是石化化工产品种类多，物料物性杂，亟需通过数字化转型确保生产过程和产品质量的稳定性。石化化工产品包括基础化学原料、肥料、合成材料、专用化学产品、橡胶等多个种类，且生产过程中涉及的物料物性较为复杂，传统依靠人工进行质量检验与问题统计分析的方式逐渐无法满足行业要求，通过工业互联网推动行业数字化转型，对物料物性进行准确表征，对生产设备过程参数进行监控，对设备运行状态进行分析，可以实现生产过程的全周期管控和产品质量的全流程追溯，以确保生产过程和产品质量的稳定性。

二是石化化工是典型的流程制造行业，工艺流程长，亟需通过数字化转型降低生产成本，提高经营效率。石化化工是以连续流程为基础的生产方式，原材料经过一系列的物理、化学、生物反应，不同的工艺步骤，最终转化为成品，生产过程中产生的数据庞大且繁杂。通过工业互联网推动行业数字化转型，可以打通生产执行、经营管理等各层级系统，实现自动化生产线的运行，

打造数据驱动的精益管理体系，使得生产过程更加精准高效，提高市场响应速度和管理决策水平，优化资源配置效率。

**三是石化化工产业链条长、关联覆盖广，亟需通过数字化转型保障产业链供应链安全稳定。**石化化工产业链覆盖上游原材料环节、中间产物环节、下游制品环节，上下游关系极为复杂，且存在中低端产能过剩、高端产能不足等问题，亟需优化产业结构，攻克核心技术增强创新发展动力，提升精细化、高端化水平，加快转型升级。通过工业互联网推动行业数字化转型，可以进一步提高上、中、下游的协同水平，提高先进产能比例，化解过剩产能，淘汰落后产能，提升产业资源配置效率，有效扩大优质供给。

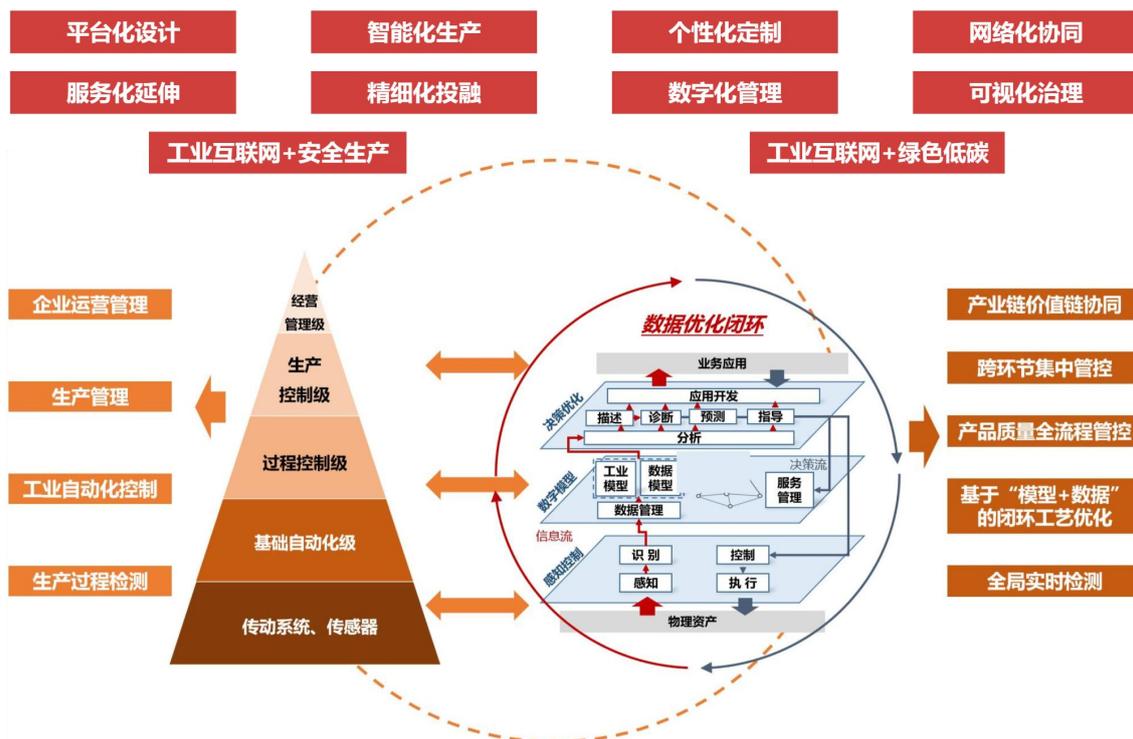
**四是石化化工行业具有高能耗、高排放的“双高”特点，亟需通过数字化转型降低能耗排放、实现绿色生产。**石化化工生产加工过程的能耗类型多样，碳排放来源多、强度大，在碳达峰、碳中和目标下，石化化工行业亟需有效控制碳排放，推动行业绿色高质量发展。通过工业互联网推动行业数字化转型，提高生产加工工程的自动化和智能化水平，促进减污降碳、节能增效，实现能源动态平衡和优化利用，促进石化化工行业绿色低碳发展。

**五是石化化工行业工况苛刻，涉及的原料和产品大多具有危险特性，亟需通过数字化转型保障生产安全。**石化化工行业工况苛刻，且多涉及重点监管的危险化工工艺、重点监管的危险化学品和重大危险源，通过工业互联网推动数字化转型，加强对生产安全的全局考虑和系统规划，减少现场处置人员，全面辨识分析

风险，及时进行稳妥处置，并通过生产数据的实时监测防止和减少生产安全事故。

### （三）融合应用总体架构

工业互联网作为新一代信息通信技术与工业经济深度融合的新型基础设施、应用模式和工业生态，通过人、机、物的全面互联，实现全要素、全产业链、全价值链的全面连接，构建形成全新的工业生产制造和服务体系，是数字化转型的实现途径。因此，基于工业互联网的数字化转型参考实施路径是一个伴随着组织变革的能力建设、资源整合、融合创新的过程。



引自工业互联网产业联盟《工业互联网体系架构（版本2.0）》

图 2-1 融合应用总体架构

在能力建设阶段，企业通过机房搭建和扩容对 IT 基础设施进行升级，提升企业数字化计算能力，同时积极引入云计算、大

数据、智能分析等技术建设计算分析平台，通过架设物联网、5G等推进内外网改造，配合网络和数据安全防护的保障，完成了数字化基础设施建设。此外，数字化基础能力的建设也提升了工艺数控化、设备装置等联网化水平，推进了人、机、物全面连接，增强了数据采集、汇聚、流动的集成能力，为企业数字化转型提供了坚实的基础。

在资源整合阶段，依托数字化基础设施，构建“数据+平台+模型+应用”的工业互联网整体解决方案，通过数据驱动不断突破整合企业已有业务软件。例如，以MES为核心整合APC等软件构建生产运行平台，以ERP为核心整合供应链管理、CRM等软件，构建经营管理平台。在推进软件整合过程中不断对流程进行解耦、重构和连接，通过流程协同在平台上产生和沉淀工业机理模型微服务组件，孵化形成软件定义能力，进一步加强数据开发利用，推动业务运营智能化和可持续化提升。

融合创新阶段是资源整合过程中不断探索、积累形成的，本质上是企业生产、运营、商业模式的重构，主要包括新能力、新模式和新业态。通过推进数字化转型，企业逐步积累设备、产品、质量全生命周期、全过程数字化管理的新型能力，延伸形成网络化协同、个性化定制、服务化延伸等新应用场景和模式，催生了以供应链生态和公共服务为代表的平台经济新业态。



图 3-1 工业互联网与石化化工行业融合应用场景总览

### 三、工业互联网与石化化工融合应用场景

工业互联网赋能石化化工行业形成平台化设计、智能化生产、个性化定制、网络化协同、服务化延伸、数字化管理、精细化投融、可视化治理及工业互联网+安全生产、工业互联网+绿色低碳的“8+2”应用模式，覆盖36类应用领域，初步形成137项具体场景。

#### （一）平台化设计

##### 1. 工厂数字化设计与交付

一是运用数字化协同设计软件，集成工厂信息模型、制造系统仿真、专家系统以及数字孪生等技术，进行工厂规划、设计和仿真优化；二是通过构建统一的数字化交付平台进行工厂模型数据交付，促进设计、建设与运维体系之间的高效衔接，实现工厂全业务系统的数字化管理。

##### 2. 产品数字化设计

一是搭建数字化智能设计仿真平台，构建产品三维设计和仿真模型，实现设计标准、专家知识经验及设计、仿真数据沉淀；二是建立实验室管理系统，实现实验室业务全面线上管理、测试数据结构化沉淀；三是基于产品标准库和设计知识库，进行研发设计大数据分析，实现全维度（外观、结构、性能等）产品自动优化设计，为研发知识经验积累提供数据支撑。

### 3. 工艺数字化设计

一是通过工艺仿真软件，基于机理、物性表征和数据分析技术，建立加工、检测、装配、物流等工艺模型，进行工艺全过程仿真，预测加工缺陷并改进工艺方案和参数；二是基于工艺知识库实现工艺流程、工序内容、工艺资源等知识的编排与调用，为工艺规划与设计提供决策支持；三是建立工艺设计与产品设计的协同平台，通过产品设计的介入与联动，实现工艺设计与产品设计间的信息交互、并行协同。

### 4. 创成式研发

创成式研发基于 AI 技术，通过算法自动迭代和调整，从而生成并优化研发方案，工业互联网可通过数据集成、研发数据管理、实验室管理、优化算法等方式实现产品的创成式研发：一是将产品的全生命周期信息集成于协同研发平台，实现产品数据“网络化”，形成研发知识和能力正向循环；二是通过研发数据管理平台，在设计研发过程中，实现对产品设计数据、文档的结构化管理和数据共享，为研发知识经验积累提供数据支撑；三是建立实验室管理系统，通过实验室设备与管理系统的深度集成，实现实验室业务全面线上管理与测试数据系统沉淀；四是基于大数据、人工智能算法，整合设计、仿真、实验、生产、运行等数据，自动生成多种研发方案，并通过优化算法进行最优选择。

## **(二) 智能化生产**

### **1. 基础设施**

工业互联网可通过自动识别装备、控制系统、检验检测装备、人机协作系统、工业机器人、无人智能巡检、工艺过程装备等基础设施的部署实现生产控制：一是围绕石化化工生产高温高压、密闭、多介质、多粉尘、高噪声、强干扰等复杂工况和相应的特殊装备，布设高清摄像、高精度传感、高性能定位模组等数据采集设备；二是利用 5G、工业光网、Wi-Fi 6、工业以太网、北斗导航等新型网络通信技术，实现设备互联、业务互联、产业互联；三是部署可编程逻辑控制器、分布式控制系统、安全仪表系统等工控系统，实现智能装备的远程控制和智能化管理。

### **2. 炼化领域**

针对生产流程长、多源原油加工过程参数多变等原因导致的生产过程中工艺参数涉及一系列非线性和动态耦合，亟待加强工艺过程优化控制；机泵等动设备数量多、投资大，亟待保障装置平稳运行；资源环境约束收紧，亟待提高风险感知、预警能力等本质安全水平，以及碳排放可视化、能耗优化调节等清洁生产水平。基于油品及化工产品市场需求变化，企业优化生产计划等需求，一是通过全装置先进过程控制系统，对裂化炉、再生器、机泵等主要设备全参数状态监测及预测性维护，开展“工业互联网+危险化学品安全生产”建设，通过三废监测、噪声监测、能源

供应、生产、输送、转换、消耗全流程精细化管理和在线优化、碳资产管理系统等，解决炼化生产过程中控制参数调整频繁、装置非计划停车、事故损失大、重大危险源风险集中、危险气体泄漏难预测、碳排放及碳资产数据管理基础薄弱等问题；二是通过数字孪生、大数据、人工智能等技术在三维数字化工厂建模、过程实时优化、色谱在线监测、大宗化工产品区域共享库存预见性管理、以周为单位排产等方面的应用，推动炼化企业提升装置生产运行管控水平、加强供应链风险预警和弹性管控能力。

### 案例 1：石油炼化生产作业融合应用

工业互联网围绕供应链协同一体化、生产管控一体化、全生命周期资产管理，将新一代信息通信技术与石化生产过程的资源、工艺、设备、环境以及人的制造活动进行深度融合，提升全面感知、预测预警、协同优化、科学决策四项关键能力，以更精细和灵活的方式提高工厂运营管理水平。

**全面感知：**建立全厂互联互通数字化、可视化的工业网络环境，实现生产现场人员、产品、装备、环境各类信息的实时采集、处理，对全厂运行状态实现实时洞察；

**优化协同：**实现多目标、多尺度的生产优化和全厂运行最优生产，通过供应链的端到端集成，实现跨企业的高效协同；

**预测预警：**实现对现场复杂环境和异常事件快速预测，将被动监控模式转变为主动感知，提前提出应对策略；

**科学决策：**对沉淀的专家经验、工业机理、数据科学，进行复杂分析、精确判断和创新决策，构建在线、统一的工厂知识共享中心。

### 3. 现代煤化工领域

针对提升压缩机等设备稳定性，能量生产和释放频繁等亟待提高安全管控、能源平衡、成本精细化管理水平等需求，一是推广全装置先进过程控制系统，压缩机等主要设备全参数状态监测及预测性维护，“工业互联网+危险化学品安全生产”建设，三废监测，能源供应、生产、输送、转换、消耗全流程精细化管理，碳资产管理系统等，解决现代煤化工生产过程中控制参数调整频繁、安全风险集中、碳减排压力大等问题；二是鼓励新技术在三维数字化工厂建模、过程实时优化、色谱在线监测、设备预测性维护等方面的应用，推动现代煤化工企业夯实智能化发展基础、提升装置生产运行管控水平。

#### 案例 2：现代煤化工生产作业融合应用

乙烯装置是石化工业中能耗最大的装置之一，工业互联网通过乙烯装置全流程先进控制软件对整个乙烯装置进行全流程先进控制，包括裂解炉先进控制、冷箱与脱甲烷塔先进控制、乙烯精馏塔先进控制、裂解区与分离区协同控制等策略，适应多种类型乙烯装置，在原料复杂多变，工况与负荷频繁调整的情况下实现对分离单元不同流程的控制，保障乙烯装置的稳定运行。

裂解炉先进控制：针对裂解炉进料流量计测量异常实施温度均衡控制，提高裂解炉运行的平稳率；

脱甲烷塔先进控制：对裂解气深冷与脱甲烷系统进行过程建模与操作特性研究，对系统操作变量实施先进控制；

脱乙烷塔/脱丁烷塔先进控制：建立过程机理模型，结合塔顶、塔釜关键质量指标的软测量模型开发，实现塔顶 C3/C5 浓度“卡边”控制和塔釜温度平稳控制；

乙烯精馏塔/丙烯精馏塔先进控制：开展过程建模与流程模拟、对产品质量和乙烯/丙烯浓度的软测量以及关键指标实施先进控制；

高低压脱丙烷塔先进控制：建立工艺流程模拟，对双塔脱丙烷系统实施先进控制技术，实现高低压脱丙烷系统平稳操作，增加双塔脱丙烷系统处理能力，优化塔的操作压力和双塔处理负荷分配，延长高压塔的塔釜再沸器结焦周期；

碳二加氢反应器先进控制：通过碳二加氢反应器一段和二段出口炔烃浓度控制系统，提高碳二加氢反应器的选择性，降低氢炔比；

碳三加氢反应器先进控制：分析工业装置碳三加氢反应过程关键工艺参数的操作特性，实现碳三加氢反应过程出口 MAPD 浓度先进控制；

碱洗塔先进控制：通过过程机理分析和流程模拟，调整急冷水流量来稳定塔顶温度，稳定碱洗塔的操作；

干气预精制脱甲烷塔先进控制：通过过程机理分析和流程模拟，开发干气预精制脱甲烷塔 APC 控制器，实现灵敏板温度、塔压、乙烷洗涤进料温度、尾气至冷箱温度等变量的稳定控制。

#### 4. 传统煤化工及化肥领域

针对降低老旧装置居多导致的“跑冒滴漏”，加强“两重点一重大”安全风险管控，降低能耗及碳排放强度，满足农业精耕细作对化肥消费升级要求等需求，一是推广气化炉先进过程控制系统、“工业互联网+危险化学品安全生产”建设、大型机组状

态监测、智能立体仓储管理系统等，解决化肥生产过程中锅炉工艺指标平稳控制难度高、机组等故障多发、液氨及硫酸储罐安全管理难度大、碳排放管理基础薄弱、袋装肥料装卸劳动力密集等问题；二是鼓励新技术在三维数字化工厂建模、过程实时优化、烟气排放达标、可视化巡检无人机、企业运营管理决策支撑、化肥流向全过程追溯等方面的应用，推动化肥企业提高劳动生产率、提升本质安全和清洁生产水平，加速服务化转型。

### 案例 3：化肥传统煤化工质量管理融合应用

工业互联网通过建立化肥行业产品全流程追溯系统，以工业互联网标识为中心，采用区块链和边缘计算等新技术，实现对产品正向、逆向或不定向追踪的信息化系统，系统通过对物料采购信息、生产过程信息、质量信息、仓储信息、客户发货信息的采集，实现从客户订单号到产品标识、物料标识的全面贯通，进而实现产品追溯信息的动态查询。

系统建设内容包括产线采集系统、数据管理平台、发货系统、查询系统，产线软件系统包括产线设备控制，数据采集关联（产品与工厂、入库、产线、批次、规格、托盘等信息进行关联），采集异常报警等功能，数据管理平台系统包括用户管理、基础信息、采购管理、生产管理、仓储管理、渠道管理等，发货系统通过与企业现有 ERP 系统对接，直接获取发货订单信息，使用发货 APP 软件扫码发货，绑定经销商及产品流向信息，查询系统包括查询 H5（产品基础信息）、查询微信小程序（溯源查询、物流查询）等。

## 5. 氯碱领域

针对降低由于生产过程合成炉负荷多变、电解过程电流及电压波动大等工艺不平稳而增加的水电消耗，加强氯气、烧碱等多种危险化学品安全管控等需求，一是推广电解槽、聚合釜等主要设备全参数状态监测，自控阀门应用，DCS 控制系统，“工业互联网+危险化学品安全生产”建设，解决氯碱生产过程中人工控制不平稳、安全风险集中等问题；二是鼓励实施盐酸合成炉、液氯汽化等装置 APC 系统应用，推动氯碱企业提高装置系统平稳率，提升本质安全和清洁生产水平。

### 案例 4：氯碱基础设施融合应用

工业互联网基于“工厂操作系统+工业 APP”技术架构，加持 5G 技术融合全厂视频监控、无人巡检系统、工业盐智能卸堆取系统、自动在线分析系统、循环水智能调温系统等形成综合应用，真正实现了国内少有的无人巡检、无人操作、无人记录的“三无工厂”，有效解决了区域用工难、招工难问题，并建立起安全、环保、稳定、精细化的生产运营管控体系。

通过操作导航、先进控制以及高级报警管理，实现装置的一键启停、生产过程中的多工况报警管理与控制系统的黑屏运行，通过设备智能管理机泵自维护与自监测，仪表与阀门的实时监控与远程诊断以及工业盐的自动卸、堆、取，允许移动端远程操作，进行专家诊断分析，促进系统的持续改进与提升，最终实现少人或无人操作。

## 6. 轮胎领域

针对胶片、胎胚等半成品转移频次密集亟待提高劳动生产率，提升终端轮胎门店库存管理、营销管理等效率，加强轮胎质量安全实时监测等需求，一是提高 AGV 小车等智能机器人在生产中的应用比例，推广生产制造执行系统应用，解决轮胎生产过程中成型、硫化等流转环节多导致的劳动密集、差错率高等问题；二是鼓励新技术在轮胎三维数字化设计及仿真、硫化工艺实时优化、X 光病疵胎检测、轮胎电子标签、质量全流程追溯、供应链可视化等方面的应用，推动轮胎企业提高劳动生产率的同时加速服务化转型。

### 案例 5：轮胎生产作业融合应用

工业互联网通过橡胶轮胎丰富的机理模型、大数据平台和物联集成，满足橡胶行业复杂的混合制造模式，为不同业务场景提供专业、丰富的软件服务和 APP 应用，把数字化范围从基于生产现场的生产控制优化、整个企业内的运营决策优化提升到产业链全价值链优化闭环，助力橡胶轮胎产业链实现全局资源最优配置和制造模式创新。

面向机器设备和生产运行优化的闭环：核心是基于对绩效操作数据、生产环境数据的实时感知和边缘计算，实现机器设备的动态优化，通过数据分析和反馈在制造工艺、生产流程、质量管理、设备维护和能耗管理等具体场景中实现优化应用。

面向整个企业内生产运营的优化闭环：实现生产经营管理动态优化，提升决策效率，实现更加精准与透明的企业管理，其具体场景包括产品全

生命周期追溯、供应链管理优化、生产管控一体化、企业决策管理等。

面向企业外产业链协同、以用户为中心的产品服务优化的闭环：推动设计、制造、供应和服务环节并行组织和协同优化，实现企业资源和商业活动的创新，形成网络化协同、个性化定制、服务化延伸等新模式。

## 7. 精细化工及新材料领域

精细化工及新材料领域产品种类多、订单小且密集、生产过程复杂、产线切换频繁，亟待提升劳动生产率和产品质量稳定性；部分原料、产品属于危险化学品，亟待加强安全管理；投料过程原料、中间体等以有机化学品为主，亟待降低人身危害风险、减排压力等。针对以上需求，一是推广智能阀门等仪器仪表、立体仓库、导轨及人站式自动取料、红外识别无人叉车、色浆研磨自动控制、搅拌釜自动清洗、VOCs 在线监测、噪声自动监测等，解决精细化工生产过程中取送料频繁导致的生产过程劳动力密集、危险化学品储存及有机物排放管理难度大等问题；二是鼓励 MES 系统、APC 系统、工业互联网平台等技术在自动配方调整、柔性生产制造等生产过程和供应链协同等方面应用，推动企业提高产线利用率、劳动生产率，逐步构建多品类供应链线上网络。

### 案例 6：精细化工工艺管理融合应用

工业互联网通过 PDM 软件为企业构建一个快速创新的技术研发平台，从研发的角度，以配方为中心，通过建立原材料指标大数据、产品大数据、配方理论指标的自动计算，实现配方研发过程的全程信息化，整合

产品从立项、配方设计、实验、小试、打样制板、送样、加工、质检、售后、优化升级等整个产品生命周期，提高产品质量、加快研发速度、延长产品的生命周期。

新产品研发：根据最新市场需求，进行可行性研究，确立新产品研发；  
配方优化与改良：性能优化、材料替代、成本优化、工艺优化；个性化产品定制：根据客户需求，进行打样、制版、调色、送样、反馈、确定配方；  
生产技术服务：为生产部门提供技术支持、处理退货或呆滞产品；产品应用实验：对产品进行应用实验，测试相关产品的应用性能；新材料测试：寻找新材料、对新材料进行检测、并进行应用实验；售前技术服务：提供意向客户的现场打样、售前技术咨询服务；售后技术服务：提供售后技术支持、处理客户投诉、退货处理意见。

## 8. 工艺管理

工业互联网可通过工艺优化、配方管理、工艺预警、批量控制等工艺管理手段实现生产控制。

### 细分场景 1：工艺优化

构建大数据分析模型，支撑装置收率预测、质量预测、操作工艺点预警预测等，对生产过程的运行状态进行实时监控、分析、预警和评价，通过软仪表、工况分析与诊断、系统优化等应用，以工艺机理模型为核心，将设备和装置生产运行数据（实时数据、化验数据、设备台账等）送入模型模拟计算，得到设备、装置的优化结果，辅助企业科学决策与实时优化。

## **细分场景 2: 配方管理**

对工艺知识进行分类管理，建立典型工艺流程、工序、工步、工艺资源、工艺设计标准知识库，对工艺文件（如：工艺图纸、工艺过程卡、作业指导书、工艺参数、程序、配方等）进行规范化管理。

## **细分场景 3: 工艺预警**

基于大数据分析，进行产品质量异常分析预测，依据系统数据进行设备运行故障，温度、压力、液位、流量、组分等工艺控制参数的高报警、低报警、高高报警、低低报警等。

## **细分场景 4: 批量控制**

通过智能机器间的连接与协同，结合高级计算、分析技术和互联网通信，将多个设备、生产线乃至整个工厂纳入统一控制系统，通过远程监控、数据分析与自动化指令，实现对大量设备的集中管理和统一调度，确保工艺流程的高效运行与精准控制。

## **9. 报警管理**

工业互联网可通过报警设置、报警分析、过程模拟、在线监测等报警管理手段减少误报警，提高报警的准确度，实现对生产过程的实时监控和智能预警。

## 细分场景 1: 报警设置

根据关键数据指标正常范围，设定上下限阈值，数据超出阈值范围，系统将自动触发报警，确保异常状况被及时发现；系统根据实际需求配置报警方式和报警级别，区分不同紧急程度的异常，通过邮件、短信、APP 推送等方式传达报警信息至相关人员；建立明确的报警处理流程，包括报警接收、确认、处理及反馈等环节，跟踪处理结果，形成闭环管理。

## 细分场景 2: 报警分析

通过工业互联网，将报警信息统一存储于云端数据库，根据历史报警记录，自动调整报警阈值、生产流程，提高设备维护效率，减少故障发生；结合大数据分析和人工智能算法，对报警数据进行深入挖掘，识别分析报警频次、类型、优先级、潜在原因等，生成针对性故障预警和解决方案，辅助决策者进行响应处理。

## 细分场景 3: 过程模拟

数字化描述工厂中物理资产的功能位置、机械特性、工艺特性、物理组成等本体数据和活动记录，对企业重点装置进行工程级和仿真级三维建模，对重点设备建立可拆解的工程级模型，使用流程模拟工具，对设备以及生产过程，包括反应、精馏、吸收、萃取、换热、结晶等，根据所给过程的条件，对相应过程进行物料平衡、能量平衡、相平衡及化学平衡的计算，发掘生产潜能，从而指导科研、设计、生产等工作。

## **细分场景 4: 在线监测**

建立生产全流程的工艺指标（温度、压力、液位、流量、组分等）可视化监控系统，实现在线分析、平稳率及合格率的实时在线监测预警。

## **10. 计划调度**

工业互联网可通过计划排产、生产调度、调度优化等手段实现对生产的调度管理：一是综合考虑生产资源、工艺流程、订单需求等多约束因素，优化制定排产计划，实时监控生产进度，优化生产资源配置，提高生产效率；二是通过全流程管控和多层次优化，打通计划、调度、生产监控等流程，实时监控各生产要素，实现对异常情况的自动决策和优化调度；三是基于协同透明的生产过程数据、生产调度算法和各类约束条件（产线资源、工艺顺序、工作时间、设备能源等），实现高级排产与调度，处理生产过程中的波动和风险，实现柔性动态排产调度优化；四是基于数据模型打通供应链上下游生产计划调度，实现端到端业务流程在线跟踪、过程管控和动态优化。

## **11. 生产作业**

工业互联网可通过先进过程控制、工艺参数优化、精益生产管理、无人车调度管理、无人值守过磅、人员车辆定位等方式优化生产作业：一是基于先进过程控制系统，融合工艺机理分析、多尺度物性表征和建模、实时优化和预测控制等技术，实现精准、

实时和闭环的过程控制；二是精益管理数字化模型，实现全流程生产作业数据特别是关键工序设备、单元、产线数据的在线分析，优化生产工艺参数、设备参数、产能产量、生产资源配置等；三是应用工业控制网络技术，通过生产现场设备控制系统，实现生产设备、仓储配送、物流设备、质检设备间的实时控制和高效协同作业。

## **12. 设备管理**

工业互联网可通过设备健康监测、设备预测性维护、设备完整性管理、设备可靠性管理等手段实现对生产设备的数字化管理：一是利用图像识别分析技术、物理感知技术、传感检测技术，实现数据实时采集和设备远程维护；二是对设备故障进行分类、统计，建立设备运行故障数据库，利用数据建模和数据分析、建立预测性分析模型，实现设备趋势分析；三是基于设备状态的预测性分析，自动形成设备状态、维护计划、备件计划、检修标准等环节间匹配的检修维护策略优化；四是建立设备成本、资产、产量、质量、能耗、维修故障等全维度的设备综合指标分析模型，实现设备全生命周期管理；五是建立与企业资源管理系统、生产控制系统的网络化集成和数据共享，实现设备在线管理、监控，设备维修资源的统一调度和备品备件的及时供给保障。

## **13. 质量管理**

工业互联网可通过质量过程管理、质量风险管理、质量问题追溯等手段实现对生产产品质量的数字化管理和溯源分析：一是利用在线检测分析智能化装置，实现生产过程在线质量分析与生产控制的自动化联动，极大缩短制造周期、提高质量水平和质量稳定性；二是建设质量管理协同平台，进行质量管理模型对质量策划与实施、质量监测与分析、偏差跟踪与风险防范、质量预知与提升优化等环节的赋能；三是建立出入库、生产、成品等环节的过程质量检验数据信息链，实现产品质量溯源过程中追溯及分析能力。

### **（三）个性化定制**

多品种小批量的化工产品柔性生产通过人工智能算法、专家系统等智能化技术，对生产过程进行实时监控和优化，可灵活应对不同种类、不同规格的生产需求，提高化工产品的生产效率和水平。一是运用仿真、三维数字孪生等虚拟技术，结合排产算法模型，实现作业全过程虚拟化生产，满足个性化、柔性化生产需求调整；二是通过模块化、成组和产线重构等技术，搭建柔性可重构产线，根据订单、工况等变化实现产线的快速调整和按需配置，实现快速配方、产线、设备、工艺过程切换，满足多种产品自动化混线生产的需求；三是建立常用数据分析模型库，利用 AI、大数据分析、边缘分析等技术实现智能型柔性制造和管理能力，满足多品种小批量化工产品的多元化定制化需求。

### **（四）网络化协同**

## **1. 产业链协同**

工业互联网可以通过构建统一的数据平台和标准，实现产业链各环节信息的实时共享与互联互通，利用大数据分析、云计算和人工智能技术，优化资源配置，提升生产效率，确保供应链各环节信息透明性和安全性，促进产业链上下游企业间的高效协同与精准对接。

## **2. 供应链协同**

工业互联网可以通过构建统一的数据平台和标准，链接上下游企业，打通设计、生产计划、库存计划、销售计划、物流计划、采购计划等环节，实现订单、货物、车辆、人员等要素的统一管控，提升供应链作业效率和客户服务质量，促进供应链资源整合与协同。

## **3. 产供销协同**

一是应用大数据、深度学习等技术，实现对市场需求影响因素及未来需求趋势的精准分析、判断和预测，助力企业结合用户需求预测来指导生产；二是基于平台连接供应链上下游业务系统，实现企业与上下游企业的协同集控，有效降低供应成本，优化供应质量；三是通过经营数字化、业财一体化及效益精细化，实现“油-炼-化-销”全产业链的智能化经营及运营管理，推动资源高效配置。

## 4. 智慧园区

工业互联网可以通过数据整合与信息平台建设，从安全生产、环境管理、应急管理、封闭化管理、运输管理、能源管理、公共服务等方面，助力构建互联互通、资源共享、应用智能、产业循环的化工园区。

一是通过工业互联网实现园区资源共享和优化、企业的信息化与日常管理融合、园区重大风险全面感知和提前预警、危险化学品协同治理等；二是实时收集园区及周边敏感目标内空气质量、水质、土壤状况等环境数据，利用大数据分析和人工智能算法，结合园区企业生产信息进行处理分析，实现环境质量检测、污染源检测和环保溯源；三是对人员和车辆进行分级别、分权限、分区域管理，智能识别入侵、越界、非法停留行为并报警；四是建立园区能源管理系统，对化工园区及用能单位的能源设备进行数据采集、实时监测与分析，并根据能源管理条件设置预警阈值，对超过阈值的情况进行预警。

### 案例 7: 园区封闭化管理融合应用

化工园区软封闭和移动危险源管理解决方案适用于化工园区封闭管理，以及对园区内危化品车辆以及过境危化品车辆的安全监管。方案建立基于园区周界的电子围栏，将数字化虚拟封闭管理与物理封闭管理相结合，对所有进入园区电子围栏的危险品运输车辆，实现全域内车辆位置和运行状态实时监控，打造以危险品车辆为重点的移动危险源监管平台，促进园区安全可持续发展。

园区封闭管理：对实施物理边界封闭管理不便的区域，通过电子围栏技术对进出园区的危化品车辆、过境的危化品车辆进行数字化封闭管理，并可针对重点防控需求提供定制化的智能预警服务。

车辆预约登记：对需入园作业的车辆，实行预约入园入厂作业管理制度，减少园区危化品车辆积压；同时对其运行时间进行调度管理，以错峰运行、降低道路风险。

车辆动态实时监控：实时监控进入园区的危险品车辆状态，对超速、违章停车、超时滞留、偏离路径等行为进行预警，并将违规信息推送给驾驶员和管理部门。

在线备案管理：在线对接政府部门数据库，实现线上实时核验车辆、驾押人员信息是否真实、合规，强化对危化品运输车辆、司机的合规性监管。

电子货单管理：对园区内企业实施电子货单管理制度，方便监管部门实时查看装卸货物、危险品车辆、人员等信息，实现对人、车、物精准管理。

应急风险提示及辅助决策：当车辆在园区遇到事故，驾押人员可对风险事故一键上报；系统收到上报后，可对园区道路进行风险提示和应急管控。

园区智慧停车场：结合园区封闭管理措施以及车辆预约登记、备案管理等危险品车辆智慧管控系统，引导危险品车辆有序进入停车场等待或直接进场装卸货，解决园区危险品车辆积压和乱停乱放的问题；还可提供休息娱乐、油品服务、清洗服务等配套生态服务，在强化安全管控的同时，实现持续服务化经营。

### **细分场景 1: 应急管理**

接入所属行政区域内预警信息发布平台信息（自然灾害、事故灾难、公共卫生、社会安全等），自动分析与园区相关联的预警信息并发出报警；一键执行应急预案，自动进行任务管理、任务派发、任务跟踪、情况汇总等，且能根据突发事件当前态势进行任务更新与调整，实现事件链与预案链综合分析；通过适配的科学模型对突发事件的态势进行分析与研判，依据分析研判结果自动生成综合研判报告、指挥方案、救援方案和保障方案。

### **细分场景 2: 运输管理**

基于 5G、射频识别、图像识别、多源融合室内定位、北斗导航等技术，运用智能天车、AGV 小车等设备，助力调度管理、货物码放、危险品运输等环节智能化、少人化，实现厂区智能物流、智能理货、全域物流监测；通过车辆预约排队系统线上核验司机、押运员信息及车辆资质是否真实，强化对危化品运输车辆、司机的合规性监管，司机可提前查询提货计划，自主预约时间到场提货，减少现场排队等待提货的危化车辆，降低安全风险。

### **细分场景 3: 公共服务**

自动收集更新各级政府、行业协会等发布的政策信息，对信息进行分类、标记、整理和分析，为园区企业提供精准、个性化的政策服务；建立共享厂房系统，将闲置的厂房资源进行整合，形成大型生产基地，提供按需租赁及实时生产信息服务，提高生

产效率,实现资源的最大化利用;提供项目申报及活动报名平台,提供信息采集、申报指导、项目申报审核、申报状态跟踪、活动报名指导、活动报名审核等服务;提供在线对接平台,对各个产业的产业链进行分析,通过数字化、智能化的手段明确每个环节的企业需求和供给情况,促进企业的合作交流;整合各个领域专家信息,建立专家资源库,提供专业咨询和解答的服务。

## 5. 智能储运

工业互联网可通过管道安全监控、管线预测性维护、管网调度优化、智能物流等手段提高储运设备自动化及智能化程度。一是通过部署新型智能传感系统,以预测性安全管理为导向,有效提高管道内数据采集精度,降低数据传输延迟;二是通过无人机、巡检机器人等技术,拓宽管道站库巡检的区域范围,提高巡检频次与精准度,增加报警点覆盖率,提升维护效率。三是运用数字孪生技术,建立多机理模型、多场景的管道数字孪生体,助力知识图谱研究,推动预测性维护和管理,实现预测性检修和运检维一体化;四是运用大数据分析等技术优化物流网络,实现事故预测预警,提高应急资源联动响应速度,提升运输效率。

### 案例 8: 智能物流融合应用

将物流业务与云计算、大数据等信息技术深度融合,提升物流一体化、柔性化、智能化、标准化、全球化水平;以智能运行、全面洞察、本质安全、自动作业为主线,连接生产企业、销售公司、物流服务商、客户,打

造物流生态圈；开发自主计费引擎，自动计算物流费用；集成客户主动安全数据，实现物流本质安全；借助物联网技术实时监控人、车、物、路，实现运输过程可视化、透明化。

物流业务覆盖：覆盖计划、调度、库存、优化、费用结算及服务商等物流业务管理功能，实现物流业务全面线上管理。

物流库存预测：利用库存相关业务规则，建设预测业务模型，对库存变化进行预测预警。

物流过程可视：通过与北斗、GPS 平台及铁路 TMIS 系统集成，融合物联网、地理信息等技术，实现公、铁、水、管在途动态监控，实现物流在途全程可视。

物流安全保障：引入市场上成熟的在途监控厂商，建立承运载具动态监控、异常实时预警、风险汇总分析的在途动态监控体系。实现运输过程安全预警，对事故由被动接受转为积极预防，最终保障物流安全。

物流费用自主计算：应用自主计费引擎，实现运费、仓储、保险、报关报检、商检等物流费用自动计算。

物流应用基于平台：基于统一的智能物流平台，利用平台的技术服务组件和业务服务组件，快速搭建各物流应用系统；利用平台的数据中心，集成物流相关数据，供各应用使用，实现数出一库。

## **（五）服务化延伸**

一是基于大数据和人工智能，通过智能客服机器人实现自然语言交互、智能客户管理，并通过多维度的数据挖掘、机器学习，进行自学习、自优化，实现个性化产品推广及服务，满足客户需求的精准服务；二是整合石化化工产品，建立线上商城，完成合

约销售、现货商城、竞价交易、自营采购、代理销售等电商业务模式闭环管理，与销售业务数据互通，实现线上线下协同，通过虚拟现实、增强现实等技术，为客户提供沉浸式的产品体验服务；三是建立客户服务系统，实现产品售后质量协同追踪和追溯、质量问题的及时反馈，实现形成质量成因分析和质量改善建议。

### 案例 9：产品服务融合应用

平台通过橡胶轮胎丰富的机理模型、大数据平台和物联集成，满足橡胶行业复杂的混合制造模式，为不同业务场景提供专业、丰富的软件服务和 APP 应用。

在产品服务方面，平台可为不同类型的用户提供创新服务。对于野外矿区车主和商业运输车队，可提供胎温、胎压、行驶轨迹的实时服务，并支持按里程、按使用寿命收费的新型商业模式。对于普通车主来说，通过链接平台，可享受安全预警、快速救援、轮胎保险等服务。

在特种胎领域，自主研发的智能轮胎全生命周期管理平台，利用物联网和边缘计算技术实现云边协同，实时采集轮胎行驶过程中的温度、压力、速度等关键指标，为一线驾驶员提供安全驾驶辅助服务，为调度员提供实时安全监控和调度，为矿山运营降低成本，从而为矿山用户提供了一站式服务和解决方案。

在全钢载重和半钢乘用车领域，通过 RFID 智能轮胎解决轮胎身份的唯一标识问题，为运输企业、专业车队及个体车辆用户提供行业内首创的保里程产品销售及服务模式。

## **（六）精细化投融**

工业互联网可以通过供应链金融助力企业盘活资产、加快资金流转、丰富融资渠道。基于工业互联网平台对石化化工生产设备进行状态监测、故障预测和风险评估，打通产业链上下游企业、金融机构数据，使得供应链金融具有更好的数据风控基础，可带来三大应用创新：一是在线贷款，银行通过线上平台监测企业设备数据、耗能数据和财务状况，针对性给予贷款服务。二是融资租赁，石化化工企业与银行、融资公司合作等方式，开展租赁业务，加快资金流通，降低融资成本，缓解资金压力。三是精准投保，保险公司依托工业互联网平台综合评估石化化工生产设备风险因素，从而实现针对性投保、按需投保。

## **（七）数字化管理**

### **1. 采购管理**

一是建立供应商管理系统，实现供应商寻源、准入、评价、分级、淘汰全生命周期管理；二是建立综合采购信息化系统，制定物料需求计划，生成采购计划，并管理和追踪采购执行全过程；三是建立采购、生产和仓储等信息系统集成，实现出入库、库存和单据的同步管理。

### **2. 销售管理**

一是通过人工智能技术，预测预警产成品市场变化趋势、分析销售策略、进行销售预测、制定及优化销售计划，并及时调整

销售策略及计划；二是建立客户关系管理系统，实现客户分级分类评价、客户画像绘制、客户反馈闭环管理以及客户流失风险管理；三是利用大数据、云计算等先进技术，挖掘客户的潜在需求，推动产品创新和市场拓展；四是建立信息化的销售与结算、跟踪监测服务系统，实现多元化产销结合的信息化管理模式。

### 3. 供应链管理

一是建立与供应商在设计、生产、质量、库存、物流的自动协同，实时监控采购环节的风险及变化，自主做出反馈和调整；二是基于历史数据、市场预测和产品计划，建立仓库预测优化分析系统，实现库存优化辅助决策；三是通过数字化仓储设备、配送设备与信息系统集成，依据实际生产状态实时拉动物料配送；四是基于供应链上下游企业的系统集成，建立仓储、运输等环节协同优化模型，实现运输配送全过程信息跟踪、装载能力优化及运输配送路径优化。

#### 案例 10：供应链管理融合应用

针对国内大型石化企业生产工艺流程复杂、产品结构复杂、原料选择与装置加工方案多、资源配置困难等复杂一体化优化问题，依托现有价格体系、数据统计等相关系统，研究开发价值链表征和优化技术的系统。重点研究原料效益测算、月度计划优化与周尺度资源优化配置等工作，表征增利和减利因素，优化区域部署、原料采购、资源配置、产品分布等，提出炼厂价值链优化策略，增加高附加值产品比例和综合商品率，提高企业

综合效益。

面向原始价值累积阶段的原油结构优化配置技术: 石油加工企业成本的绝大部分来源于原油采购, 原油效益测算作为油品筛选的主要依据, 决定了大部分原油的成本。本方案提出采用准确的原油数据库, 准确刻画待选原油的馏分性质和收率, 结合流程模拟系统, 测算各个馏分油二次加工后的产品收率, 根据市场情况, 精确测算原油效益, 并通过混合整数规划方法, 优化原油结构, 最大化原始价值积累量。

面向价值增值阶段的全局资源优化技术: 决定价值增值的关键在于实际生产方案, 而决定生产方案则主要在于计划排产。针对国内炼厂普遍存在在生产计划模型简化严重、油头切换频次高, 计划难以反映装置实际生产状况、市场波动大等问题, 本方案拟在现有计划模型基础上研究全局资源优化技术, 具体包括长周期的计划优化技术和短期效益导向的资源调度优化, 提高计划、调度的准确性和优化方案的可行性, 实现价值增值最大化。

价值链最大化优化系统: 基于国内炼厂现有的 MES 系统, 线性规划系统, 流程模拟系统, 结合现有信息技术手段, 实现各个系统数据提取, 信息共享, 同时结合市场信息, 建立全公司效益模型, 准确、快速计算全公司净收益和投资回报率, 同时开发价值链优化系统, 实现物资资源管理 (物质流)、能源资源管理 (能量流)、财务资源管理 (现金流)、信息资源管理 (信息流) 集成一体化, 并对原油进厂到产品出厂全过程价值变化进行表征, 并对石化生产经营决策的科学化、工艺生产和经营运作的合理化、生产要素的优化配置, 提供理论支撑和辅助工业应用决策。

## 4. 财务管理

一是建立完善的财务管理体系，通过信息系统实现财务管理、固定资产管理等；二是规范财务预算和投资管理，建立经营监测、预测模型，支持业务领域预算与决算的动态监测、预测与优化；三是通过金融与资金成本融入业务发展模型中，实现业务单元财务精准管控与优化，以及产品与服务全成本精准核算与管控；四是通过财务系统与营销、生产与服务管理、项目管理等集成，实现合同、订单、费用、进度等的业务协同与一致性管理。

## 5. 人力管理

一是构建集成化人力资源信息系统，针对员工招聘、入职、薪酬福利、退休离职等全周期进行数字化管理，提升管理效率与决策精准度；二是利用大数据和 AI 技术，实现智能化人员配置，精准匹配岗位需求与人员能力，根据企业运营状况和市场趋势，动态调整人力资源配置，优化团队结构；三是通过物联网、大数据与人工智能技术，实现员工信息数字化管理、员工动态跟踪、工作绩效评估；四是通过工业互联网平台，提供在线学习资源与个性化学习路径规划，实时跟踪员工学习进度与效果，通过 VR 培训提供沉浸式场景体验，提升企业员工培训效率。

## （八）可视化治理

### 1. 数据治理

工业互联网可以从数据管理标准、数据治理体系、智能化分析等方面，整合现有平台系统数据，实现数据接入、数据存储、数据计算、数据服务、数据治理等能力，为上层业务提供全面、海量数据的存储、管理、分析服务，通过工业物联接入、工业数据湖和工业实时优化计算等技术提供泛在感知、数据分类存储和实时计算的环境，构建以资产模型、工厂模型、机理模型、工业大数据模型、工业专家知识库为核心的数字孪生体，真正实现生产控制与管理、采购与销售管理、能源与环保管理等各个环节的可视、可控、可预见，为企业提供实时的生产经营状态、趋势分析和决策支持，打造虚拟展厅，提供沉浸式展厅体验，实现跨时空跨地域的实景参观，降低企业运营成本，提升企业品牌形象。

### 2. 网络和数据安全

一是通过系统管理、安全管理、安全审计建设安全管理中心；二是通过蜜罐系统、云边界防护、数据中心边界防护、网络准入、网络数据泄露监测与阻断等实现建设安全区域边界；三是通过MPLS-VPN、HTTPS、SSLVPN、统一互联网出口、数据加密等建设安全通信网络；四是通过用户身份鉴别、访问控制、安全日志审计、终端EDR、数据分类分级等建设安全计算环境；五是

通过安全运行监测、威胁建模、应急处置、通报预警、追踪溯源等方式实现持续安全运营。

### **3. 工控安全**

一是建设基础结构安全，整体网络划分为生产网和办公网，生产网通信采用自建专线，生产网到办公网的横向传输采用异构的防火墙，生产网纵向边界通过工业防火墙实现纵向的隔离防护；二是建设安全防御体系，通过网络监测、威胁感知、集中管控等建设安全大脑，通过访问控制、工控协议合规性验证、控制逻辑合理性验证、用户/设备行为审计实现边界隔离和异常监测，通过程序白名单、进程白名单、移动介质白名单、端口服务白名单实现主机免疫；三是搭建业务场景仿真沙盘，通过模拟污水处理业务流程、变电站业务结构等方式，结合灯光及互动操作来演示攻击对业务运行状态实现变化。

#### **(九) 工业互联网+安全生产**

工业互联网可以从安全生产教育培训、危险源监测预警、特殊作业管理、应急指挥管理等方面实现安全生产：一是基于工业互联网平台，分别制定大中型以及小微企业安全生产标准化管理体系基本规范，推动企业安全生产管理标准化建设，依托网络课堂等在线学习资源，加强企业安全生产管理主要负责人及从业人员安全生产教育培训；二是加快智能立体仓储及智能装卸机器人、智能安全应急设备等先进适用技术装备应用推广，实现“机

械化换人、自动化减人”，加快提升石化化工行业领域自动化、智能化水平；三是健全重大事故隐患数据库，建设安全风险监测预警系统，推动安全生产监管模式向事前预防数字化转型，基于云服务、工业大数据挖掘与分析技术、机器学习技术等，实现生产过程中异常情况的自动化决策分析、预警和自动优化调整；四是采用移动通信、物联网等手段，实现特殊作业规范化，实现特殊作业相关管理系统与风险管控系统的综合管理和集成联动，实现特殊作业与风险管控一体化管理；五是实现基于安全作业，风险管控、应急指挥等各个环节数据的汇总分析，实现危险源的动态识别、评审和治理，全面、准确地了解安全生产各环节情况，实现对应急指挥核心业务的精确预测和优化。

### **细分场景 1：应急资源管理**

工业互联网可以通过物联网技术、大数据分析和人工智能算法实现应急资源管理。建立应急资源数据库，整合备件、工具、人员技能等各类应急资源信息，通过智能调度算法自动优化资源分配；通过可视化界面，显示突发事件周边区域内的应急资源、危险源、防护目标及避难场所的分布情况，确保在紧急情况下的迅速响应；通过便携式应急响应应用程序，为现场应急人员提供即时信息和决策支持工具，确保现场人员能够迅速掌握现场状况、资源分布和行动指南，提高现场处理效率。

## **(十) 工业互联网+绿色低碳**

### **1. 能源管理**

一是利用人工智能、数字孪生等信息技术，从能源种类、生产工艺等多维度进行能源监测，实现全厂综合能耗、装置用能、设备能效、公用工程消耗数据的实时采集；二是利用大数据等技术开展多维度的用能分析与能流优化，通过模块运算得到平衡结果，实现能源智能动态优化调整；三是建立碳资产管理平台，对碳排放进行追踪、分析、核算或交易，促进节能减碳。

### **2. 环保管理**

一是利用物联网、云计算等技术，实现环保数据的全面采集，实时监控及报警；二是利用人工智能、大数据、机器学习等技术，对环境数据进行快速识别和分析，提供解决方案和决策建议；三是建立数据分析模型，预测生产排放，自动提供生产优化方案并执行；四是构建一体化联动的环保、消防、减灾处置综合管控平台，实现对排放超标、应急状况的及时干预和减灾处理。

## **(十一) “5G+工业互联网”应用**

“5G+工业互联网”在石化化工行业应用主要分为采集类、管控类、传输类三大类，聚焦智能化生产、数字化管理、可视化治理及绿色低碳四大应用模式。采集类应用面向化工生产装置、储罐与管线等大范围高效数据采集，通过5G技术解决传统有线网络存在布线复杂、施工难度高的问题；管控类应用面向生产作

业、物流运输等设备的远程管控，通过 5G 网络实现远程实时控制；传输类应用面向移动作业传输，包括设备日常巡检、特殊作业监管、污染源监控等场景。

## 1. 采集类应用

### (1) 危险源监测预警

石化化工在生产过程中具有高温高压或低温低压、易燃易爆的特点，甚至容易产生火灾及爆炸危险。利用“5G+物联网”“5G+摄像头”等设备，采集危险源和有毒有害气体的监测数据，进而控制重大危险源的临界值、监测有毒有害气体的实时值。同时，将监控终端与云端系统对接，对各视频监控点信息实时统一分析、联动响应，便于迅速采取有效的应急措施，减少事故的发生。

### (2) 人员行为智能识别

通过 5G+边缘侧的技术实现公用网与工业内网的深度融合，实现全要素监控：5G 高清摄像头、对厂区内人、机、物等全要素进行视频采集；全天候分析：边缘侧部署机器视觉算法对采集视频进行实时化分析；全流程闭环：对于违规作业等情况进行多渠道告警，形成安全生产的闭环管理。在工厂的厂区的前门、后门以及工厂卸货龙门架区域进行视频图像采集，通过 5G 视频传输和 AI 视觉算法分析，对作业区域的人员进行穿戴安全监控管理，包括安全帽、工作服、反光服等管理上要求的穿戴规范监控，

实现安全帽、安全带、工作服智能识别，当出现操作人员违规行为，系统将实时发出告警信息，从根本上杜绝安全隐患发生。

### **(3) 设备健康监测**

石化化工管道、储液罐等工艺设备部署密集、结构复杂，传统感知技术难以精细到每一个局部位置进行监控。基于 5G 技术，工业现场可实时回传高清红外视频，对工业现场特别是针对装置区高点、不易达点进行不间断监测。具体应用如输送管线保温层脱落、管道腐蚀、管道结垢、管道破损等情况产生的局部温度异常的监测；检测储油罐、储气罐、炉管等设备外部热成像特征，判断罐内积垢程度、罐体衬里损伤程度或罐内液面，从而为制定精确的检修方案提供参考；以及实时检测抽油机等设备的整体运行装置，及早发现过热点，防止设备故障，影响生产。

## **2. 管控类应用**

### **(1) 无人车调度管理**

在工厂的仓库、物料转运车间和跨车间物流配送等易燃易爆腐蚀性风险场所，无人叉车/牵引车可替代人工作业实现自动化搬运输送，配合智能物流系统可以有效地提高工作效率和作业安全。采用 5G 技术进行调度管理的无人叉车/牵引车系统，可以解决网络切换时延不稳定的问题，满足石化化工仓储要求。可对接 WMS 系统、ERP 系统实现订单库存的动态实时关联、更新和产品搬运出入库的全流程自动化，以及订单数据、生产数据、库存

数据、发货数据全闭环，提高仓库管理的智能化水平，24小时不间断工作实现大幅降本增效。

## （2）无人值守过磅

无人称重系统主要可配合 RFID 刷卡系统，视频监控系统，车辆位置红外监控系统，语言指挥系统、信号控制系统实现磅房自动化称重管理系统。通过局域网、5G 网络连接实现过磅数据、过磅图片以及过磅视频的实时监控，磅单的查询可以关联图像信息。通过自动识别摄像头抓取过磅槽车车牌信息，司机无需下车就能实现身份、车牌验证进出磅放行。同时，通过大数据技术，对车辆、罐体进行皮重分析，对超过历史均值 3‰（可配置）的过磅进行告警。无人值守过磅可提高工厂信息共享效率、工作效率和生产效率，降低过磅环节的人力成本，杜绝人为误差并防止作弊等情况的发生。

## （3）受限空间作业

在石化行业作业空间内，由于受限空间作业环境恶劣，作业依靠人工，危险性高，容易发生中毒、缺氧窒息、燃爆等危害事件，对作业人员危害极大，易发生伤亡；同时化工装置固定床催化剂装填工作为人工操作，半无氧环境，有一定危险性，大检修期间工作量非常大，劳动强度高。受限空间作业是利用 5G+智能机器人替代人员在受限空间内进行污油池、污水池、清罐、内防腐和检测等操作。5G+储罐清洗机器人应用通过 5G 网络将储罐

清洗机器人上的摄像头、气体二合一检测仪等设备上的气体检测、环境监测和视频数据回传到服务器上，5G+智能装填机器人应用是利用 5G 实现智能装填机器人远程操作，替代人工进行催化剂装填工作，实现自动送料、自动耙平、自动识别、自主操作，降低作业中环保和安全风险。

### 3. 传输类应用

#### (1) 人员车辆定位

“5G+机器视觉”可以发挥 5G 大带宽、低时延的优势，将作业视频、定位等信息回传到位于边缘云的机器视觉分析平台，基于 5G+北斗/GPS 的车载监控终端，以及 NB-IoT+北斗/GPS 的智能工卡，实现企业车辆运输安全管理和生产区域人员实时定位管控调度，满足工厂人员工作协同、管理调度以及信息沟通需求，提高管理效率，节约运营成本。系统提供实时更新并显示人员或车辆当前运行状态，包括：速度、方向、经度、纬度、所在城市、所在道路、定位时间等信息，提供轨迹回放功能，以及可基于电子围栏针对重点区域进行陌生人检测、攀高预警、烟火检测等。

#### (2) 无人智能巡检

通过防爆终端等设备智能采集、处理、传输、存储现场巡检数据，包括文字、图表、图像、温度、震动、音频、视频等不同形式的巡检记录，并形成现场巡检与 DCS 数据比对分析制度，及时发现并消除工艺控制误差、排除设备的停摆、漏油、火灾、

盗窃等安全隐患。在部分特殊环境下，可利用人工智能、5G 通信、云计算、大数据、物联网、图像识别等现代信息技术，实现机器人/无人机自动巡检，以自主或遥控的方式在无人值守或少人值守的环境中进行巡检，具有安防巡检、环境监测、油气泄漏检测等多种功能。多个巡检机器人之间可具备互相交流能力，以不断优化巡检路线。

### **(3) 管道安全监控**

石化管道一般分布在野外，管理十分不便，管线老化不能及时发现，容易发生爆炸及漏油；偷盗油行为难以管控，而传统的分布式传感器部署成本高，覆盖度低，光纤传感方式误报率高，广域管线人工巡检监管难，违规施工破坏难以及时发现。基于 5G 无线技术的移动式无人机巡检，可以为传输管线、石化化工园区提供自动化巡检方案，通过机载摄像头监测管线状态、偷盗油情况，并在火灾发生时前往进行远程遥控救火。通过 5G 网联无人机执行定期巡检及专项巡检，日常定期巡检管道，排查是否有违建、违法开挖等情况，专项巡检可针对打孔盗油、油气排放，以及地质灾害等进行排查。

### **(4) 污染源监控分析**

石化化工行业 VOCs 主要来自工艺有组织排放、火炬气、工艺无组织排放等，其中无组织 VOCs 的排放量大、点位多、监测困难且有移动性巡检的需求。通过“5G+物联网”能够对化工园

区大气环境、水质、土壤、废弃物进行动态监管，推动园区绿色、低碳、高质量发展。一是气体排放浓度超限预警，通过平台集成园区污染物监测分析仪表数据，并对数据进行实时监测，实现污染物浓度超限预警，以支撑操作管理人员及时有效处置。二是环保质量评价，通过建立不同维度的环保质量评价模型，实现对企业环保状况的智能化诊断分析，提出有针对性的改进措施和建议

## 四、工业互联网建设实施部署

### (一) 工业互联网网络设施建设

#### 1. 建设现状

石化化工行业工业互联网网络设施包括外网互联网、内网有线网、内网无线网三类：外网互联网主要用于与化工企业与监管机构（工业和信息化、应急管理、生态环境、消防救援等主管部门）、化工园区、供应商、客户、第三方服务机构之间的数据交互与业务协同；内网有线网主要用于化工企业内部办公和生产运营管理；内网无线网主要用于生产现场设备管理控制、移动作业等，重点支撑移动作业类、临时部署类（如特殊作业现场视频监控）、应急响应类（如应急融合通信）业务场景。

**一是化工设备多样，设备联网难度高。**化工行业属于资产密集型行业，生产运营涉及大量化工反应装置、储罐、运输管线、公辅设备、计量仪表以及安全环保监控设备和站点，不同设备通信协议、数据交互量、通信模式（如持续联网、周期性联网、按需联网）存在巨大差异，标准多样、兼容性和互操作性低，设备联网和数据互联互通难度高、数据交互协同不足。

**二是多种网络并存，数据协同效率低。**化工企业日常办公往往使用有线宽带网络，仪器仪表使用有线窄带网络，移动作业使用 4G 和 5G 网络，移动类设备（如 AGV）使用工业 Wi-Fi，点巡检使用红外或蓝牙通信读取设备数据，视频监控使用光纤网

络，同时大量设备使用厂商私有通信协议，从而造成多种异构网络并存、网络孤岛林立，数据协同效率低。

**三是生产布局分散，跨地域互联场景受限。**石化化工企业，尤其是大型化工集团通常根据矿产资源分布、下游市场距离、物流运输便利性（尤其是石油天然气进口）等因素进行全国性生产布局，随着行业布局趋势变化，企业总部、区域总部以及工厂之间的跨地域通信需求日益增加。目前化工企业的跨地域互联互通主要局限于办公网络，生产网络之间实时互联存在明显不足。

**四是安全生产场景赋能不足。**化工行业固有的高风险性质（如易燃易爆、有毒有害等危化品密集）以及长期快速发展积累的深层次问题逐渐显现，导致全行业安全生产形势严峻；海洋石油、氢能利用等新兴领域安全风险日益凸显，带来风险隐患叠加；众多企业，尤其是中小企业在安全设计、安全投入、自动化控制人员培养等方面存在不足，进一步加剧了安全风险。目前，工业互联网网络设施主要应用于重点设备数据采集，在5G网络设施算网一体能力、融合通信能力、高精度定位能力、通感一体能力以及现场异常智能识别预警、异构应急终端互联互通、人车高精度定位、空地一体应急指挥等场景中渗透不足。

**五是绿色低碳应用亟需深化。**“十四五”规划期间，逐步将八个高能耗、高排放行业纳入碳市场体系，其中石化行业和化工行业占据两个席位，成为国家碳排放监管的重点行业；发改委、工信部等四部门发布的《高耗能行业重点领域节能降碳改造升级

实施指南》，进一步明确了政策监管和引导措施（引导改造升级、加强技术攻关、促进集聚发展、加快淘汰落后），在所附的 17 个细分行业节能降碳改造升级实施指南中，有 10 个属于石油化工行业（炼油、乙烯、对二甲苯等行业）。节能减碳不仅涵盖能耗监测、设备工艺节能改造，还涉及供应链物料碳核算、绿电高效消纳、碳汇交易等多个方面，这要求化工行业工业互联网网络设施亟需突破单一企业、单一园区的局限，实现全地域覆盖、全供应链渗透。

## 2. 建设需求

基于石化化工企业工业互联网网络设施的建设现状和使用痛点，建议重点改进方向如下：

**一是提升网络柔性，支撑设备高效互联互通。**石化化工生产要求现场网络能够灵活配置，将不同设备通过通信协议解析、数据格式转换和地址空间重映射等方式，实现新建设备快速接入、支持异构设备互联，进而实现设备统一接入、统一监测、统一控制、统一维护。

**二是依托工业互联网网络，强化数据采集。**石化化工工业互联网网络设施通过柔性匹配海量异构设备、高效对接多样化业务平台，推进企业在生产控制、能源管理、安全环保等重点环节加快新型工业网络、仪器仪表、智能装备设备、关键软件和系统等“基础填平补齐”和改造提升，建立石化化工生产、存储、销售、安环等全领域的多源设备、异构系统、运营环境、人员管理等数

据，实现对石化化工生产“产、供、销、运、储、市、财、安、监、维”各领域、各流程的全面感知，保障数据采集的实时性、完整性和全面性。

**三是强化算网一体，普及边缘计算。**随着石化化工行业数字化转型的逐步深入，生产现场数据呈爆发性增长，然而，海量数据全量传输至中心节点进行处理不仅增加时延、难以满足石化化工设备实时控制的需求，而且降低可靠性、将网络故障风险传导到生产运行和质量控制，甚至危及安全生产。因此，需要充分发挥工业互联网网络设施云边协同和算网一体，充分利用网络设施中下沉到边缘侧甚至设备侧的算力，就地就行数据分析石化化工工业互联网网络设施通过生产、监测、控制、操作者、安全和环境等相关的仪表电气与智能设备，获取生产、安全、环境等实时数据，以便远程感知和控制现场设备与生产；在炼化重点装置、化工储罐、运输管道、运输车辆等关键节点，石化化工工业互联网网络设施的边缘算力设备承载机器学习和深度学习算法，在边缘控制器上集成分析引擎，实现对装置的自动调整和优化。

### 3. 建设部署

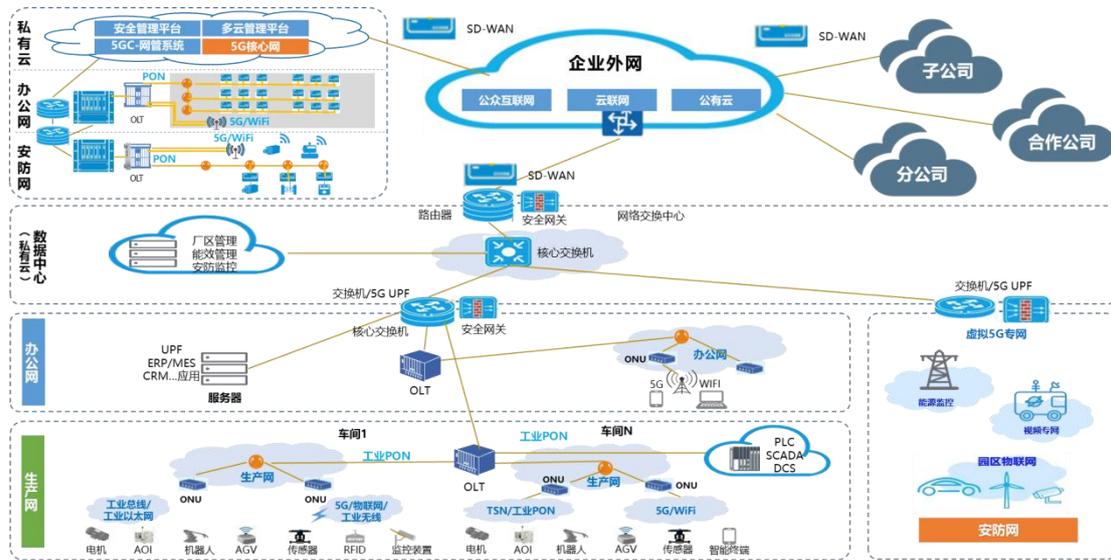


图 4-1 工业互联网网络设施建设架构图

#### (1) 现场级

石化化工企业现场级泛指利用各类传感装置获取各环节、各设备的数据信息（SIS、GDS 等）以及工业控制系统（PLC、DCS 等）。DCS 系统、SCADA 系统更新换代，生产线以及泵、阀等生产设备中的可编程逻辑控制器、嵌入式软件加快升级，综合 5G、TSN、云计算、AI 等新一代信息通信技术的新型工业网络，支撑石化化工行业规模化、智能化融合发展。依托于通信要求，分为无线和有线两种方式。

有线传输：现场级有线通信通常采用串口通信（RS232、RS485 等）、现场总线通信（ProfitBus 等）、工业以太网通信。随着信息化、数字化、智能化的应用加深，对通信网络的实时性、可靠性、稳定性的要求不断增高，实时网络通信、融合网络通信

等新型网络制式深入应用，基于 TSN、SDN 等有线网络技术，构建面向智能化设备、设施等新业务需求的网络。

无线传输：石化化工行业生产现场无线网络多以 Wi-Fi 为主的移动设备场景，比如 PDA、AGV、天车、行车等，少数应用到 ZigBee、LoRa（多应用于长距离，小数据量的非实时数据采集）、BlueTooth（常见于人员定位领域）等无线传输技术。伴随石化化工安全生产要求的不断严格，各类基于用于巡检、监控、定位、机器手臂、机器人等无线传输的感知设备、装置、设施数量不断增加，5G 网络技术可以满足不断增加的带宽、接入量、实时性的要求。

## （2） 车间级

为满足不同应用之间、不同工序之间、不同地理位置之间的车间级数据交换，石化化工行业车间级网络多以工业千兆、万兆环网形式搭建，包括工业交换机、工业路由器等设备为主。对于实现石化化工工厂各种工业设备的互联，以及工厂办公监控网络的融合承载，打通工厂生产管理网络到生产车间/现场网络之间的屏障，提升全流程生产效率、提高质量、降低成本，提高生产管理的效率和生产制造的智能化水平，通过工业 PON 网络及配套终端设备提供不同石化化工场景下的不同类型物理接口，可为工业控制、信号量监控、数据传输、语音通信、视频监控、无线网络承载等各种业务应用提供支持。由 APL 现场仪表/执行机构、APL 电源交换机、APL 现场交换机、控制器及 IDM 等组成的工

业测控系统，具备通信速率高、布线成本低、设备集成快等明显优点，支持 Modbus TCP 协议、HART-IP 协议、Profinet 协议等 APL 仪表的接入及控制，可充分发挥 APL 技术优势，极大降低现场仪表布线成本及集成难度。

相对于 FF、PROFIBUS PA、-20mA+HART 等流程行业广泛使用的工业通信协议，Ethernet-APL 技术通过单对双绞线完成 10Mbps 数据传输及本安供电，基于 APL 的工业测控系统具备通信速率高、布线成本低、设备集成快等明显优点，并为工业测控系统的开放解耦及智能化发展奠定基础。基于 APL 的新型工业测量和控制系统具备成本低、施工快、易运维、高可靠特点，具体体现在以下几方面：

1) 成本下降：1:1 无汇聚铜缆变为 N:1 汇聚的光缆，系统规模越大，布线降本越多；

2) 施工加速：APL 是标准化模块化设备，集成设计安装周期从 3 个月缩短到 1 个月，人力成本下降 50%以上；

3) 可靠性提升：当前仪表到系统柜之间都是单链路，可靠性较低；基于 APL 的新型工业测量和控制系统架构支持双发选收零丢包，可靠性下沉到 APL 交换机；

4) 支持远程诊断：基于宽带、大数据支持预测性维护，通过故障远程诊断、软故障远程排除、远程升级，降低仪表运维成本 50%以上。

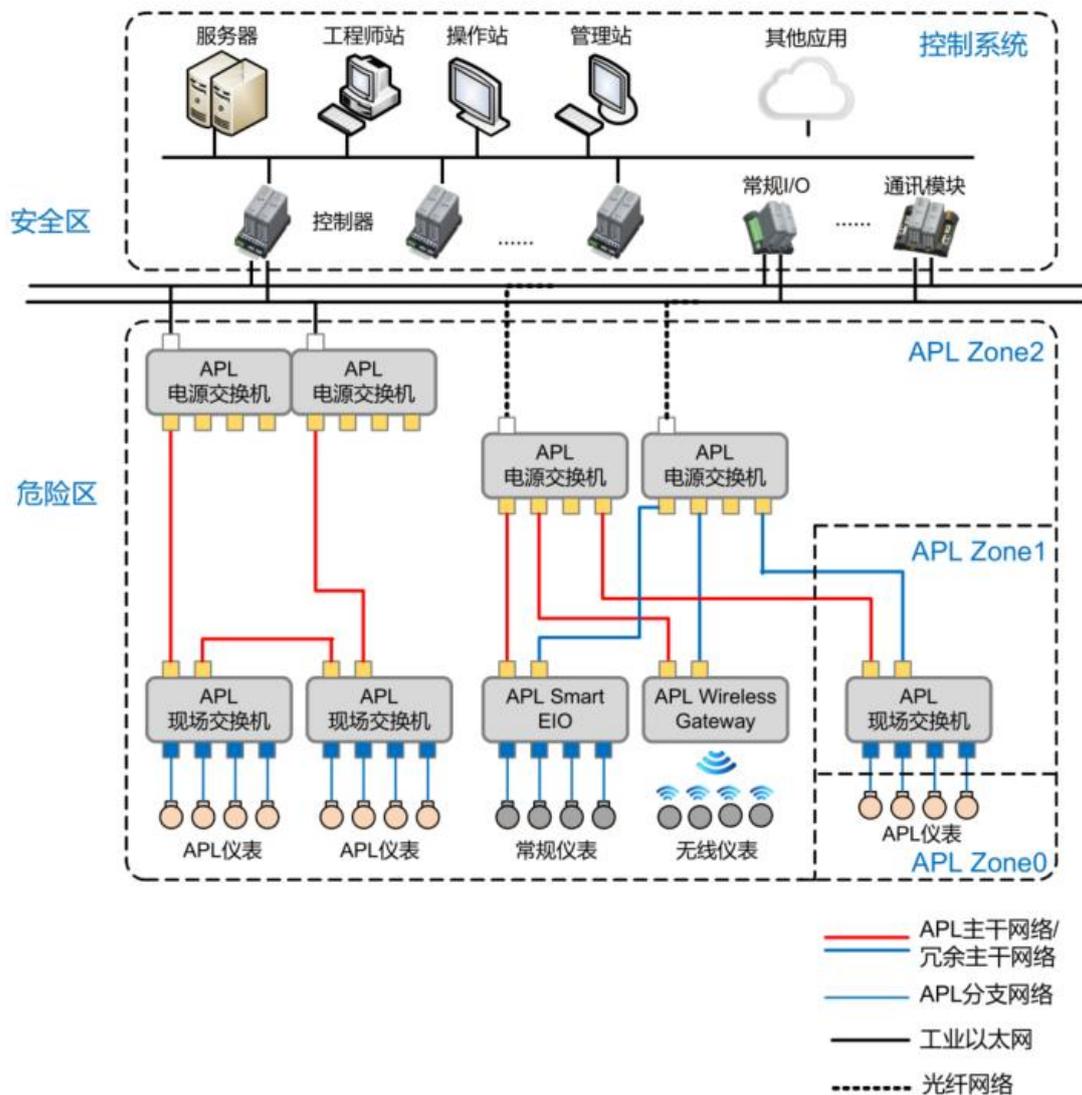


图 4-2 基于 APL 的工业测控系统架构图

### 案例 11: APL 技术防爆区域布控

结合石化行业防爆应用的业务场景，利用 APL 技术更安全、高带宽、低成本、简布置的特点，通过将 APL 技术应用于石化行业防爆区域，替代传统的点对点信号电缆直拉至机柜间。充分利用 APL 主干大功率供电和长距离高速通讯的优势，将 APL 电源交换机集中布置在控制室，将 APL 现场交换机布置在信号附近的装置现场。由于现阶段 APL 仪表还没有完

全普及，在现场布置了 3 类 APL 现场交换机，分别是：

**APL 现场交换机：** APL 现场交换机用来连接 APL 仪表，APL 现场交换机带有 12 个 APL 分支接口，可以连接 12 台 APL 仪表，能实现最高性能的高速数字通讯，实现真正的 E 网到底。

**APL SmartEIO：** 用来连接现场的各种传统信号，APL SmartEIO 支持 16 个通道，每个通道可通过软件单独设置以支持不同的信号类型，由于使用 APL 总线进行通讯和供电，APL SmartEIO 现场机箱内没有传统的开关电源，彻底解决了传统现场 I/O 环境适应性差、寿命短、维护不方便、不支持带电开箱等难题。

**APL 数字信号变送器：** APL 数字信号变送器是专门连接开关量信号的低成本 APL 现场交换机，支持 12 个开关量信号输出和 24 个开关量信号输入，用来连接现场开关阀信号。

这三种现场交换机就近安装在现场仪表附近，通过总线进行供电，不包含开关电源，以适应现场恶劣环境，APL 电源交换机布置控制室，通过双绞线对现场交换机进行供电以及信号传输，电源交换机和现场交换机采用星型拓扑结构，实现冗余供电与信号传输。

另外，三种现场交换机内都预留了足够点位。若需要增加点位，只需要将仪表安装到位，然后接入现场交换机（或 APL SmartEIO 中），在软件上进行简单调试即可投入使用。不需要上桥架进行拆线、拉线，以及打开机柜寻找对应卡件等工作，施工和改造效率提高 40% 以上。

相比于传统铜芯线缆直连的方案，采用 APL 节省了铜芯线缆 90%，有效降低了投资成本，大幅缩短了项目建设工期。通过本项目的实施，还搭建了以中控 OMC 系统和 APL 技术为基座的 PA 层架构，为后期 BA 层的扩展应用构建了良好的数据基础。

### (3) 工厂级

石化化工行业厂级网络，按照不同功能和要求，一般有如下分类：

一是依据网络部署的位置可以分为工厂外网和工厂内网：工厂外网泛指支撑工业全生命周期各项活动为目的，用于连接企业/产业上下游之间，企业与智能产品、企业与用户之间的网络；工厂内网是指在工厂或园区内部，用于生产要素互联以及企业 IT 管理系统之间连接的网络。

二是依据工厂网络特点区分，将网络划分为核心层、汇聚层和接入层。核心层是整个网络的中枢，负责处理大量数据的快速传输。在工业三层网络架构中核心层通常由高性能的交换机组成，用于连接各个汇聚层交换机，实现数据的快速传输和跨网络通信。核心层的主要功能是提供高速的数据转发和无阻塞的通信；汇聚层是连接核心层和接入层的桥梁，负责汇集多个接入层设备的数据流量，并将其传输到核心层。在工业三层网络架构中，汇聚层通常由多个交换机组成，用于连接接入层设备和核心层设备，实现数据的聚合和转发。汇聚层的主要功能是实现不同网络之间的连接和数据的转发；接入层是网络的最外层，负责连接终端设备和汇聚层设备。在工业三层网络架构中接入层通常由多个交换机组成，用于连接终端设备（如工控设备、传感器等）和汇聚层设备，将数据传输到汇聚层进行处理。接入层的主要功能是提供终端设备的接入和数据的传输。

在石化化工行业网络应用实践中，设计、生产和运维等全生命周期的精细化管理，降低整体的人力成本、资源消耗，全面提升安全生产和运营效率等越来越受到重视，这对网络基础设施提出了更高的要求，工厂外网呈现出云网协同发展的趋势，工厂内网呈现出大带宽、全连接、广泛兼容、便捷部署等趋势。固定宽带网络的优质性能和特点结合工业网络改造升级，为工业互联网发展奠定了良好的连接基础。涌现出两个特点，一是核心能力不断提升，5G+工业PON的双千兆工厂有效满足工业场景的连接需求，边缘计算、时间敏感网络、AI和大数据能力的融合有效提升生产效率；二是应用场景不断丰富，产线场景、车间场景、工厂场景、工业园区场景和异地工业园区场景，均可通过5G+千兆宽带提供高质量网络实现协同制造、高效运营和智能管理。

#### **（4）集团级**

集团级的网络，多以融合云应用的云网融合方式。在工业企业信息化、数字化和智慧化驱动下，工业数据需要产生更大的价值，同时也需要大量的工业应用能力可以灵活地为工厂服务，云和网高度协同，互为支撑，工业企业上云和云网融合将成为未来的发展趋势。

工厂到云端组网一般有两种方式，第一种方式采用互联网接入，连接到公有云，要求工厂具备互联网出口，能够通过运营商网络访问位于公有云上的应用平台；第二种方式是采用专线接入方式，通过运营商专线接入公有云或者私有云，形成工厂与云的

连接，可以采用基于 MPLS-VPN 的专线接入，也可以采用基于 SD-WAN 的 Overlay 专线接入。

### 案例 12：“双千兆”新型工厂网络实施

结合石化行业生产制造特点，部署高可靠、低时延、大带宽的“双千兆”网络基础设施，结合石化炼化工厂/园区的生产及管理需求，提供智能化工厂网络管控系统，将网络信息数据开放出来，与工厂生产和管理需求相结合，打造智能化工厂管控能力。

**工业 PON 网络：**是一种面向工厂的新型千兆光网。采用无源技术可有效解决石化生产现场抗电磁干扰的问题；采用二层的扁平化架构方便部署，有效节约生产现场和机房的布放；采用光分技术可支持现场设备的弹性变动，支持数采能力有效解决生产现场多协议数据互通问题；支持多串口多接口的接入有效解决生产现场多类型设备的接入问题。

**5G 虚拟专网：**是一种面向行业提供的专网方案。5G 网络可实现三大场景功能，面向工业高可靠、超低时延场景成为可能；采用切片技术，可为不同场景的业务提供不同网络性能的承载能力；UPF 下沉到工厂，可部署 MEC，实现数据不出工厂和超低时延业务保障；5G 服务能力可开放给工业生产、管理使用，实现智能化工厂网络管控能力。

“双千兆”新型工厂网络实施采用全新网络技术提供高性能的“双千兆”网络基础。通过网络融合技术满足工厂对有线、无线的全连接需求，通过融合边缘计算构建工厂边缘云能力满足工厂对数据安全和低时延的需求，通过提供智能化的网络管控系统满足工厂对网络灵活配置和动态管控、故障告警等网管需求。

## 4. “5G+工业互联网”建设

### (1) 5G 网络需求

“5G+工业互联网”是指利用 5G 技术改造升级工业企业生产网络，形成 IT、CT 和 OT 融合的工业网络部署方案，综合运用云计算、大数据、人工智能、边缘计算等新兴技术构建新型基础设施，提升工业生产的智能化、网络化和柔性化水平。石化化工生产具有高能耗、高风险、连续性强、工艺复杂、对环境影响大的特点，对于 5G 网络应用提出了更高的要求。

一是网络覆盖面拓宽需求。油气田产区普遍在荒漠、戈壁、草原、山区等偏远无人地区，企业自建 5G 专网缺少专用频段资源和提供给企业用户的网络监控管理、网络调用、交叉运维等方面的接口，无法满足企业用户网络资源灵活配置、自主运营、业务变更调整等需求。

二是传播损耗降低需求。超高频率通信是 5G 技术的核心特点之一。由于高频信号容易被吸收或反射，所以频率越高，传播损耗越大，需选择合适的无线通信技术和设备，以确保无线信号的稳定传输和覆盖范围。

三是技术标准统一需求。5G 网络建设模式虽然相对成熟，在数据通信方面已具备建设基础，但在安全方面缺少指导建议和技术标准，需制定统一的技术标准和安全规范，确保 5G 网络的稳定运行和数据安全。

## **(2) 5G 网络功能要求**

5G 作为当前先进的技术之一，具备移动、无线、高带宽、低时延、广连接的特点，通过结合 5G 联网和 5G MEC 的计算能力，智能化生产系统将进一步实现生产力的提升。

**一是实时传输功能要求。**化工装置和阀门的控制通常要求毫秒级时延，需要进行空口时延优化、UPF 下沉等操作来减少时延。生产装置运行数据采集、视频监控(尤其是重大危险源视频监控)等场景需要进行高清图像视频的上行传输，需要 5G 支持局部区域内海量高并发、中高数据速率的物联网连接。

**二是精度定位与追踪功能要求。**5G 网络应支持多种定位技术，具备提供高精度定位服务能力，以满足石化化工复杂生产环境中的精确追踪需求。实时追踪关键设备和物料的位置，有助于优化物流管理，提高生产效率，并确保紧急情况下能够迅速定位和处理潜在风险。

**三是网络灵活部署能力要求。**石化化工生产环境多样，5G 网络应具备灵活的部署能力，以适应不同生产环境的特定需求。5G 网络应支持快速部署和扩展并与现有工控系统无缝集成，能够根据生产规模和布局的变化进行调整，确保生产过程的平滑过渡和高效运行。

**四是安全隔离和可靠性要求。**包括和公众普通用户的隔离、企业内各业务之间的隔离，同时需具有超强抗干扰性、稳定性，

具备可靠的数据传输、容灾及快速恢复机制等，满足高可用要求，保障企业生产信息安全。

### (3) 5G 网络建设部署

5G 网络建设部署以 5G 为基础，实现工业基地内通信网络无线化，以及基地运营管理与控制远程集中化。采用 5G 网络切片技术保证通信质量和安全隔离，通过 MEC 降低时延和本地分流，保证企业数据安全。

化工企业可采用 5G 虚拟专网建设模式。综合考虑应用场景、地理位置、服务范围等因素，化工企业总部和各区域中心分别建设 5G 专网，实现业务的本地分流卸载及生产数据不出场，保障业务的高可靠性和安全性，总部可实现对各区域中心的集中监控和远程智能调度。

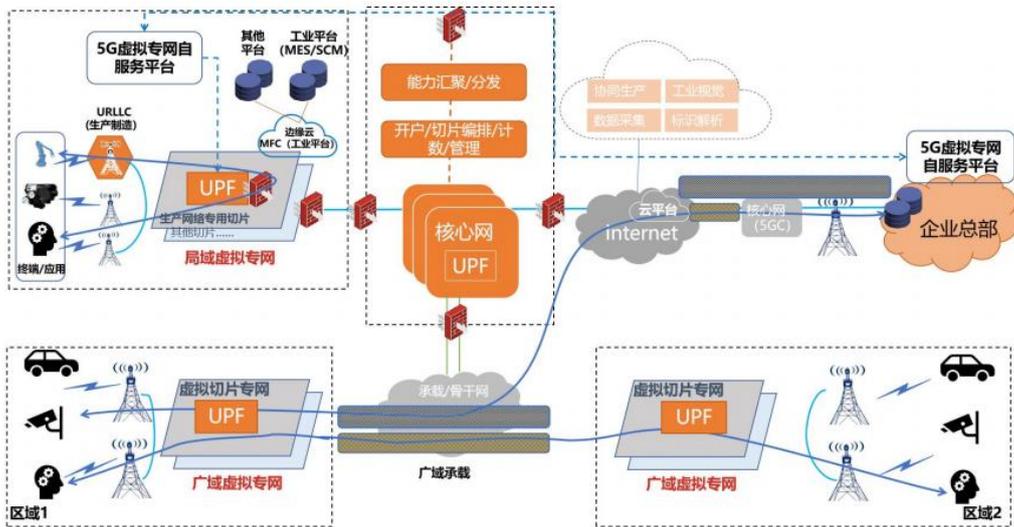


图 4-3 5G 网络部署图

各工厂室外 5G 专网实现化工企业室外区域的全覆盖，满足车辆识别、移动布控球、巡检无人机、巡检机器人、安全帽、数据采集、公专跨域漫游、5GLAN、5G 融合通信等 5G+工业互联网应用的网络需求；室内 5G 专网可以实现工厂车间及工艺装置内部的全覆盖，满足车辆识别、移动布控球、巡检机器人、远程操控、多源数据采集、人员定位、AR 检修、VR 培训、预测性维护、AI 质检、AI 行为管控、公专跨域漫游、5GLAN、5G 融合通信等 5G+工业互联网应用的网络需求。

## **（二）工业互联网标识解析体系建设**

### **1. 建设现状**

工业互联网标识解析体系是工业互联网的重要组成部分和“神经系统”，主要包括标识编码、解析系统和标识数据服务三大部分。其中，标识编码相当于“身份证”或者“门牌号”，为工业互联网上的每一个物理实体（如零部件、机器、产品等）、每一个数字对象（如算法、工艺记录、关键数据）赋予全球唯一的编码；标识解析系统是指能够根据标识编码查询目标对象网络位置或者相关信息的系统，对物理对象和虚拟对象进行唯一性的逻辑定位和信息查询；标识数据服务是指能够借助标识编码资源和标识解析系统开展工业标识数据管理和跨企业、跨行业、跨地区、跨国家的数据共享共用服务。

一是石化行业标识解析体系建设初见成效。截至 2025 年 1 月 14 日，全国累计接入国家顶级节点的二级节点达 381 个。已

接入国家顶级节点的二级节点分布于 31 个省(自治区、直辖市), 涵盖 47 个行业, 累计标识注册量为 6389 亿 (638, 887, 239, 595) 个, 累计接入的企业节点数量 507591 家, 国家顶级节点日解析量 1.6 亿 (160, 530, 293) 次。累计主动标识载体已部署 3218 万 (32, 188, 130) 枚。

**二是石化行业标识解析应用成效有待挖掘。**总体上来看, 石化行业标识注册量已经有一定建设规模, 但从应用角度来看, 标识应用的活跃度不足, 多停留在点状的企业内部应用模式, 缺少在行业内可推广复制的典型标杆, 规模化发展仍需持续推进, 应用仍有较大发展空间。

**三是石化标识数据流通价值尚未有效利用数据要素。**当前标识解析在石化行业积累了部分标识注册、解析行为、解析结果、衍生关联数据等系列标识数据资源, 但多以面向“物品”的描述性数据为主, 主要用于满足用户查询属性, 但还存在数据质量差、数据不稳定等问题, 尚未能有效地将数据资源转化为数据资产, 标识数据的价值还有待进一步释放。

## **2. 建设需求**

基于石化化工行业工业互联网标识解析体系建设现状, 建议重点建设方向如下:

**一是畅通跨企业、跨系统、跨区域的数据流动。**石化行业产业链供应链较长, 涉及产品种类多, 关联覆盖广, 由于标识编码不统一, 数据交互流通难, 工业互联网标识解析体系能够为石化

行业跨系统、跨企业、跨地域的供应链全流程管理、追踪溯源提供基础支撑，及时掌握石化供应链情况，优化资源配置，提高运营效率。

**二是构建基于标识解析的石化行业对象数据通用模型。**针对石化行业数据采集困难、数据融合不足等问题，制定多元数据采集、交换和数据融合规范，解决工艺、设备、应急和环保等多应用场景耦合下的数据融合问题。重点围绕企业基本信息、重点装置信息、关键工艺参数、实时报警数据等，制定统一的数据采集、存储和接入标准，实现数据与业务标准化、生产过程监控与优化以及生产过程数据挖掘与预测。

**三是强化标识解析对石化行业安全生产管理。**针对石油化工行业“工业互联网+安全生产”的具体要求，围绕石油化工生产装置等高风险设施，依托已建成的危险化学品安全生产风险监测预警平台，选择典型装置和代表性工艺，搭建石化装置安全平稳运行智能化管控平台。面向当前石化行业测控系统DCS尚未实时监测的大量生产设备和能流、物流管线工况，通过标识实现传感器大规模低成本部署和即插即用、监测管理；通过标识体系高效高质提升各应用系统之间的网络化协同效率，提高出现重大风险事故时的协同化能力，构建“工业互联网+危化安全生产”数据库。

### 3. 建设部署

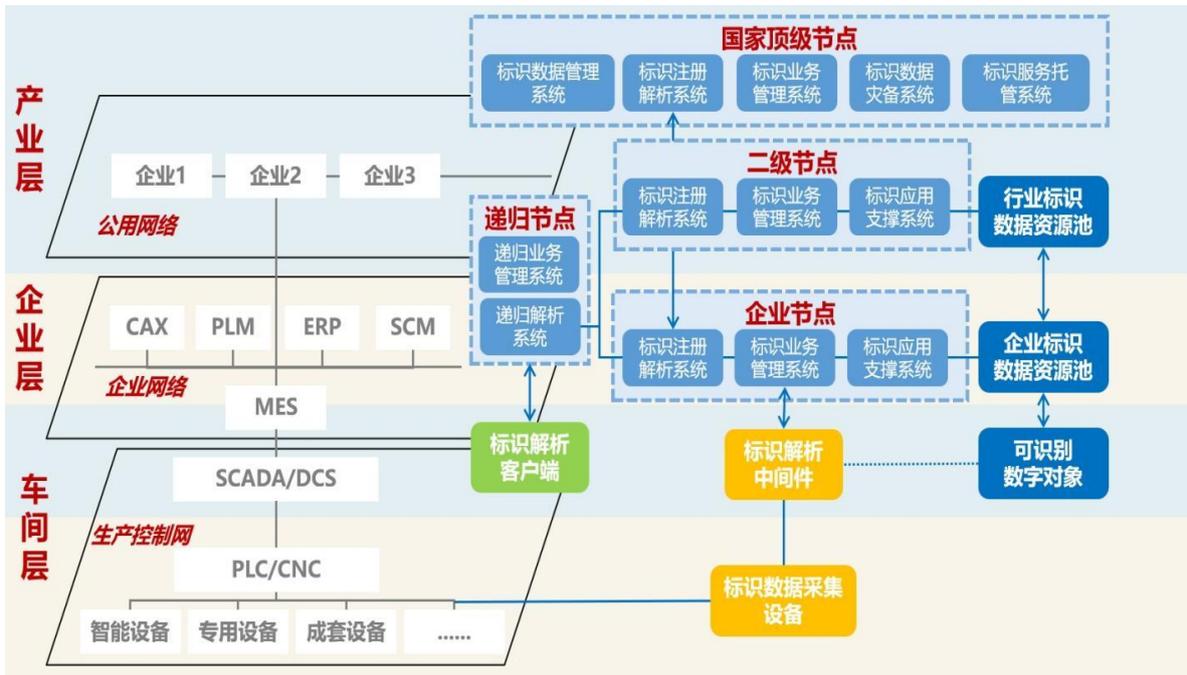


图 4-4 工业互联网标识解析体系建设架构图

#### (1) 车间层

车间层包括设备侧和边缘侧。设备侧，一是应依托企业节点标识注册功能，对石化行业产业链供应链中的物理实体和虚拟实体进行“一物一码”标识，其中物理实体包括设备、人员、产品等，虚拟实体包括订单、物流单、模型算法等，二是明确标识在不同载体中的存储位置和存储方式，通过标识生成软件直接集成到设备赋码系统中，支持标识在不同载体中的自动生成。边缘侧，一是部署标识解析中间件，内嵌通用的标识解析数据服务模型，与工业软件和工业采集设备高度集成，将多源异构的采集数据转化为可读可理解的标准数据；二是为标识资源池提供统一可识别

的数据对象，将经过标识解析中间件处理后的分类工业数据存储到标识资源池，作为企业层和产业层数据应用的有效支撑。

## **(2) 企业层**

石化行业上下游及相关企业应以独立建设或托管建设的方式建设企业节点并接入石化行业二级节点。面向企业部署标识解析企业节点，建设企业级标识注册解析系统、标识业务管理系统，支撑企业级标识解析集成应用，并可根据该企业的实际情况定义工厂内标识解析系统的组网形式和企业内部的数据格式。同时在企业层建设企业资源池，为企业节点提供统一的数据交互接口和通用数据模型，同时对企业层的规范数据进行有效存储和分类，依托工业互联网标识解析系统，有力支撑企业层的数据流通和集成应用，促进企业级的标识解析集成创新应用。加强标识解析系统与工控系统、工业软件、管理系统的适配，打造设备类、软件类、系统类中间件，推动企业内生产、加工、运输、检测等环节上标识，全面提升智能化生产管控、产品精益化管理、数字化交付管理、全生命周期管理等场景应用水平。

## **(3) 产业层**

产业层在部署实施时应重点考虑兼容性、可靠性等问题。一是面向产业建设标识注册和标识解析系统，以建设国家顶级节点为核心，推动二级节点和递归节点建设，构建统一管理、互联互通、高效可靠的新型基础设施，为不同行业提供稳定高效的解析

服务,实现全国范围内的互联互通;二是推动行业集成创新应用,深化标识解析技术与行业的融合程度,探索集成应用场景,进一步推动跨行业、跨领域的数据流转和业务协同。三是发挥石化化工行业“链主”企业带动作用,推动设计、生产、物流、服务、回收利用等环节标识化,带动产业链上下游广大企业普遍接入,实现全产业链上下游数据互通,有效提升供应链协同效率、准时交货率、供货速度和库存周转率等;四是加快推动石化化工行业利用标识解析体系数据开展产业链供应链韧性风险监测和评估。

### 案例 13: 标识解析二级节点建设

建设石化化工行业标识解析二级节点,进一步与石化化工工业互联网平台进行融合建设,打造基于二级节点的综合型应用平台。

建设石化化工行业标识解析二级节点:包括标识注册子系统、标识分配子系统、标识解析子系统、标识查询子系统、标识数据管理子系统、标识应用服务子系统、业务综合管理子系统、标识监测子系统等核心软件系统以及硬件基础设施建设,实现二级节点基础服务能力,包括标识注册、标识解析、标识代理服务、数据同步、业务综合管理 5 项能力,支持对标识数据的访问权限控制能力,支持对标识解析过程中数据传输的机密性与完整性保护。同时,结合工业互联网平台安全方面的技术及部署,对与平台集成的标识解析二级节点提供全方位的安全保障机制,为工业互联网安全可控地运转提供支撑。

二级节点与国家顶级节点对接联通:围绕数据同步、运行监测和应急接管等开展国家顶级节点与二级节点对接,实现二级节点与国家顶级节点

之间的标识注册、监测、备案、应急接管等功能；在与国家顶级节点互通的同时，通过标识注册接口、标识查询接口提供与企业对接的数据通路，进行标识分配以及与标识关联数据的采集，支持标识状态和信息查询；公共服务方面，二级节点提供公共查询接口，为广大用户提供标识解析应用的入口。

研制标识解析相关标准规范：基于项目参与单位在石化化工行业的丰富经验，总结并研制石化化工行业标识编码与存储标准、标识采集标准，结合各单位的信息化系统管理、运营经验，总结并研制石化化工行业二级节点管理规范、运营规范，形成行业内标准的编码体系与石化化工行业标识解析标准化的管理体系。

打造基于二级节点的综合型应用平台：对 IIOT、IaaS、通用 PaaS、工业 PaaS 等层级进行与标识解析体系协同建设，结合石化化工行业具体应用需求，打造云制造能力协同、供应链全流程管控、产品追溯、产品全生命周期数据管理、协同研发设计、协同生产管理、关键装备保障管理、厂内物流管理、数据资产管理、供应链金融、开放式 APP 构建等工业互联网集成创新应用模式，为接入企业提供覆盖制造全产业链和生态构筑需求的全方位服务。

基于标识解析的集成创新应用：在石化化工行业内，接入 N 家企业，根据具体情况接入丰富的物理资源和虚拟资源，并开展多种业务阶段的应用示范，推广重点场景的标识应用成熟度评估评价，为标识解析的广泛应用打下良好基础。在接入企业中，进一步选取企业，开展开放式 APP 构建、数据资产监管、供应链金融等集成创新应用，在工业 APP 研发、虚拟产业集群构建等方面为石化化工行业提供新型、高效的发展思路。

## 案例 14：大型生产设备和地面工程数字化交付

大型生产设备数字化交付：

某公司设备供应商接入工业互联网标识解析石化行业二级节点，注册设备标识，按照不同分类的设备主数据模型要求，将设备的技术参数、相关电子文档加载到标识信息中，关联完成后将标识打印在设备铭牌上，随同设备一同交付公司采油现场。当设备送达现场，该企业员工对实物资产进行初步验收，扫码查看由设备生产厂家提供的数据信息，逐一审核后即可完成验收。验收完成后，数据资产自动验收入库，将设备信息、地理定位以及管理人员等信息进行自动关联。

通过实施设备标识，企业解决了设备信息分散、缺失难补，数据不完整的难题，实现了设备一物一码，全周期身份管理。数据量增加 62%，整体管理水平得到提升。

地面工程数字化交付：

某公司以地面工程安装交付过程为对象，将所有管材、阀门、管件均引入唯一标识进行关联，加载施工过程中设备安装、焊口焊接、施工环境、施工人员等全过程数据，严控施工过程、管控项目进度、追溯施工质量，为后期工程投运提供运维数据支撑。

通过数据采集前置化，践行“谁施工、谁采集”的原则，实现数据采集有效、准确、及时，实现施工与设计纠偏管理，隐蔽工程全过程记录，为后期运维提供保障。

## 案例 15: 炼化设备在线监测

基于工业互联网标识解析石化行业二级节点及服务平台,某公司建立了石油炼化设备在线监测创新应用场景。根据需求,将生产设备、测量仪表、传感器、智能终端、设备监测模型等作为标识对象进行数据梳理,标识解析系统与企业现有工业互联网平台融合集成,实现标识对象的注册和信息查询。在公司工业互联网平台架构上开发设备在线监测管理相关微服务,实现云下的边缘计算能力、云上的中台能力及云上的应用能力。其中,边缘层负责进行巡检设备接入,协议解析,边缘数据处理等;数据交互及采集平台负责实现云下边缘层数据和云上业务系统数据的集成,同时用于状态监测系统与业务系统的集成。结合设备状态监测模型和设备故障预测大数据模型,建设成一套集多方位实时监测、多技术工具诊断、大数据预警、人机结合的设备监测管理系统。

通过设备在线监测应用的实施,该公司实现了基于统一标识解析的设备数据统一管理以及端边云协同服务机制,打造了智能化设备状态监测和故障预警体系,提升了设备的可靠性,有效降低设备运维费用。设备在线监测应用为公司核心生产装置的创纪录的长周期运行提供了数字化条件。

### （三）工业互联网平台建设

#### 1. 建设现状

工业互联网平台已步入场景引领、融合突破、规模应用的快速发展期，正成为支撑石化化工行业数字化转型的关键载体。一方面，工业互联网平台普及应用，有利于驱动大数据、人工智能、区块链等新一代信息技术与石化化工行业深度融合，有效加速数字产业化发展步伐。另一方面，工业互联网平台有利于石化化工企业转变发展模式，加快生产方式和企业形态变革，助力打造以软件定义、数据驱动、平台支撑、服务增值、智能主导为特征的新型生产服务体系。

**一是石化化工行业装置复杂，全面感知难度大。**石化化工行业装置多、规模大、工况复杂，企业大多建设了 DCS、SIS、GDS 以及动、静、电、仪表阀各类型设备资产管理系统，以及 ERP、视频监控、PI/PHD 等多套业务系统，系统之间接口多样，难以融合，平台协同效率不高，难以实现设备运行状态的全面感知和生产的智能控制。

**二是石化化工行业烟囱系统众多，信息孤岛明显。**石化化工行业业务复杂，随着发展业务系统越来越厚重，增加新的业务会出现牵一发动全身的问题，多套系统对生产管理人员来说操作繁琐，效率低下，数据也积累了很多，但由于数据标准不统一，质量低等问题，价值没有发挥出来，需要一个集数据集成、融合先进技术，贴近流程行业业务的工业互联网平台解决问题。

三是石化化工行业安全生产数字化管理仍需进一步加强。石化化工行业危险源多，当前大多还只是在 DCS 系统监控关键参数，日常的作业还是纸件记录，人员管控也是靠人，且各业务场景管理都是孤立的，需要一个统一的数字底座进行管理，推动工业互联网、大数据、人工智能等新一代信息技术与安全管理深度融合。

四是业务系统响应石化化工企业需求有待进一步提升。场景化 APP 需求越来越多，如报警、设备预测性维护、人员智能管理等，当前业务系统都是封闭式的，新增一个需求，系统变动大，响应慢，牵一发动全身，无法快速满足企业数字化转型的需求。

## 2. 建设需求

工业互联网与石化化工行业融合应用以工业互联网标准为引领、工业互联网安全体系为保障，面向企业提供依托数据流、信息流、业务流的安全生产辅助和经营决策能力，面向政府提供统计分析、安全监管、应急处置、资源感知、行业管理等方面的支撑，面向行业提供在促进产业转型和消费升级中实现行业高质量发展的服务。石化化工行业工业互联网平台体系重点建设方向如下：

一是加强底层平台建设，实现泛在感知与生产控制。加强底层工业互联网平台建设，利用泛在感知技术，采集运输、炼化、销售等领域的多源设备、异构系统、运营环境、人员等数据，实现对石化化工行业工厂运行状态的全面感知，实时通过生产、监

测、控制、操作者、安全和环境等相关的仪表电气与智能设备，获取生产、安全、环境等实时数据，以便远程感知和控制现场设备与生产；通过大范围、深层次的数据采集和异构数据的协议转换与边缘处理，构建工业互联网平台的数据采集体系，实现全面感知和控制。

**二是以数字平台为核心，构建行业服务中台。**服务中台由业务中台和数据中台构成，主要面向业务领域，将通用和公共的业务应用与数据分析等功能以微服务、中间件和专业软件容器等形式固化在系统中，实现业务与数据知识的沉淀和推广应用，构建行业共享服务能力。

**三是以智能场景为牵引，打造推广典型应用。**加快推动制造执行系统、企业资源计划、企业资产管理、操作员培训系统等工业软件全面升级，依托工业互联网平台实现各工业软件的集成与数据融合，建立以MES为中心的生产制造平台，集成整合物料移动、生产平衡、生产统计、质量管理、设备管理和能耗管理等业务模块信息系统；建立以ERP为核心的运营管理平台，集成整合财务会计/管理会计/资金管理模块、生产计划和控制、物料管理、销售和分销、物资管理、工厂维护、项目管理等业务模块的信息化系统。

**四是构建统一数字底座，加强安全生产数字化管理水平。**由于石化化工行业高危且安全生产面临危险源多、预警及风险应对不足等问题，急需构建统一的数字底座进行安全管理；加快“工

业互联网+危险化学品安全生产”建设，推动工业互联网、大数据、人工智能等新一代信息技术与安全管理深度融合，实现对危险源的实时监控、精准预警以及高效的风险应对；利用新技术实现对日常作业的数字化记录，取代纸件记录方式，提高作业记录的准确性和可追溯性；通过人工智能等技术实现对人员的智能管控，提升人员管理的科学性和有效性。

**五是基于行业特色需求，提升场景化 APP 快速开发与应用。**基于石化化工行业常见的业务场景，如生产监控、设备维护、安全管理、能耗分析等，开发一系列标准的场景化 APP 模板，涵盖行业内主要的业务需求和功能特点，开发人员可在此基础上进行个性化修改和完善；通过可视化的组态式界面设计工具，让开发人员能够通过拖拽、配置等简单操作来构建 APP 的界面布局，可将开发好的场景化 APP 快速部署到石化化工企业的生产环境中，有效地提升 APP 开发和设计的效率。

### **3. 建设部署**

结合石化化工行业特定业务功能要求，石化化工行业工业互联网平台整体上分为四层。一是边缘计算层：平台的基础，实现对现场各类装置、业务系统数据的采集，处理及上报；二是 IaaS 层：IaaS 层提供服务器、存储、网络、虚拟化等基础功能；三是平台层：通用能力及工业模型为核心，通用 PaaS 提供相关通用软件技术能力，数据服务层实现不同类型数据的统一存储，治理及加工，同时提供行业算法，如设备预测性维护，工艺优化，控

制优化等，平台层将沉淀的能力开放出来，支撑上层场景化应用的部署；四是场景化应用层：涉及生产、安全、设备、能源、质量、仓储物流等方面的应用。

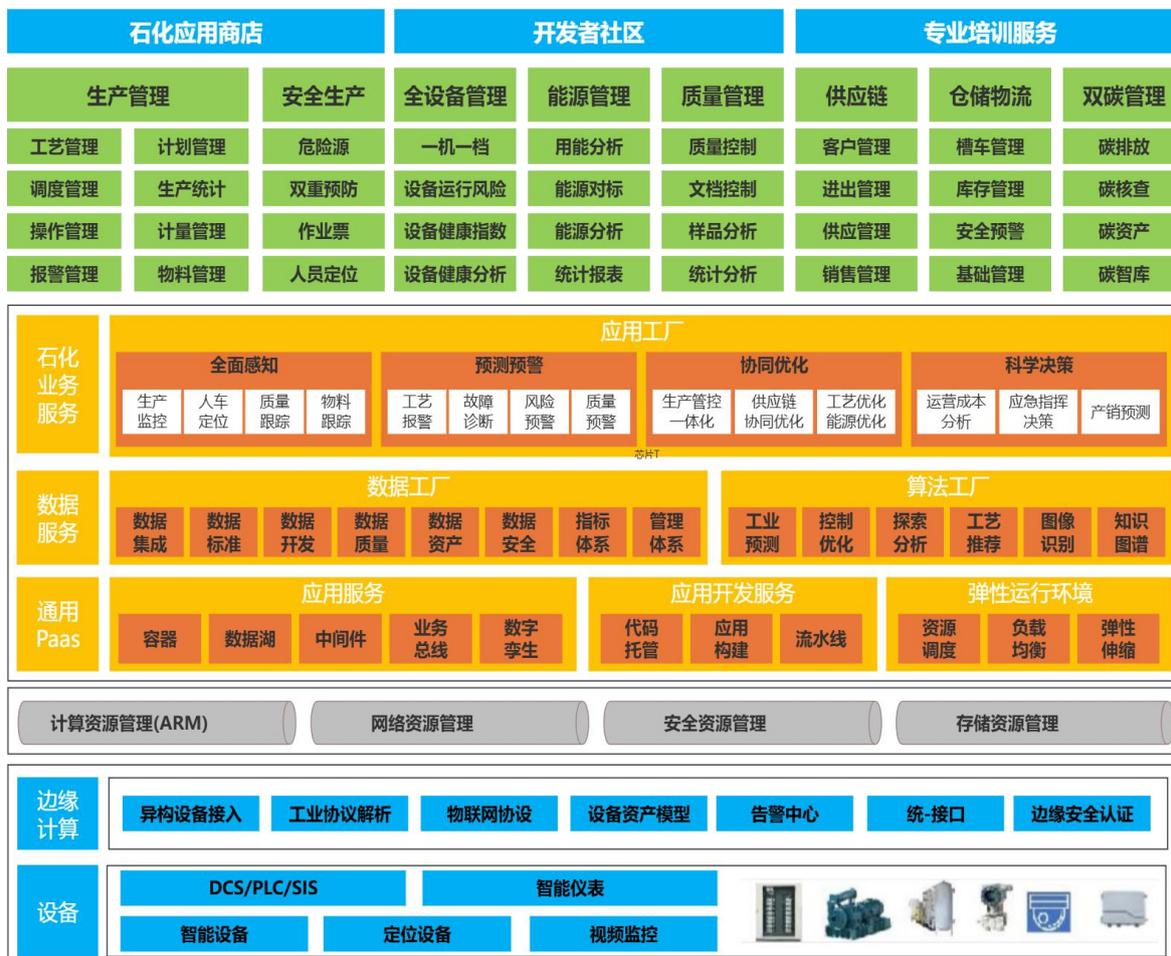


图 4-5 工业互联网平台建设架构图

根据石化行业业务场景需求，工业互联网平台部署可以分为车间层、企业层及产业层三大层级，分别满足车间生产、集团管理及产业协同的具体需求。

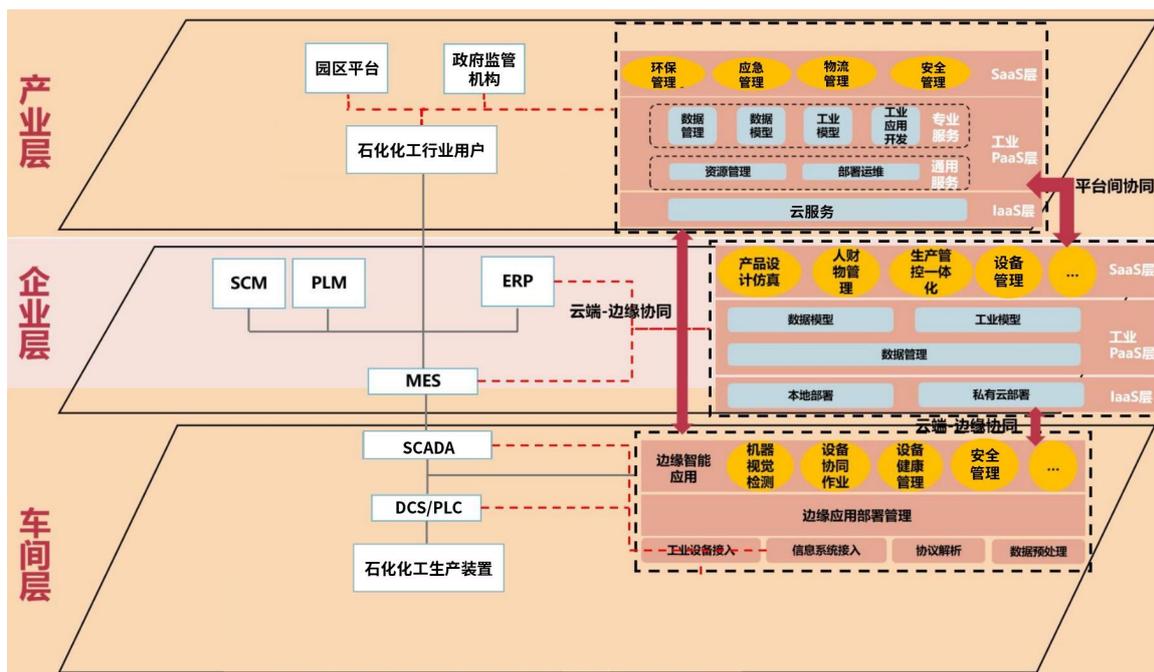


图 4-6 工业互联网平台部署架构图

## (1) 车间层

面向设备监控与管理，部署数据采集器，实现对车间DCS/PLC、智能仪表、视频监控、人员定位等数据的实时采集，并及时上传给企业的工业互联网平台，数据采集器支持冗余部署，以及支持与冗余部署的OPC服务器的连接，同时支持与工厂工业互联网平台的断点续传，保证数据采集的高可靠。

面向生产过程优化，对生产过程中的工艺参数进行实时监测和分析，结合先进的算法和模型，寻找最优的工艺参数组合，提高产品的质量和生产效率；根据车间内设备的运行状况、订单需求、原材料供应等信息，进行生产调度的优化，合理安排生产任务和设备的使用，提高生产的协同性和资源利用率。

面向生产质量控制，在生产过程中，安装在线质量检测设备，如光谱分析仪、色谱分析仪等，对产品的质量参数（如成分、纯度、浓度等）进行实时检测，确保产品质量符合标准要求。同时对生产过程中的质量数据进行记录和存储，建立质量追溯体系，当产品出现质量问题时，可以快速追溯到生产过程中的相关环节和参数，以便进行质量分析和改进。

## （2）企业层

面向生产管控方面业务，平台根据企业的销售订单、市场预测、设备状况等信息，制定生产计划和调度方案。通过工业互联网平台对生产计划的执行情况进行实时监控和调整，确保生产计划的顺利完成；企业部署工厂级工业互联网平台，实现对所管辖车间全域全要素数据的采集，存储及价值的挖掘；基于平台收集的大量生产数据、经营数据和市场数据，利用大数据分析、人工智能等技术，为企业的管理层提供决策支持。

面向经营管控方面业务，对企业的原材料采购、库存管理、产品销售等供应链环节进行信息化管理。通过与供应商和客户的信息系统对接，实现订单的实时传递、库存的动态管理和物流的跟踪监控，提高供应链的协同效率和响应速度；将企业的财务系统与工业互联网平台进行集成，实现财务数据的实时采集和分析，为企业的成本控制、预算管理、财务决策等提供支持。

面向安全与环保管理方面业务，建立企业的安全管理信息系统，对生产过程中的安全风险进行识别、评估和监控。通过安装

安全监测设备（如气体泄漏检测仪、火灾报警器等），实时监测生产现场的安全状况，当出现安全隐患时及时发出预警信息，以便企业采取相应的安全措施。对企业的环保数据（如废水、废气、废渣的排放数据）进行实时监测和管理，确保企业的环保达标。

### （3）产业层

平台标准与规范制定，利用工业互联网平台推动石化行业标准与规范的制定和推广。通过收集和分析企业的生产数据和实践经验，制定统一的技术标准、安全标准、环保标准等，提高产业的规范化水平和整体竞争力。

产业链供应链多链协同，以工业互联网平台为支撑，将石化化工产业的上下游企业，如原油供应商、炼油企业、化工产品分销商等连接起来，实现信息的共享和业务的协同；运用新一代信息技术，综合集成产业链、供应链、资金链、创新链，融合企业侧和政府侧，贯通生产端与消费端，为企业生产经营提供数字化赋能，为产业生态建设提供数字化服务，为经济治理提供数字化手段，着力推动质量变革、效率变革、动力变革。

产业数据分析与应用，收集和分析石化产业的市场数据，为企业的市场决策提供支持，通过对产业数据的分析，了解石化产业的发展趋势和存在的问题，为产业的优化和升级提供决策依据，帮助政府实现产业大数据治理，通过大数据+AI工具，协助政府快速实现态势预判，规避招商、园区、物流、金融、人才流失各种风险，帮助政府调整产业政策，招商战略。

## 案例 16: 工业互联网平台+工业 APP 建设

某石化化工行业工业互联网平台一体化解决方案包括智能化仪器仪表、智能 DCS 控制系统、一体化网络规划、工业物联网设备、工业互联网平台及工业 App。

建立统一的数据中心,打通传统石化化工行业企业内部各系统之间信息孤岛,同时支持工厂与其他行业产业链数据打通,为充分利用工业数据价值奠定了基础。

提供工业知识显性化及软件化工具及知识库管理工具,兼容行业标准的原有行业知识沉淀的工业知识,实现行业知识沉淀及最大化复用。石化化工行业知识包括领域信息模型、机理模型、数据模型、机器学习模型、业务流程、工业流程图、3D 模型等,满足载有工业知识跨平台使用,为建立工业知识生态建设奠定基础。

提供工业互联网平台+工业 App 模式,快速有效满足现场需求。工业互联网平台提供基础服务组件及沉淀的工业知识组件,在统一的数据中心上快速开发工业 App,易于第三方 App 及新技术集成融合,为石化化工行业平台工业 App 共生生态奠定基础。

提供软硬件一体化平台及解决方案,实现自身石化化工行业工业知识沉淀、大数据、人工智能等新技术融合及第三方合作伙伴加持,可提高石化化工行业的智能化水平,大幅度降低工程人员的重复形成劳动。同时平台提供了低代码可视化 App 开发工具,大幅降低工程人员开发难度,使其能够充分发挥自身专业知识及经验优势,快速开发验证工业 App 以满足新需求,实现石化化工行业智能化工厂快速的迭代创新。

集成传统工业安全设备 SIS 系统及 3D 可视化、物联网、人工智能等

新技术，实现了重大危险源监控、可燃有毒气体监测、风险分区管理、集成人员在岗在位管理以及生产全流程管理的“五位一体”建设。石化化工行业“五位一体”安防系统，实现了对现场人员的实时定位、轨迹跟踪、操作提示及记录审计，设备状态的实时监控、报警、溯源等，配合传统安全仪表系统，保证了工厂有效的安全生产。

### 案例 17: 云原生智能化工厂建设

广东石化智能化工厂项目按照设计蓝图完成了 IT 基础设施和智能化应用系统的开发建设，依据业务需求和发展趋势，采用工业互联网技术构建新一代 IT 基础平台，采用云原生技术创新研发综合数据库、MES、生产指挥等智能化应用，实现全业务域数据集成共享。

通过梳理广东石化业务和管理需求，借鉴行业智能化工厂理论和实践，广东石化智能化工厂总体应用架构划分成 9 个业务领域和 3 大技术平台（如下图所示），智能化工厂系统与各专业管控系统共同支撑智能化工厂。

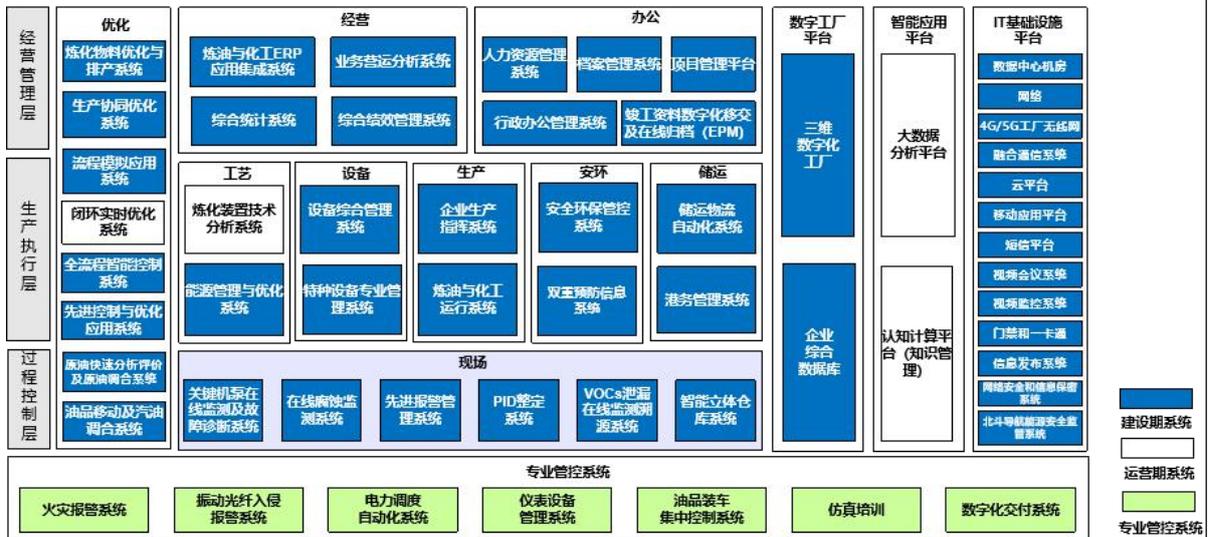


图 4-7 整体应用架构图

智能化工厂按照“平台+应用”模式，打造了集团首个炼化一体化工业互联网平台，建成了完整的数据中台、业务中台、技术中台体系和服务组件，沉淀 32 类工艺模型和业务模型，支撑各智能化系统实现底层技术和模型能力高效复用。



图 4-8 技术架构图

## （四）工业互联网数据体系建设

### 1. 建设现状

当前，大数据分析、人工智能等新兴技术正在加速石化化工行业的数字化转型，挖掘数据价值是加速石化化工行业数字化转型的重要驱动力。

一是设备兼容性差异大，数据采集困难。石化化工行业装置繁多，涉及大量不同品牌、不同型号、不同年代的设备，如 DCS、SIS、PLC 等，设备的通信接口和数据格式各不相同，且部分老旧设备可能不具备数字化接口，无法直接输出可供采集的数据，需要进行设备升级改造或采用额外的传感器等手段来获取数据，

但可能受到设备物理空间限制、改造难度大以及成本高等因素的制约。

**二是多源数据异构，数据孤岛现象严重。**石化化工企业通常存在多种数据源，除了生产设备产生的数据外，还有来自 ERP、MES、视频监控系统、人工录入的数据等，这些数据在结构、语义、存储方式等方面存在很大差异，企业各业务系统往往是在不同时期、基于不同需求建设的，系统之间缺乏有效的互联互通机制，形成了数据孤岛。

**三是石化化工生产环境复杂，数据质量欠佳。**由于石化化工生产环境复杂，存在大量的干扰因素，如高温、高压、腐蚀性介质等，这些因素可能影响传感器等数据采集设备的性能，导致采集到的数据存在偏差，在数据采集过程中，可能由于网络故障、设备故障等原因导致部分数据丢失，使得数据不完整，同时企业内部各业务系统之间的数据交互不畅也可能导致数据完整性问题。

**四是石化化工行业数据安全防护难度加大。**石化化工行业涉及大量与安全生产、环境保护等相关的重要数据，如生产工艺配方、原材料采购价格、危险化学品存储信息等，数据一旦泄露，可能会给企业带来严重的经济损失，影响企业的市场竞争力，甚至可能引发安全事故或环境问题。工业互联网环境下，企业网络与外部网络的连接日益增多，这也增加了数据安全风险，数据安全防护难度加大。

## 2. 建设需求

石化化工企业数字化方向包含：积极制定和实施大数据战略，建立数据资源中心，挖掘海量能源数据资源价值，健全数据资产管理体系，用数据驱动管理变革和转型升级。企业转型重点包括：如何充分运用平台获取的海量能源数据资产，运用数据挖掘技术，唤醒沉睡的数据，对数据进行解构、重组、再造。

石化化工企业需要系统性梳理数据的储存、数据量、数据的现有利用方式和未来需求。以数据为要素进行生产和管理的数字化、智能化升级，实现业务数据化到数据资产化的转变，优化与创新发展模式。石化化工行业工业互联网数据体系重点建设方向如下：

**一是实现数据标准化与互通。**石化化工行业在工业互联网数据体系建设中，注重数据的标准化和互通性，通过建立完善的数据标准体系，明确各类数据的定义、格式、编码等规范，实现不同设备、不同系统之间的数据互通和共享，有助于企业打破信息孤岛，实现数据的全面整合和应用。

**二是构建统一的工业数据湖。**构建多元异构工业数据湖，支持数据处理与存储能力，满足工业现场设备感知、业务应用和数据分析三类场景的存储要求，支持海量异构数据存储，提供了面向对象结构的数字化工厂模型构建方法，同时满足上层应用的业务处理和智能分析。

三是增强数据分析与应用。石化化工行业利用数据分析工具，开展数据治理工作，包括数据清洗、去噪、校验等操作，提升数据质量，运用人工智能、大数据、云计算等智能化技术，对采集到的数据进行深度挖掘和分析，助力企业发现生产过程中的问题和瓶颈，提出改进措施和优化方案，也为生产过程中的质量稳定性控制和生产效能的优化带来提升的同时，企业还可以利用数据预测未来的生产趋势和市场需求，为企业的科学决策提供依据，助力企业提质增效。

四是稳固数据安全与保障。石化化工行业在工业互联网数据体系建设中，注重数据的安全性和可靠性，通过加强访问控制、数据加密等安全措施，确保数据在传输和存储过程中的安全性。同时，企业还需建立完善的数据备份和恢复机制，以应对可能的数据丢失或损坏情况。

### 3. 建设部署

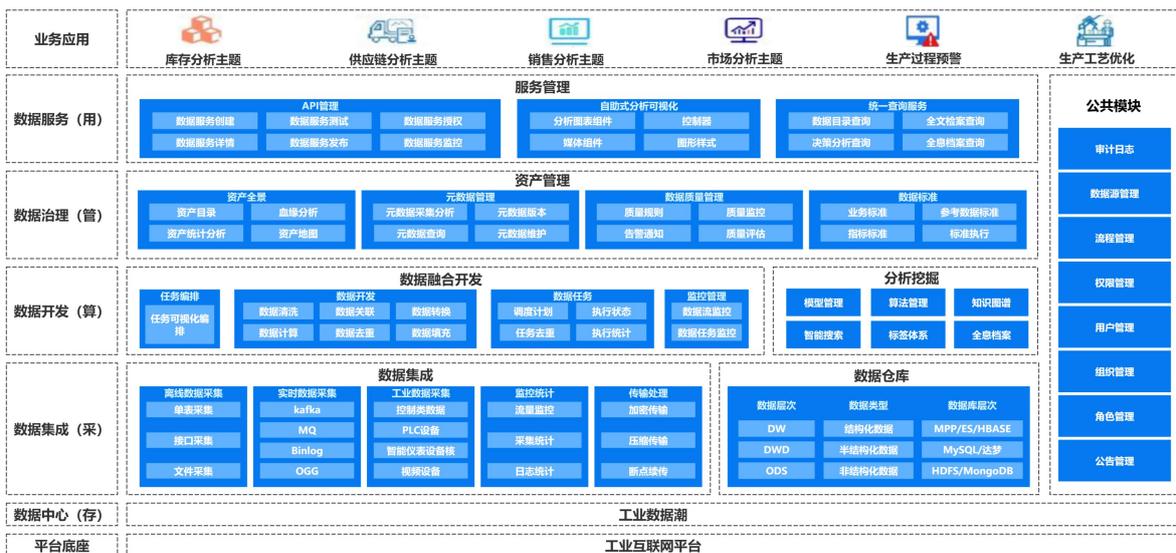


图 4-9 工业互联网数据体系建设架构图

石化化工行业工业互联网数据体系主要包括平台底座及数据中心、数据集成、数据开发等。一是平台底座及数据中心：数据资产管理平台构建在工业互联网平台之上，依赖工业互联网平台提供的各项基础能力，同时将数据存放在工业互联网平台的数据湖中；二是数据集成：用于管理各类数据源的链接信息，支持多源异构数据的接入/接出，使用低代码自由组态模式；三是数据开发：大数据平台的存储和计算底座，提供湖仓一体化的存储支持，能将企业中分散在各系统的数据进行统一的存储，灵活部署、弹性扩展、降低运维成本；四是数据治理：提供元数据、数据血缘、数据资产目录、数据标准、数据质量等功能，支撑数据资产管理和数据治理等场景落地；五是数据服务：帮助企业把数据资产安全高效地对外开放，提供快速将数据表生成 API 的能力，同时支持快速注册现有的 API 至数据服务平台，进行统一的管理和发布；六是业务应用：通过平台便捷的应用功能，如可视化、自助式分析、BI 工具，更好地降低数据使用门槛，基于工业互联网平台、运用人工智能等智能技术，进行数据分析，挖掘数据价值、强化支撑决策。

### （1） 车间层

从生产过程数据采集方面，通过数据自动采集技术，建立生产过程数字化管理 MES 系统，管理人员通过 MES 系统能够准确掌握各类生产动态信息，包括过程工艺状况、能源供应和消耗、

半成品和库存等，基于实时数据，管理人员可以快速进行生产调整操作，优化生产过程。

从数据可视化方面，面向实时数据，利用可视化仪表盘将采集到的各类数据以直观的图表、图形等形式展示出来。对于一些随时间变化的数据，如设备运行参数在一天或一周内的变化趋势，绘制趋势图进行展示；面向设备状态可视化，通过不同颜色直观地显示设备的运行状态；面向生产流程可视化，绘制详细的生产流程图，并将各个环节的实时数据嵌入到流程图中。

从数据分析与决策支持方面，面向设备运行分析，基于采集到的设备运行数据，运用大数据分析和人工智能等技术，建立设备故障诊断模型。定期对设备的性能进行评估，通过对比不同时间段的设备运行数据，分析设备是否达到预期的运行效果；面向生产过程分析，对采集到的生产过程中的工艺参数进行分析，结合模拟软件和优化算法，寻找最优的工艺参数组合；面向生产调度分析，根据设备的运行状态、库存情况、订单需求等信息，利用数据和算法对生产调度进行优化，最终对数据进行综合统计和分析，为生产决策提供支持。

## **(2) 企业层**

企业通过工业互联网数据体系的数据集成平台，将来自不同生产单元、业务系统和管理部门的数据进行集成和整合，通过数据清洗、转换和映射等操作，确保数据的准确性、一致性和完整性。利用大数据、人工智能等技术，对集成平台上的数据进行深

度分析和挖掘。提取有价值的信息和知识，为企业的决策优化提供数据支持。基于数据分析和挖掘的结果，构建数据应用平台，实现数据的可视化展示、预警预测、优化决策等功能。支持企业的生产管理、销售管理等各个环节的优化和提升。

生产优化与智能化。通过工业互联网数据体系，石化企业可以实时监测生产过程中的数据，发现生产瓶颈和问题，并进行优化调整。同时，利用人工智能算法和模型，实现生产过程的智能化控制和管理，提高生产效率和产品质量。

市场营销与客户服务。通过工业互联网数据体系，石化企业可以收集和分析市场数据、客户数据等，了解市场需求和竞争态势。基于这些数据，企业可以制定更加精准的市场营销策略和客户服务方案，提高市场占有率和客户满意度。

安全管理与风险预警。工业互联网数据体系在石化产业的安全管理中发挥着重要作用。通过实时监测和分析生产过程中的安全数据，企业可以及时发现安全隐患和事故风险，并进行预警和处置。这有助于降低安全事故的发生概率和损失程度，保障企业的安全生产。

### **(3) 产业层**

依托国家工业互联网大数据中心集成先进算力技术、汇聚石化化工行业数据、打造石化化工典型应用模式，推动石化化工行业大数据分中心建设。一是基于石化化工企业现有基础设施优势，利用其现有的网络、设备和数据资源进行拓展数据要素基础

设施；二是制定石化化工行业相关数据标准，促进数据的标准化和互联互通，支持跨行业、跨领域的数据融合与创新应用；三是通过共享数据和信息，优化资源配置，实现石化化工行业产业链供应链协同，提高产业链供应链的响应速度和灵活性；四是利用人工智能等技术，实现数据分析和预测，支撑产业链供应链上下游企业间的产能、物流、金融等产业资源数据开放共享，实现跨地域、跨行业的资源配置，提升人、机、料、法、环互联互通水平，实现产业链供应链的动态优化和调整；五是打造示范性平台，驱动产学研深度融合，推动石化化工行业数据体系建设，充分发挥石化化工行业数据要素价值，促进石化化工行业实体技术与数字经济深度融合，赋能石化化工行业数字经济高质量发展。

## **（五）工业互联网安全防护体系建设**

### **1. 建设现状**

石化化工领域，工业互联网的安全防护至关重要，维系着企业的生产稳定与持续发展。针对行业特有的复杂性和高风险性，石化化工企业应落实工业互联网安全分类分级管理相关要求和防护规范，建设一个全面、高效的工业互联网安全防护体系，贯穿设备、控制、网络、平台、应用和数据等关键环节，通过安全管理、安全评测、态势感知、风险监测等手段，强化企业实时监测、预警预防和快速响应能力，促进石化化工行业工业互联网的稳健运行。

**一是网络安全架构脆弱性。**在石化化工企业的数字化转型过程中，网络安全架构的脆弱性尤为突出。企业不仅要应对生产过程中控制点多、有害物质多、危险工艺多等挑战，还要面对网络拓扑设计不合理、网络隔离措施不到位、网络访问控制不够精细和网络接入点过多等问题。这些问题可能导致关键控制节点和数据资产暴露于风险之中，使得潜在攻击者能够轻易跨越网络区域，访问控制策略的宽松增加了非授权访问和数据泄露的风险，从而严重威胁到企业网络安全和生产安全。

**二是终端设备安全漏洞。**石化化工行业涉及大量的终端设备，包括传感器、控制器、监控系统等。这些设备在提高生产效率的同时，也带来了新的安全风险。由于终端设备缺乏安全管控措施，包括缺少身份认证和访问控制，存在未受保护的接口、补丁更新不及时等问题，容易成为网络攻击的入口，被黑客利用。

**三是数据安全防护措施不完善。**在数字化转型过程中，石化化工行业积累了大量的生产数据、工艺参数、客户信息等数据。这些数据的安全防护措施缺失，容易导致数据泄露、篡改等安全问题。目前，行业内对于数据加密、访问控制、数据备份等方面的措施还不够完善，难以有效应对日益复杂多变的网络攻击，一旦发生数据丢失或被篡改，将造成重大损失。

**四是网络安全管理体系不健全。**2024年，工业和信息化部印发《工业互联网安全分类分级管理办法》，推动建设企业自主定级、定级核查、分级防护、符合性评测、安全整改等工作机制，

并配套相关实施标准。但尚未在石化化工行业全面落地，许多企业网络安全管理体系不健全，缺乏系统化的网络安全管理框架和应急预案，难以在发生网络安全事件时迅速做出反应。

## 2. 建设需求

基于石化化工行业工业互联网安全防护体系建设现状，建议重点建设方向如下：

**一是摸清石化化工行业安全底数，准确评估风险。**目前我国石化化工行业工控系统安全只有统一的宏观原则性要求，没有统一的落地技术方案，防护范围、防护程度、防护措施尚不明确。多数情况只是在控制网与管理网之间设置了一道防火墙，厂商配套病毒服务器作为基础防护措施，少数企业采取类似纵深防御的方案，也是在发生入侵后采取的补救性措施，整个行业对企业安全现状不清，急需开展企业安全风险评估，摸清安全底数。

**二是优化网络安全架构，强化防御体系。**针对网络拓扑分区、分域不清晰、网络隔离有效性不足、网络接入访问控制权限不够精细以及网络接入点过多的问题，石化化工企业应重新审视和设计网络架构，确保关键控制节点和数据资产得到有效保护。通过实施逻辑分区和物理隔离，强化网络隔离措施，精细化访问控制权限，并减少不必要的网络接入点，以降低网络攻击的风险。

**三是提升终端设备安全防护能力，强化设备安全管理。**鉴于石化化工行业涉及的大量终端设备如传感器、控制器、监控系统等存在的安全漏洞，企业需加强对这些设备的安全管理，包括实

施身份认证和访问控制，保护接口安全，及时更新补丁，以防止黑客利用这些设备作为攻击入口。

**四是加强数据安全保护措施，确保数据安全。**首先，企业需建立完善的数据安全管理制度，明确数据安全责任，确保数据安全工作的有序开展。其次，企业需采用先进的数据加密技术，对数据进行加密保护，防止数据泄露和被非法访问。此外，企业还需加强网络安全防护，防止黑客攻击和网络病毒入侵，确保数据系统的稳定运行。最后，企业需定期进行数据安全培训，增强员工的数据安全意识和技能，形成全员参与的数据安全防护氛围。石化化工行业需从制度、技术、人员等多方面加强数据安全防护，确保数据安全，保障企业的稳定发展。

**五是推动安全管理制度落实，提高安全运营水平。**推动企业落实《工业互联网安全分类分级管理办法》，完成企业自主定级、定级核查、分级防护、符合性评测、安全整改等闭环管理，按照工业互联网企业网络安全防护相关标准，完善企业内部分类分级管理措施，转变安全管理理念，将安全防护措施部署由静态防御转变为主动防御，常态化监测安全态势，协同联动处置风险，实现对风险隐患的协同防护、主动发现、及时清除，系统提升安全管理水平，实现石化化工企业安全可视化、自动化、智能化。

### 3. 建设部署



图 4-10 工业互联网安全防护体系建设架构

石化化工行业的工业互联网安全防护体系架构从“车间、边缘、企业、产业”层层递进，具体包括设备安全、控制安全、网络安全、应用安全和数据安全，以及贯穿于整个层级的安全管理、安全评测（漏洞扫描、漏洞挖掘、渗透测试、上线检测）和安全态势感知与风险监测（安全配置、资产安全管理、安全监测与审计、态势感知、风险预警）。

**设备安全方面**，应主要关注物联网设备边缘计算设备、智能机器人、智能仪器仪表以及其他类型自动化控制设备的安全。硬件方面，应采用经过安全增强的设备固件，从操作系统内核到协议栈的各个层面进行安全加固，确保设备能够抵御潜在的安全威胁。软件方面，应密切关注工控设备的安全漏洞及补丁发布，及

时更新和修复软件中的安全漏洞，以防止未经授权的访问和数据泄露。

**控制安全方面**，是保障生产过程稳定性和可靠性的重要环节。针对过程控制安全，应主要关注终端工控机、工控系统及组态软件等关键设备的安全。可采用控制协议分析、软件安全加固、控制指令安全审计等安全管理策略，确保控制系统的稳定运行和数据的完整性。

**网络安全方面**，是保障生产连续性和数据安全的关键。针对网络安全，应主要关注生产现场网络安全、制造资源接入安全、跨生产基地网络安全、跨企业通信安全等关键领域。可以采用边界控制、通信和传输保护、接入认证授权保障等策略，确保网络的安全性和可靠性。

**应用安全方面**，主要关注平台边缘接入安全和运行安全，确保各类业务应用的安全性。可以采用用户授权管理、代码审计、终端防护等策略，确保应用系统的稳定运行和数据的安全性。

**数据安全方面**，针对数据安全，应主要关注边缘智能仪表数据采集与传输安全、企业客户数据、员工数据、财务数据等数据的安全。可以采用数据防泄漏、数据加密、数据备份恢复等策略，确保数据的安全性和完整性。此外，应同步做好涉及全要素的安全管理、安全评测和安全态势感知与风险监测等工作。全面提高石化化工行业工业互联网安全管理水平，降低网络安全风险，保障企业的可持续发展。

## 案例 18: 化工工业互联网统一安全运营

案例的某化工工业互联网统一安全运营平台总体技术架构包括: 工业互联网全网威胁捕获、多源安全数据生成、安全事件精准检测、协同联动闭环处置。

**工业互联网全网威胁捕获:** 通过搭建基于分布式技术架构的工业控制系统蜜罐网络, 汇聚各节点蜜罐系统上报的日志数据、捕获的攻击数据等, 基于大数据关联分析与机器学习引擎, 实现攻击行为分析、攻击手段剖析。一方面基于告警数据、日志数据进行已知攻击信息整理分析, 便于快速制定应对方案; 另一方面, 通过数据挖掘将看似无关的信息拼凑整合、深度剖析, 找到新的攻击信息。

**多源安全数据生成:** 工业互联网安全数据池主要覆盖网络流量、日志和漏洞三大类数据。流量数据通过工控安全审计系统监测工业企业主机与控制系统或设备之间的交互流量, 支持深度解析工业控制协议, 实时检测网络攻击、用户误操作及恶意软件传播。日志数据利用日志审计系统实时采集企业中不同设备和系统的日志信息, 支持集中采集、分析、合规审计及安全告警。漏洞数据通过工控漏洞扫描系统进行脆弱性分析和评估, 及时发现安全漏洞, 为平台提供漏洞数据和安全分析依据。

**安全事件精准检测:** 平台汇聚多源安全数据, 结合工业网络蜜网产生的威胁情报进行关联分析与深度挖掘, 可根据网络实际环境动态调整平台安全分析能力, 可自定义规则模型、统计模型、情报模型、关联模型等安全分析场景。发现潜在的网络攻击与内部违规行为, 感知工业互联网安全风险, 提升石化化工企业安全监测、威胁预警、攻击取证等能力。

**协同联动闭环处置:** 平台中涉及的所有安全数据采集设备及安全分析

平台的设计均采用标准化接口,能够与自有安全产品及第三方标准化工控安全产品进行对接,实现终端防护设备、边界防护设备等联动。如配合工控安全主机卫士进行联动,可以对病毒进行定位与查杀、进程隔离、进程终止、文件隔离、文件恢复、主机端口封禁、主机服务禁用等;配合工控防火墙、工控安全隔离网闸等联动进行封堵、隔离等。



图 4-11 某化工工业互联网统一安全运营平台

## 五、组织实施

### （一）基本原则

**整体布局、分步落实。**从石化化工生产全流程出发，制定企业转型发展整体战略，绘制工业互联网建设蓝图；根据企业现有基础条件和需求急迫程度，制定分阶段实施策略，分步骤、有计划地推进规划落地实施。

**夯实基础、创新驱动。**面向石化化工企业工业互联网建设需求，加速推进自动化信息化等基础能力提升；探索大数据、人工智能、5G等新一代信息技术与石化化工行业融合创新，以新技术、新工艺、新模式助力行业转型升级。

**标准引领、协同发展。**构建统一的标准体系，确保技术、产品、服务和管理的规范化，实现各系统和各环节标准互认、数据互通；构建开放合作的产业生态，推动产业链上下游信息共享和业务协同，促进石化化工行业协同发展。

**制度保障、安全先行。**建立实施组织架构，推进制度体系和责权体系建设，以完善的制度确保应用实施效果；以安全为前提，强化风险评估和隐患排查，建立健全安全防护体系，提升企业网络安全、数据安全、功能安全保障能力。

### （二）实施流程

石化化工行业和工业互联网融合应用实施可以通过现状评估、战略规划、组织准备、总体设计、方案设计、实施建设、成效总结七步来推进。同时考虑到工业互联网实施涉及人、机、物、

系统等的跨工序、跨企业、跨区域的连接，面临技术融合和业务融合的多重复杂性，石化化工企业在推进工业互联网融合应用时需要更全面的诊断评估、更系统的蓝图规划、更清晰的路径选择，建立更强有力的组织保障。此外，石化化工企业应在自身能力的基础上，联合科研机构、解决方案供应商等生态合作伙伴，加强跨界协同创新，推动工业互联网与石化化工行业融合应用。

## **1. 现状评估**

围绕石化化工行业业务痛点与应用需求开展现状评估，明确企业关键业务问题，识别企业能力建设方向，指导建设实施和落地应用，持续提升工业互联网融合应用水平。具体来说，一是业务流程诊断，开展对石化化工行业具体业务流程的梳理，明确关键业务痛点与融合应用需求；二是现状评估分析，全面摸清石化化工企业工业互联网融合应用建设水平；三是应用需求分析，围绕企业业务融合应用需求，结合当前工业互联网发展现状，明确企业转型应具备的网络、标识、平台、数据、安全具体能力要求和指标参数。

## **2. 战略规划**

面对石化化工行业高端化、智能化、绿色化的发展趋势，结合石化化工企业发展愿景、目标和市场定位，基于企业现有核心竞争能力、业务特点和痛点，明确融合应用方向，细化融合应用目标，规划融合应用路径。具体来说，一是战略研判，基于石化

化工产业链供应链上下游企业现状分析，明确相关企业各场景融合应用需求；二是目标设定，根据典型应用场景的融合应用需求，以及生产指标、管理指标等相关要求，系统设定建设目标；三是路径规划，基于融合应用需求、目标等，合理规划融合应用路径。

### **3. 组织准备**

为推动战略规划落地，石化化工企业应建立一套适应工业互联网融合应用发展的组织架构，配备具备工业互联网专业能力和素质的人才，建立合理的激励机制，落实好工业互联网建设所需的资金预算和筹措渠道，变革和创新业务模式和流程，支撑后续具体规划和建设任务开展。具体措施包括制定配套规章制度，设立项目领导推进小组，成立专家咨询委员会，制定项目年度资金预算与投资计划等。

### **4. 总体设计**

结合战略规划，面向石化化工行业全业务流程，石化化工企业联合规划设计院、总集成商等外部专业机构进行工业互联网融合应用总体设计，构建完整的业务、技术、数据、应用、网络、标准以及管理等架构，明确网络、标识、平台、数据、安全等方面的建设重点，并根据需求迫切程度、技术基础和资金情况等，明确项目建设先后顺序、各阶段建设目标和建设内容。

### **5. 方案设计**

按照总体设计要求，石化化工企业依托优质高校、科研院所、行业协会等产业生态资源，联合相应的系统解决方案集成商和供应商，针对各具体应用板块设计详细建设方案，包括网络基础设施改造方案、标识体系建设方案、工业互联网平台建设方案、工业互联网数据体系建设方案以及安全防护体系建设方案等，每个方案包括面对具体应用场景所采用的技术、硬件、软件等详细解决方案、人员安排、投资概算、进度安排、保障措施等，指导具体实施建设。

## **6. 实施建设**

根据企业业务需求和实施难易程度，选择有代表性的石化化工企业，组织开展工业互联网融合应用试点建设，结合企业关键业务特点、痛点和融合应用需求，开展企业工业互联网基础设施改造、工业互联网标识体系建设、工业互联网平台建设、工业互联网数据体系建设以及工业互联网安全防护体系建设等，根据项目建设情况，组织开展相关培训，保证项目建设顺利落地实施。

## **7. 成效总结**

工业互联网融合应用项目建设完成并上线运行一个阶段后，组织开展工业互联网应用成效评估，从业务、技术、管理、运营、组织等方面对企业实施工业互联网融合应用的成效进行全面评估，总结实施过程中的成效亮点，分析当前建设和预定目标的差

距，制定改进措施，优化实施方案，并基于此开展新一轮工业互联网与石化化工行业融合应用规划，不断提升融合应用水平。

### **（三）要素保障**

#### **1. 组织保障**

考虑到工业互联网跨领域跨行业特点，为保证融合应用顺利推进，企业应建立跨层级、跨部门、跨系统、跨业务的纵深联动、高效协同的工作机制，确保项目工作高效推进；组建融合应用工作领导小组，由企业一把手或分管领导挂帅，加强顶层设计和统一规划，统筹各方资源；组建工业互联网专家咨询委员会，作为推进工业互联网建设的战略性、全局性、专业性决策咨询方；组建由信息化或数字化部门负责人挂帅的项目建设小组，负责项目的具体组织实施。

#### **2. 制度保障**

石化化工企业应根据宏观政策建立基础管理框架，形成工业互联网融合应用责任机制、持续改进机制和应用评价机制，制定科学合理的成效考核指标体系，强化考核导向作用，通过加强对工业互联网建设与实施情况和效果的评估考核，充分调动各级领导和全体员工的积极性和创造性，同时建立协同联动机制，强化团队沟通协作，从制度上保障工业互联网与石化化工行业融合应用有效落地实施。

#### **3. 资金保障**

石化化工企业需要根据自身工业互联网建设现状和实际应用需求，结合资金投入能力，合理设置建设目标，建立分阶段、分批次的资金投入计划和资金投入保障措施。通过产业基金投资、企业自筹、社会资本入股等多种融资渠道，确保资金投入到位，保障项目良性运转。设立严格的财务管理体系，通过科学的预算制订和成本控制手段，优化资金分配，保障资金运用的公开性和合理性，此外通过定期开展财务审计工作，防范财务风险，保障项目资金安全。

#### **4. 人才保障**

石化化工企业在推进工业互联网应用过程中，应加大高层次人才引进力度，加强石化化工与工业互联网人才队伍的建设教育培训、研讨交流和考察学习，完善培训课程体系，培养精通石化化工生产、信息化建设、安全保障的复合型实用型人才，推动人才队伍素养提升；建立工业互联网人才培养、使用、评价、激励等制度，加强人才专业培训，强化人才能力考核，健全人才激励保障机制，营造良好的竞争环境，促进人才之间竞合发展，充分调动人才的积极性和创造性，确保人才引得进、留得住、用得好。

#### **5. 文化保障**

为进一步提升员工对于工业互联网融合应用的认知，石化化工企业应与工业互联网相关高校、科研院所、行业协会等单位加强合作，建立健全的培训宣贯机制，通过组织交流研讨、开展培

训学习、印发优秀应用案例、举办知识竞答比赛等一系列活动，共享工业互联网与石化化工融合应用成果，强化员工对工业互联网创新发展的认知，激发员工学习新技术、掌握新知识的积极性，加速工业互联网在石化化工行业的推广应用。

## 附件 1 供应商概览

一级分类	二级分类	分类说明	企业简称
网络	网络基础设施	提供工业级网络设备如交换机、路由器，以及 5G、LPWAN 等无线通信设备，确保高可靠、低时延的工业现场网络连接。	中国移动、中国电信、中国联通、中国广电、华为、新华三、浪潮、中兴通讯、瑞斯康达、东土科技等
	网络规划设计与集成服务	提供工业网络的规划、设计、建设和维护服务，确保网络架构满足工业场景特定需求。	中国移动、中国联通、中兴通讯、中国广电、华为、昆仑数智、石化盈科、中控技术等
	网络运维与管理软件	供应网络性能监控、故障诊断、网络安全管理等软件工具。	中国电信、中国移动、中国联通、中国广电、华为、新华三、宏时数据、锐捷网络、域智盾、浪潮、中控技术等
	工业无线解决方案	针对石化工业现场环境提供专业的通信解决方案，实现全厂无线网络的全覆盖，为移动巡检、移动监控、无线集群通讯、应急指挥、无线抄表等提供网络的连通和保障	中国移动、中国联通、中国电信、中国广电、中兴通讯、华为、瑞斯康达、国基科技等
	融合通讯解决方案	针对行业通讯特点实现企业运营有线，无线通讯方式的有效融合和互联互通解决方案	盈创天地、讯筒科技、华为、中兴通讯、瑞斯康达、讯一科技等

标识	标识解析服务	建设和运营工业互联网标识解析体系,包括国家顶级节点和二级节点,实现全球唯一标识符的注册、解析与管理	中国信通院、中天互联、核创网络、紫光云、安元科技、中海油信科、洋井石化集团、经达石化装备、胜利石油管理局等
	标识应用开发	开发基于标识解析的应用,如产品追溯、供应链管理等,促进数据流通与价值挖掘。	经达石化装备、五疆科技、未来网络、重庆工业大数据等
平台	工业 PaaS	提供平台即服务,包括对象化建模服务、数据处理、算法模型、低代码组态式开发工具等,支持企业快速搭建场景化应用。	石化盈科、昆仑数智、国能数智、蓝卓、用友、美云智数、航天云网、卡奥斯、江西信产、元能星泰、联通数科、慧正云科、第元信息等
	工业 SaaS	提供软件即服务,覆盖生产管理、设备健康管理、能源管理、安全环保、质量管理、仓储物流、供应链协同等多个应用场景。	石化盈科、昆仑数智、国能数智、中控技术、蓝卓、江西信产、用友、东方国信、中国联通、浪潮等
	工业 APP 商店运营	构建工业 APP 商城,促进应用开发者与工业用户的交流与交易。	用友、中原制造、航天云网、伏图、卡奥斯、中化信息、石化盈科、昆仑数智、蓝卓等
	边缘计算平台	专注于边缘侧终端设备的管理、协议解析、数据采集和处理分析。	蓝卓、云鼎科技、星环科技、虹科电子、安泰科技、力控元通、昆仑数智等

	系统集成	负责工业互联网平台与其他业务系统的对接集成,确保平台与企业现有系统的无缝对接,包含数据的集成、页面的集成等。	用友、中控技术、中国电信、江西信产、树根互联、蓝卓、浪潮云、思路智园、昆仑数智等
数据	数据基础设施	提供数据存储、计算资源和数据分析平台,支持工业数据的收集、处理和分析。	蓝卓、星辰天合、新华三、华为、瑞斯康达、数梦工场、祝融视觉科技、阿里云、中化学数科等
	数据分析应用	提供大数据处理、分析工具和服务,帮助工业企业从海量数据中提取价值。	华天软件、胜软科技、帆软软件、浪潮云洲、蓝卓、普元等
	数据治理与质量管理	帮助客户构建数据管理体系,统一数据架构与标准,建立数据质量改进机制,提升数据质量。	石化盈科、昆仑数智、美林数据、寄云科技、中国电信、北京中智软创、普元、蓝卓、互时科技等
	工业大数据分析服务	专注于工业领域的大数据分析与洞察,提供针对生产、质量、设备等领域的场景化分析服务。	石化盈科、昆仑数智、中控技术、蓝卓、普元、清云智通、智谱科技、中化信息、力维智联、中油安环院等
	AI 技术	利用人工智能技术,结合工业知识应用场景,提供感知识别、安全预警、预测分析、质量控制、故障预测、建模优化等应用解决方案,提升生产效率	石化盈科、中化信息、华控智加科技、中云科技、中控技术、百度、恒力华振、昆仑数智、中油安环院、中石油(北京)数智研究院等

安全	网络安全	提供包括防火墙、入侵检测/防御等安全防护措施,确保工业互联网环境下的信息安全	奇安信、中国电信、中兴通讯、杉树岭网络、新华三、中新赛克、国利网安、天融信、深信服、博智安全等
	数据安全	专注于数据加密、访问控制、隐私保护等,确保数据在传输和存储过程中的安全性。	北京国双、江南天安、新华三、云天安全、珞安科技、奇安信、天融信、吉大正元等
	工控安全	专注于工业控制系统(ICS、DCS、PLC、SIS等)的安全防护	中控技术、东土科技、中智达、绿盟科技、长扬科技、和利时、亨通工控、安恒信息、国泰网信、六方云等
	终端安全	提供工业终端安全防护软件	火绒安全、瑞数信息、新华三、亚信安全、深信服等
	态势感知与安全管理平台	集成多种安全能力,提供全局安全态势可视化和管理	深信服、芯盾时代、长扬科技、奇安信、新华三、中控技术、昆仑数智等
	安全服务	提供安全咨询、风险评估、应急响应等服务,帮助企业建立健全安全管理体系	中海油安技服、润博安全科技、江西信产、中控技术、中油安环院等

表 1 供应商概览表

## 附件 2 典型案例简介

### 案例 1：中海油石化行业标识解析二级节点建设

#### 一、案例概况

##### （一）案例概况

本项目建设石化行业工业互联网标识解析二级节点及创新应用，以国内自主研发的智能分布式标识解析系统为基础平台，打造基于二级节点的应用服务平台，实现与国家顶级节点、企业节点的互通互联，提供标识注册、解析、备案、监测等公共服务；通过与工业互联网平台的深度融合，支撑标识解析创新应用快速开发和上线；重点针对供应链协同、全生命周期管理、设备保障与能耗管理等行业痛点，打造一系列基于标识解析技术，结合 5G、人工智能、大数据、云计算、区块链等技术的创新应用，为石化企业提供新的解决方案，助力石化企业高质量发展。

应用场景：网络化协同

##### （二）企业概况

应用企业为中国海洋石油集团有限公司，服务商为中海油信息科技有限公司，应用企业是经国务院批准成立的特大型国有企业，是中国最大的海上油气生产运营商，公司注册资本 1138 亿元，共有 5 家控股境内外上市公司。主要业务板块包括油气勘探开发、专业技术服务、炼化与销售、天然气及发电、金融服务等，并积极发展海上风电等新能源业务。企业在 2024 年《财富》世

界 500 强中排名第 56 位，主要经营业绩指标在央企位居前列，连续 20 次获评国务院国资委中央企业经营业绩考核 A 级。

应用企业标签：特大型企业、国有企业

### **(三) 业务痛点和需求**

1. 石化企业对于提升各类业务的智能化水平，推进不同业务间的协同联动的需求；

2. 传统解决方案存在信用崩塌、权限泄漏、单点故障等风险，造成设备间的可信互联出现问题，导致设备拒绝服务；

3. 化肥产品防伪溯源需求高，传统方式将相关数据存储在不同的信息化系统，存在数据共享难的问题。

## **二、解决方案**

项目从基础设施、功能体系、应用体系、管理体系、安全保障五个方面入手，开展石化行业标识解析二级节点建设工作。

采用公有云资源进行分布式部署，对接国家顶级节点、企业节点和递归节点，接受标识注册管理机构监管，提供标识注册、标识解析、标识查询、标识代理服务、数据同步、业务综合管理等服务。通过统一门户和标识注册与解析微服务接口，支撑接入企业标识业务运行和标识创新应用建设，为石化行业提供标识解析公共服务能力。



图 1 石化行业标识解析二级节点总体架构图

## 1. 基础设施建设

石化行业标识解析二级节点采用 13 台弹性云服务器进行分布式部署,为石化行业标识解析服务提供处理大容量数据、高 I/O 能力和快速的数据交换处理能力;平台数据存储选用了具有稳定可靠、安全运行、弹性伸缩、轻松管理等特点的云数据库以及支持分片集群、副本集和单节点三种部署架构的文档数据库服务,两种云数据库结合使用,更好地为接入企业托管的企业节点提供大容量标识数据存储能力;为确保石化行业标识解析二级节点面对病毒入侵、人为误删除、软硬件故障等情况时能够迅速恢复,持续提供稳定的标识注册和标识解析服务能力,采用了备份空间为 10T、每日自动备份的云备份服务。



图 2 石化行业标识解析二级节点公有云资源

## 2. 功能体系建设

石化行业标识解析二级节点具备强大的标识注册、解析、查询、数据管理、业务综合管理和运行监测能力。企业可通过该节点在线申请注册，获取标识前缀，并进行数据注册和查询；二级节点采用 **Handle** 标识体系，提供公共解析服务，保证标识的可信解析；节点管理各类数据，提供不间断的解析服务，并具备高可靠性和高性能；节点还承担企业标识审核及分配任务，并接受国家顶级节点的监测，确保石化行业产业链上下游企业的信息协同与共享，保障标识数据的安全和可靠。

## 3. 应用体系建设

石化行业标识解析二级节点具备应用服务能力，提供 **API** 接口，并面向全行业提供标识解析公共服务。

石化行业标识解析二级节点综合展示关键指标，发布企业接入操作指南和接入规范，并提供标识应用解决方案、典型应用案例以及应用市场等，为有需求的企业推荐相关标识解析服务。通过标识统计数据大屏，可从多个维度展示企业应用标识的情况，为二级节点运营推广工作提供数据分析和决策建议。

石化行业标识解析二级节点 API 接口遵循国家工业互联网标识解析体系的体系架构和技术标准，通过标识注册解析微服务接口的方式为接入企业提供一系列标识注册与解析服务。

石化行业标识解析二级节点面向全行业提供标识解析公共服务，提供适应性的精准服务，方便不同规模的企业进行标识应用的开发建设和开展标识业务。

#### 4. 管理体系建设

结合石化行业特色和实际需求，编制相关技术标准，建立一套石化行业工业互联网标识解析管理体系，支撑石化行业标识解析二级节点规范化运行，帮助行业上下游企业接入和进行标识应用开发建设，包括：《石化行业工业互联网标识编码规范》《石化行业工业互联网标识解析系统接口规范》《石化行业工业互联网标识解析系统管理规范》《石化行业工业互联网标识解析系统运营规范》等。

#### 5. 安全保障

石化行业标识解析二级节点基于云平台安全技术架构，采用多种网络安全服务，围绕基础设施、网络、应用、数据等方面进行安全防护。通过态势感知、企业主机安全、WAF 防火墙、云防火墙等安全防护服务，对石化行业标识解析二级节点总体安全情况进行监测，平台配置自动巡检功能，在网站层面、网络层面、数据库层面、堡垒机层面、服务器层面配备 24 小时邮箱及短信实时告警通知，保障二级节点 7×24 小时安全稳定运行。

### 三、应用成效

#### (一) 转型变革

##### 1. 信息共享变革

基于工业互联网平台的信息共享将企业内各业务对象以标识的形式整合，通过一码通识实现各企业、部门、业务系统的数据共享，实现相关工业对象数据的解析和使用（替代传统接口开发的模式），降低系统间互联互通的复杂度，实现多方共享。



图 3 工业互联网平台应用信息共享架构图

##### 2. 业务管理变革

传统设备业务管理将装置运行管理分成各专业独立业务管理，随着全生命周期管理和跨企业信息交互等需求增加，协同能力较弱。基于工业互联网的设备业务管理将孤立的设备资产转化为整合互连的资产体系，支撑业务从设计、建造、投产、运维到报废等全生命周期的管理。

#### (二) 社会效益

充分发挥中央企业推进技术攻关的国家队作用，提高中小企业数字化应用能力，运用工业互联网、云计算、大数据、物联网、

人工智能、5G 等新一代信息技术为传统石化行业赋能，实现四大方向十二个工业互联网平台典型应用，引领石化行业数字化转型，高水平推进工业互联网发展。

进一步推动石化企业转型升级，实现降本、提质、增效，打造工业互联网平台，形成面向大型企业提供标识数据驱动的工业互联网+场景数字化、智能化转型创新应用解决方案，有效解决大型石化企业生产痛点，提高石化企业安全生产水平与生产效率，推动大型石化企业基于工业互联网的数字化转型，助力行业高质量发展。

#### 成效数据

- 截至 2024 年 10 月，石化行业工业互联网标识解析二级节点已接入企业 64 家，标识注册量超过 3.7 亿次，标识解析量超过 7.7 亿；
- 湖北大峪口化工有限责任公司通过打造基于标识解析的化肥农产品电子防伪追溯创新应用模式，提高产线自动化率，10 条产线年均多生产化肥约 10 万袋，额外产生经济价值约 300 万元，消费者复购率提升 1%，企业年增经济效益保守估算为 470 万元。

## 案例 2：中石油长庆乙烷制乙烯智能化工厂

### 一、案例概况

#### （一）案例概况

中石油长庆乙烷制乙烯项目是国家发展改革委、工业和信息化部联合发文的国家乙烷裂解制乙烯示范工程，其中的智能化工厂子项目，建成了一套体系构架完整、业务驱动明确、系统支撑有力的智能化工厂。智能化工厂共包含 56 个子项目，基于云计算和企业数据湖，实现生产管控、安全环保、机电仪一体化平台，达到高效智能化、可视化的数据融合共享，完成对象化数据治理，实现了以数字化移交为核心的数字孪生工厂建设、以智能化系统为核心的智能化工厂建设、以工业互联网为核心的数字化转型等三大技术路线。实现了应用系统云原生开发和云化迁移，5G 专网全覆盖，综合办公、生产运行、后勤服务全部实现数字化运行。

应用场景：数字化管理

#### （二）企业概况

应用企业为中石油兰州石化榆林化工有限公司，服务商为昆仑数智科技有限责任公司，应用企业是由中国石油天然气股份有限公司出资设立的具有独立法人资格的一人有限责任公司，注册地位于陕西省榆林市榆横工业园区，占地面积 2400 多亩，全面负责长庆乙烷制乙烯项目生产及辅助装置的建设和运营管理。曾

入选国家级乙烷制乙烯示范工程、2023年大数据产业发展示范项目。

应用企业标签：大型企业、国有企业

### **(三) 业务痛点和需求**

1. 生产效率低下：生产参数控制不够精确，产品合格率低，多次返工和调整浪费时间和资源；设备故障会导致生产中断。

2. 设备维护困难：设备种类繁多且分布在不同区域，状态监控困难。定期巡检易漏检误检，导致设备故障发现处理不及时。

3. 安全管理压力大：传统人工巡检和监控，难以实现全面覆盖和实时预警，且员工安全意识和操作技能有待提高。

4. 库存管理不合理：企业库存量大、成本高，缺乏有效的供应链协同管理和准确的市场需求预测，导致库存积压或缺货。

## **二、解决方案**

### **(一) 智能仪表、巡检管理系统**

通过建设智能仪表、巡检管理系统，代替传统人工巡检模式，在线实时巡检，提升了巡检效率和深度，实现机电仪精准预警处置和远程单人调校，故障处置效率明显提升。

1. 巡检管理系统：通过巡检定时定点、对设备的工作状态和运行参数的查看；通过物联网、移动设备和信息系统的应用，及时掌握员工巡检路径和现场状况。目前，涵盖乙烯、高密、全密度、丁烯-1装置及公辅装置，设置了120个巡检点，主装置加公辅各装置共计巡检路线32条，均投入稳定运行，其中乙烯装

置、全密度聚乙烯、高密度聚乙烯、空分空压等装置巡检到位率长期保持在 95%以上，运行期间状态良好、日趋稳定，数据维护及程序升级及时，实施人员现场解决问题且日常电话服务响应迅速。

2. 智能仪表管理系统：智能仪表管理系统实现了对厂内智能仪表、智能阀门的定位，自动辨识 DCS、SIS、其他系统下所有智能仪表、阀门，DCS 仪表和阀门点数合计 6972（乙烯 3212，全密 1816，高密 1899），SIS、CCS、PLC、PDS 点数合计 1847（乙烯 1257，全密 202，高密 388）。包括仪表远程组态、实时监测和报警、阀门在线诊断测试、在线组态、调试、校验管理、诊断及数据库事件记录等功能，并实现了智能仪表预测维护一体化协同。



图 1

## （二）设备状态监测及故障诊断系统：

通过现场安装振动加速度传感器、温度传感器，通过边缘计算器采集振动、温度、工艺参数等数据，经 5G 网络上传中心服

务器并显示至“设备状态监测与故障诊断系统”中。实现了根据所获得的信息，机组诊断专家结合设备机构特性和参数、环境条件及其运行历史（包括运行记录，故障及维修记录等），对机组有可能要发生的故障进行预报和分析，或对机组已经发生的故障进行分析、判断，确定故障的性质、类别、程度、原因、部位等，指出故障发生和发展的趋势及其后果。



图 2

### （三）安全环保管理系统：

实现政府环保主管部门、集团公司、炼化板块对企业排污情况进行监管；实现企业生产运行、排污、环保统计提供技术支持；实现废水，废气在线实时监测，为相关人员和部门提供了环境在线监测实时数据，异常数据预警、报警和查询统计。废水外排口须安装 COD、氨氮、PH、流量计在线监测仪器。废气在线监测包括锅炉和加热炉。监测项目为 S02、NOX、烟（粉）尘、氧含量、湿度、温度、压力、流速。

#### **(四) 智能仓储系统:**

智能仓储系统结合先进的物联网平台架构模式,借助仓储作业设备、RFID 物联网设备和网络设备等进行自动化数据采集与传输;通过与 ERP 系统、DCS 系统等系统对接实现相关业务的信息流无缝集成,并对仓储业务进行智能化分析。此外还支持库存统计、出入库统计、叉车作业等丰富的报表生成等相关功能,提高现场人员工作效率。

### **三、应用成效**

#### **(一) 智能仪表管理系统**

1. 故障诊断: 故障定位效率由时级提升至分级, 预警准确率达 97%, 故障处置效率提升 3 倍以上。采用电子巡检技术自动巡检, 并按重要程度分级报警, 有效降低巡检频次, 同时巡检效率提高 60%, 检维修成本下降 10%, 运维人员减少 20%。

2. 仪表可靠性: 通过使用最新的仪表诊断技术来提高智能设备的可靠性以及可利用率, 避免因仪表和阀门故障引发的非计划停机, 减少备品备件的使用, 从而提高工厂的效益。以在线监测 5000 台仪表阀门为例: 风险仪表阀门下降至 10 台以下, 故障仪表数量下降 90%, 现场仪表的运行可靠性提升 20%。

#### **(二) 智能化工厂设备状态监测及故障诊断系统**

1. 设备状态检测: 设备劣化趋势与渐变型故障识别率  $\geq 95\%$ ; 机组故障检修率控制  $\leq 0.4\%$ 。年均停车减少损失 (平均加

工损失降低率×年产值×系统贡献率×(年均 2 次非计划停车次数)  
=0.2%\*380000\*80%\*2)。

2. 预测预警：通过早期预警节约检维修费用≥4%；节约与优化备件库存≥2%。

### （三）安全环保管理系统

HSE 信息系统是榆林化工有限公司（以下简称榆林公司）办公管理业务中的重要业务之一，主要承担榆林公司在 HSE 管理中跨层级、跨专业、跨地区、跨单位，以及业务部门之间的横向沟通；促进 HSE 管理规范化和标准化；加强 HSE 基础管理，让系统成为业务管理及决策层面的支持工具，有效提高 HSE 业务管理效率，降低 HSE 管理成本提高 HSE 决策能力。

### （四）智能仓储

库内作业信息实时、自动到账，取消专人做账，节省 4 名做账人员；出入库、上下架自动识别，信息自动核对确认，减少 6 名管理人员。快速准确盘点，提升库存准确率：原每周盘点 1 次需 4 人/1 天，现只需 1 人/1 小时，每天都可盘点。

#### 成效数据

- 智能化工厂投用后，装置平稳率达 100%，自控投用率达 99% 以上，劳动生产率提高 20%；
- 异常数据报警率>90%，预知性维修率>60%，动设备故障识别率>95%，智能仪表巡检诊断周期 5 分钟；
- 每年节能 12500 吨标煤，直接经济效益 2294 万元/年。

## 案例 3：国家管网集团“工业互联网+安全生产”

### 一、案例概况

#### （一）案例概况

围绕油气长输管道从设计—建设—运营全生命周期管理，聚焦各环节安全生产，油气管道行业“工业互联网+安全生产”解决方案将培养快速感知、实时监测、超前预警、应急处置、系统评估 5 种新型能力作为核心建设目标，通过网络、标识、平台、数据、安全五大体系建设，打造协同设计子模块、工程项目管理子模块、资产完整性管理子模块、HSE 管控一体化子模块，实现对油气长输管道全生命周期管理。

应用场景：智能化生产

#### （二）企业概况

应用企业为国家石油天然气管网集团有限公司，服务商为国家管网集团北方管道有限责任公司，应用企业是国务院国有资产监督管理委员会监管的国有重要骨干企业，主要从事油气干线管网及储气调峰等基础设施的投资建设和运营，负责干线管网互联互通和与社会管道联通，以及全国油气管网的运行调度。

应用企业标签：大型企业、中央企业

#### （三）业务痛点和需求

1. 我国油气管道设施呈现点多、线长、面广的分布特点，油气管道工程建设质量安全监控难度大、成本高；

2. 应急处置地域跨度大、区域资源统筹难度大，江河、山地、寒区等地区应急能力有待提升；

3. 设备设施全流程自动化控制水平有待提高，状态监控和预知性维护能力不足；

4. 部分管道企业管理体系和管理人员基础薄弱，管道数据资产标准各异，安全生产管理差异较明显，普遍存在不统一、不均衡现象。

## 二、解决方案

结合集团“智慧互联大管网”的发展方向，国家管网集团提出了总体战略框架，并将快速感知、实时监测、超前预警、应急处置、系统评估 5 种新型能力作为此次试点项目的核心建设目标。

同时，以工业互联网体系架构 2.0 为基础设计了“工业互联网+安全生产”体系架构，全面开展网络、标识、平台、数据、安全五大体系建设。

在边缘层，建设了安全生产“工业小脑”，通过边缘节点及 70 多款边缘计算模型部署，围绕生产运行、工程建设、视频监控等场景实现了计算预测能力下沉，可以在边缘侧开展数据实时监测、多源报警、数据验证、联动处置，快速通知现场人员进行应急响应，有效节省了网络资源。

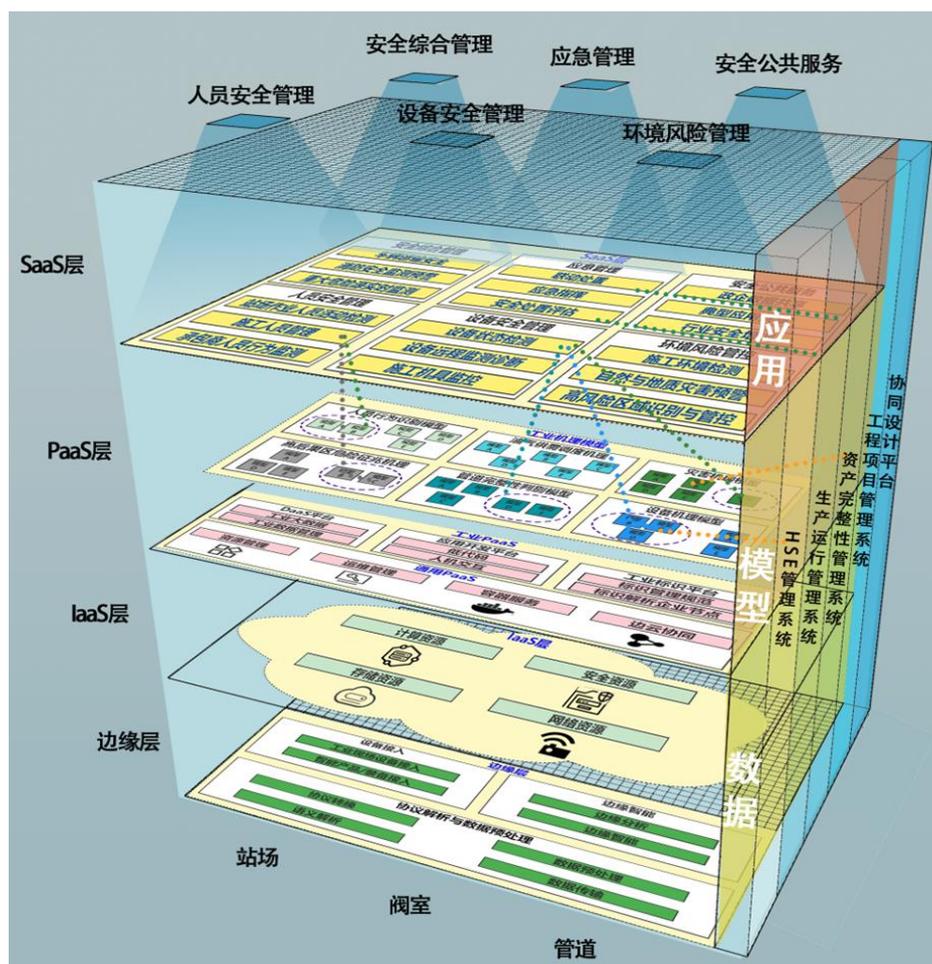


图 1 架构图

在 IaaS 层，建设了自有数据中心以及云化资源池，支撑集团及各区域公司的数据汇聚；在运营商专线之外通过自有管道光缆构建了一套广域网，保证生产数据的安全传输；完成了油气管道行业标识解析二级节点的部署，支撑数据的查询和共享。

在 PaaS 层，搭建了国家管网集团数字平台，通过统一数据接口实现了 3 万余路视频监控设备、4000 余套监测设备、1000 余套北斗终端的数据接入，基于边缘节点上传数据构建实体模型，形成了由 20 多款安全生产预测模型、70 多款视频 AI 识别模型组成的工业机理模型库，可以实现对管道本体、设备健康状

况的诊断预测，以及焊接质量识别、巡检路线优化、安全隐患排查、安全风险仿真等更加复杂的计算功能，并且通过机理模型库实现了边缘智能的快速部署和快速迭代。

在 SaaS 层，围绕研发设计、工程建设、生产运维、安全环保等关键场景开发了一系列工业 APP，可以为企业级用户提供云化应用服务。

在网络安全方面，形成了制度规范、技术防护、运行管理三位一体的安全保障能力，确保整个数字化体系的安全可靠运行。

### 三、应用成效

通过试点项目建设，稳步打造 5 种新型安全生产能力，形成了一系列油气管道行业“工业大脑”应用案例。

石家庄储备库是华北地区成品油中转的重要枢纽，通过安全风险智能化管控平台中边缘节点的应用，基本实现了黑屏管理，提升监测预警反应时间 30%、降低企业质量损失率 20%。

中俄东线（南段）是国家重点工程，通过协同设计、工程项目管理模块的联合应用，实现了施工路由与设计路由的自动校验，同时对 47.2 万个焊口建立了 3D 质量追溯模型，推动焊接一次合格率提升至 98%。

在中缅、中贵、兰成渝等跨国、复杂地质条件管道应用期间，通过资产完整性管理、HSE 管控一体化模块的联合应用，实现了现场自动预警以及巡线路线优化，发布预警信息 494 次、避免油气管道事故 11 次，共计节约工程治理成本 9500 万元。

安全风险智能化管控平台，通过对 14 座大型油气储存基地的边缘节点数据进行汇聚分析，开展现场环境监测、泄漏气体监测、储罐液位、人员定位等关键信号的智能预警，实现了从集团总部到基层站队的穿透管理，基本实现油气储存基地“黑屏管理”。

协同设计子模块，通过对 14 家大中型油气管道设计院的设计标准、设计过程、设计成果等数据进行规范化管控，搭建站场设计、线路设计、成果校验、工程交付等统一环境，有效打通工程建设期全数据链条，支撑油气管道工程数字孪生的构建。

工程项目管理子模块，通过对 227 个油气储运项目进行数据汇总分析，在集团层面开展项目进度的统一管理，同时通过搭建智能机组采集现场工况数据，实现了 400 余个工地的施工过程监管和建设质量把控。

资产完整性管理子模块，通过对 13 家油气管道生产企业现场预警信息、处理结果数据的全面记录，实现基于中心算法的风险管段、高后果区段、巡护巡检计划关联，支撑油气管道关键设备设施的自动校验、智能巡检，累计监测预警 2 万余次。

HSE 管控一体化子模块，通过对 13 家油气管道生产企业的安全、环境、职业健康管理系统进行数据集成，建设了标准化的案例库、情景库、预案库，实现了基于动态模型的应急预案智能匹配和应急资源联动查询，总计服务用户 2.8 万余人。

### 成效数据：

- 提升监测预警反应时间 30%、降低企业质量损失率 20%;
- 同时对 47.2 万个焊口建立了 3D 质量追溯模型，推动焊接一次合格率提升至 98%;
- 发布预警信息 494 次、避免油气管道事故 11 次，共计节约工程治理成本 9500 万元。

## 案例 4：茂南石化工业园安全风险可视化防控治理

### 一、案例概况

#### （一）案例概况

茂南石化工业园重大安全风险防控利用 5G、物联网、人工智能等新一代信息化技术的应用，构建科学、全面、开放、先进的园区综合管理信息化体系，全面感知园区安全风险要素，促进园区向安全可控、本质安全型转变，实现统一数据中心、统一监测预警、统一决策分析、统一应急联动，提升园区精细化管控能力和信息化、智能化水平，为园区健康稳定可持续发展保驾护航。

应用场景：数字化管理、可视化治理

#### （二）企业概况

应用企业为茂名市茂南石化工业园管理中心，服务商名称为中化学数智科技有限公司，应用企业是石化特色产业园区，主要依托石化炼油厂，以做强做大炼油后加工产业链为主导的石化产业集聚群为主导方向，是未来茂名打造世界级石化产业基地重要的承载区域。

应用企业标签：政府机关、产业园区

#### （三）业务痛点和需求

1. 园区信息系统缺少整体规划，各业务系统无法形成合力，生产管理信息只存在于各应用系统中。

2. 园区信息系统数据相互独立，业务数据无法发挥联查、联用、联合分析价值。
3. 园区层面缺少双重预防机制、特殊作业管理、封闭化管理、敏捷应急等关键应用。
4. 化工园区危险品运输车辆无管控平台进行管理，无法实现风险输入输出的有效防范。

## 二、解决方案

### (一) 综合展示

以园区的 GIS 地图模型为基础，构建包含人员、设备、物资、环境以及管理五大要素在内的园区风险指数和企业风险指数，实现园区全域的风险监测预警，并支持视频智能联动。



图 1

### (二) 安全基础管理

实现企业信息管理、隐患排查治理、安全监管执法、安全风险管控、重大危险源监管、事故上报管理、事故挂牌督办、安全生产标准化管理、安全生产专家管理、安全知识库管理、宣传教

育培训、特种设备管理等日常安全监督管理工作的规范化和高效化，提升园区安全管理水平。



图 2

### (三) 重大危险源管理

按重大危险源级别进行统计分析，以可视化形式进行展示，并结合企业平面图进行可视化展示，可直接在地图上调取重大危险源档案信息，包括基本特征表等，并实现与监测监控的数据对接，可实时查看现场视频和监控。



图 3

### (四) 应急管理

建成管理精细、响应迅速、决策科学、调度有序的智慧应急管理，满足值守应急及突发事件应急处置需要，实现应急救援与

物资、装备和队伍的管理、应急预案管理、应急演练、应急值守、应急事件管理、应急综合研判、调度指挥、信息发布等功能，提高领导指挥决策的效率和科学性，实现安全生产事故的高效应急处置。



图 4

### （五）封闭化管控

建立集视频监控、人/车管控、定位管理、轨迹管理、门禁管理、周界报警应用于一体的园区封闭管理系统，通过数据资源共享，实现园区内统一授权、统一流程、统一管理。建成园区智慧安防平台，通过视频监控、周界系统、卡口系统、访客管理、危化品车辆管理等实现车辆管控和人员安保防范，满足园区对于封闭式管理的要求，有效地减少外来人员、车辆等风险带入，利于隐患排查和风险管控工作的开展，从而有针对性地提高化工园区的安全管理能力。

平台的封闭化管理提高人、车、物的防控能力。园区利用封闭化管理实现对封闭化区域人、车、物全流程管理。利用北斗定位系统，提高危化品车辆管理的精准和高效，结合园区门禁卡口、

45 路视频监控、应急广播以及电子围栏，实现了对危化品车辆位置的全方位、无死角实时跟踪。



图 5

### (六) 特殊作业管理

实现企业特殊作业报备，报备数据包括作业属地单位、作业类型、作业内容、作业时间，实现与园区内企业电子作业许可系统的结构化数据对接，支持多维度统计分析，实现在线抽查检查企业的特殊作业情况，有效防范化解特殊作业安全风险。



图 6

### 三、应用成效

#### **(一) 资源统筹集约，降低建设成本**

通过采用“云”技术架构，通过“云、管、端”的承载方式，通过统一的基础平台，集成视频监控、能耗管理、环境管理、安全管理、园区服务等多种智慧园区综合业务，对园区数据信息、园区业务实行统一管理、统一处理、统一存储，全面感知、智能调度，构建集安监、环保、供排水管网监测等于一体的智慧化园区，实现园区运行管理状态的全程实时监管和动态调整，对园区资源实行集约化管理和统一运维，有效防止和避免了园区各业务功能单独建设造成的无序投入和重复建设，实现园区科学化精细化管理。

#### **(二) 保障园区安全生产，降低安全事故损失**

科学运用云计算、大数据、物联网、人工智能等先进信息技术，对园区及园区所有企业，各类危化品、危险源进行有效监测预警，从源头上规范了园区的安全生产监管和企业实现安全生产，强化园区及企业安全生产意识，严格落实安全生产主体责任。在加强园区和企业安全生产基础建设的同时，建立了园区闭环的安全管理体系，形成隐患识别、报告、治理的良好氛围，保障了园区与企业安全生产“零事故”，最大程度保障和避免企业因发生安全事故而造成的经济损失，间接为企业、园区带来经济效益。

### **（三）发挥智能分析决策优势，营造安全稳定的环境**

以防控安全生产风险为重点，通过智能化系统建设，实现来源可查、去向可追、责任可究、规律可循，可有力防范和化解系统性的安全风险，从源头治理、综合治理、精准治理、治理闭环等方面全面加强园区环节安全监督管理和预防控制的能力，维护企业、员工、周围群众生命财产安全，营造经济社会发展安全稳定环境。

### **（四）构建高品质智慧园区，助力化工专属经济区域发展**

以新一代信息技术为手段，以智慧应用为支撑，有效整合园区内外社会资源，实现园区安全管理智能化、公共管理数字化、公共服务网络化，为园区及其周边企业的安全管理赋能、安全生产护航，提升园区、企业、周边民众的安全管理和监督聚合效应，促进园区发展向本质安全型转变，拉动园区化工产业健康发展，更好地为茂名市化工产业高质量发展插上智能化“翅膀”。

#### **成效数据：**

- 接入园区危化品企业 11 家，接入比例为 83%，静态数据接入率为 100%，重大危险源企业动态监测数据接入率为 100%；
- 平台的双重预防管理重大危险源企业接入率为 100%，排查任务完成率为 95.62%，隐患的整改率为 97.34%；
- 平台累计报告安全管控监测报警 223 个，环保检测监测报警 132 次。

## 案例 5：江西蓝星星火有机硅 5G 智能化工厂

### 一、案例概况

#### （一）案例概况

通过平台汇集各要素资源，形成支撑能力，可实现生产、管理、运营可视化，维护作业人员根据视图可快速、准确地定位出存在问题的装置；同时通过健康趋势研判可提高装置设备的预测性维护率，保证化工装置安全稳定地运行；管理决策集中化与足不出户就掌握相关设施设备运行状态，实时查看生产运营情况，做到降本增效。

应用场景：智能化生产、数字化管理

#### （二）企业概况

应用企业为江西蓝星星火有机硅有限公司，服务商为江西电信信息产业有限公司，应用企业是中央直属企业中国中化控股旗下的核心企业，亚太地区最大的有机硅生产商，有机硅单体产能亚洲最大、世界前三，市场占有率达 30%，单体有机硅产能达到 50 万吨，曾入选 2021 年“5G+工业互联网”典型应用场景和重点行业实践案例、2022 年新一代信息技术与制造业融合发展试点示范等。

应用企业标签：大型企业、国有企业

### **(三) 业务痛点和需求**

1. 行业产能过剩，市场竞争激烈，利润空间压缩，企业需要应对价格战、市场份额争夺和盈利能力不足等问题。

2. 环境保护压力加大，必须投入大量资源用于技术改造和设备升级，满足环境治理和节能减排要求，增加企业的运营成本。

3. 行业智能化、绿色化、低碳化转型需要加大技术创新投入，引进先进设备和管理模式，推动数字化、智能化和自动化生产，提升产品质量、生产效率和附加值以保持自身的领先地位。

## **二、解决方案**

针对在化工行业领域企业中普遍存在的共性问题，运用 5G、云计算、大数据、物联网和人工智能等有较好实践应用的技术，有效打通星火有机硅生产制造、运营管理、维护管理、供应链管理等环节，构建普适性的工业互联网平台，实现星火有机硅向绿色化、数字化和先进制造的深度转型。

### **(一) 先进的 5G 融合核心网**

5GC 采用 SA 架构，融合 4G EPC 与 NB 网络功能，不仅能提供上行带宽、更低的网络时延，更好支撑切片、MEC 等新能力，还能兼容传统 4G 与 NB 的模组，为企业提供全连接的物联网安全专网。中国电信已于 2019 年率先部署 5G SA 网络，充分满足化工厂 5G 技术先进性及可持续发展要求。

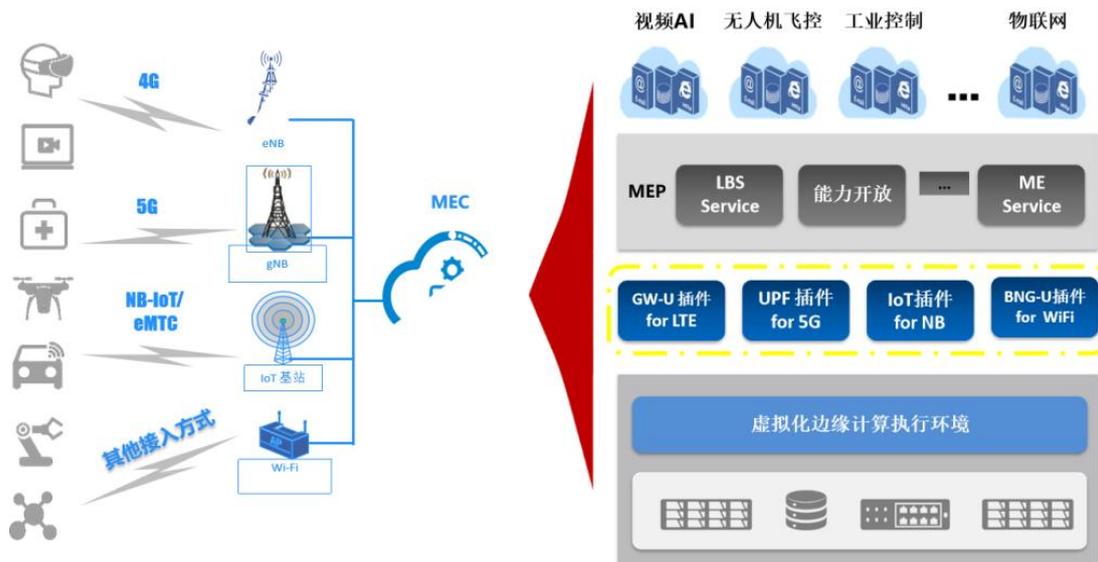


图 1 基于 5G MEC 构建多网融合的企业虚拟专网

## (二) MEC 实现安全及性能提升

根据 5G 核心网控制面和用户面分离的特点，将用户面 UPF 下沉到园区实现数据分流，保障化工厂的数据安全，并进一步降低网络时延，提升核心业务性能与体验。3GPP R15/R16 协议引入了切片来构建网络差异化能力，比如 SLA 保证，安全性隔离等。并实现对于新 5G 终端设备进行管理（如了解其上线信息，位置信息），对网络时延、带宽等 KPI 进行监控，并将这些信息嵌入到业务系统，支持其业务系统进一步智能化、自动化。

## (三) 基于数字孪生的 5G+智能化工应用平台

**安全环保一体化：**支持对动火、动土、高处、断路、吊装、受限空间、盲板抽堵、临时用电等高危作业进行实时一体化监控，并及时预警和采取指挥调度功能。

**应急管理一体化：**通过无人机巡检和 5G 专网后台实时数据传输，显示区域监管、巡检情况、报警统计分类、报警情况。

供应链协同一体化：显示生产统计情况、生产目标总量、生产实际完成量、完成率等情况。

生产管控一体化：接入模式化大数据，显示各个厂区生产线设备运行情况以日/周时间记录，以及自动包装线的计划量、已生产和待生产量、产量统计等，还有各装置、监测点、NB 定位信息。

设备健康一体化：厂区所有设备的运行状态，通过 5G 网络和 AI 传感器实时监测，是否正在运行中的数量以及正常、异常数量。

5G 视频：通过 5G 高清摄像头实时拍摄记录现场各个点位运行视频情况。

5G 无人机（显示端）：5G 无人机实时传输运行信息至后台，显示巡航次数、送检次数、飞行次数、飞行公里和飞行时长。

数字孪生地图：支持 2D/3D 显示模式，显示全工厂仿真俯瞰图，可标注生产线或特殊点位基于高清摄像头监控视频情况、基于设备定位的生产线设备或重大危险源情况。

AI 安防系统：支持指定区域实时监控，支持人脸识别、安全规范行为识别，对不符合识别要求的陌生人或越界行为发出自动预警，以警示安保管理人员采取措施。

5G 无人机（软件端）：支持无人机控制，可直接下达无人机取样、送检、巡航、下降、暂停、召回等命令，并可以查看往期录制视频。

5G 无人机（硬件端）：最大飞行高度 5000m，最大续航时间 60min，最大航程 28km，最大抗风 6 级，支持视频最大传输半径 10km，最大挂载 15kg，最大飞行高度 7000m（因型号不同参数也不同，数据仅供参考，具体还以实际应用为准）。

#### **（四）电力能耗管理平台系统**

支持用电监测、用电分析、售电管理、故障告警、运维管理、报表管理、站点管理、设备管理八大功能模块，使能源监测、消耗、管理等方面数据可视化。

#### **（五）智慧安全员平台系统**

支持任务管理、实时视频查看、历史视频回看、安监视频算法、设备接入视频、移动端接入视频、APP 端全功能管理。

### **三、应用成效**

本平台利用 5G、人工智能、物联网、大数据、机器视觉、数字孪生等技术，构建智能生态圈，打造智能一体化服务产品，与国内外传统工业互联网平台及应用能力不同点在于：

#### **（一）创新性**

针对化工生产中人机料三个关键要素，在数据感知环节，开发了巡检无人机、巡检机器人、防爆智能手环、浸入式在线光谱分析仪器等自主信息感知设备，实现智能化的无人巡检、无人定位和无人质检；在数据传输环节，开发了 5G 企业虚拟专网。采用内网与公网相结合的方式系统进行系统组网，构建 5G+MEC 企业专网，形成专属于厂区的网络环境，同时采用 GW-U/UPF 机制，

突破终端硬件配置瓶颈，保障企业数据安全；在数据汇聚与管理环节，开发了三维数字孪生工厂。将三维可视化引擎技术与物联网技术相结合，形成对厂区作业面、生产装置及设备全景化的实时数据采集及呈现；在数据分析环节，开发了模式化监控预警系统。以大数据平台为基础，基于“模式”大数据分析方法，通过边缘实时计算引擎，实现对设备、生产装置的运行状态在线分析和实时预警。结合“蚯蚓盒”可视化技术直观看出设备当前状态以及相对危险边界距离。

## **(二) 通用性**

本平台解决方案所打造的无人巡检终端、机器视觉在线监测、5G 专网、模式化大数据系统等应用，是通用性及普适性很强的应用场景，不仅面向化工行业，其具备很高的复制推广价值，可应用于大部分制造生产企业的流水线作业、企业网络建设、数据可视化展示管理等。

## **(三) 有效性**

本平台通过各种智能化应用实现了由人力密集型管理向机器自动管理全方位迈进，节约生产管理成本 2000 万元以上。安全预判效率提升 80%，违规行为减少 78%，生产管理成本降低 20%，达到降低企业运营成本、提升质量效益、安全环保更精益求精的目标。

#### **(四) 市场空间**

本项目解决方案专门面向全国化工工厂采取 B2B 销售方式，化工工厂基于生产体量大、运营成本高、安全管控严格等特点，单个工厂就具有非常多信息化数字化升级的需求，而该解决方案提供的营销服务体系包括定制化服务、平台销售、功能订阅等多种服务模式，还包括共同开发应用、共建实验室等二次合作的机会，创新性高、可行性强、持续性长、部署灵活，相对可盈利点较多，具备很大的市场空间。

#### **(五) 5G+智能化工联合创新实验室**

江西蓝星星火联合中国电信、华为等公司聚焦“安全、环保、运营、效率”四大领域、打通企业生产全流程的“5G+智能化工”目标蓝图，加快星火全面数字化、网络化、智能化的步伐，促进公司向绿色化、精细化、智能化、国际化和可持续化的高质量转型升级。

#### **成效数据：**

- 平台上线后，人员不规范行为从 18 起/周降低到了 4 起/周，安全预判效率提升 80%，违规行为减少 78%，提升巡检效率 50%；
- 节约生产管理成本 2000 万元以上，非预测性停车率降为 0，生产管理成本降低 20%。

## 案例 6：贵州磷化智能生产经营调度

### 一、案例概况

#### （一）案例概况

集团建成各领域信息化系统，生产运营领域以智能调度平台为核心实现“产供销运储”生产运营的一体化管控。平台以经济效益最大化为目标，以生产经营实时数据为驱动，优化产品组合、优化生产计划，优化生产过程，实现“供产销运储”综合协同联动，覆盖集团总部、各大生产基地以及各级生产单位。

应用场景：智能化生产、网络化协同、数字化管理

#### （二）企业概况

应用企业为贵州磷化（集团）有限责任公司，服务商为联通数字科技有限公司，应用企业是贵州省国资委管理的大型国有企业，主要业务包括磷矿采选、磷复肥、精细磷化工、硫煤化工、氟碘化工、建设建材、科技研发、贸易物流，在磷化工行业全国排名第一，世界前三，“磷化工全流程工业互联网集成应用”项目曾入选 2019 年工业互联网试点示范。服务商“数据要素安全流通流转保障体系建设项目”“数智产融平台”曾入选 2022 年大数据产业发展试点示范项目。

应用企业标签：大型企业、国有企业

#### （三）业务痛点和需求

1. 信息收集问题：数据不健全、不准确、时效性差。

2. 计划编制问题：未能找到企业生产经营最优解，难以及时调整企业生产经营策略。

3. 跟踪执行问题：无法实时感应企业生产经营现状、预警生产经营风险，调度指挥手段落后。

4. 优化变更问题：未能将经验转变为智能化工具，实现自动分析运算，带来更大价值。

## 二、解决方案

建设感知分析、计划编制、调度执行、实时优化 4 大业务场景功能体系。数据感知分析是基础，采集分析市场、成本、产供销运储信息，全面了解集团生产经营情况；计划编制是核心，生成基线版年、季、月度计划全面规划、优化企业生产经营活动；调度执行是抓手，保障计划执行情况的有效追踪、落地执行；实时优化是灵魂，多场景实时自动优化服务实时寻找优化路径。

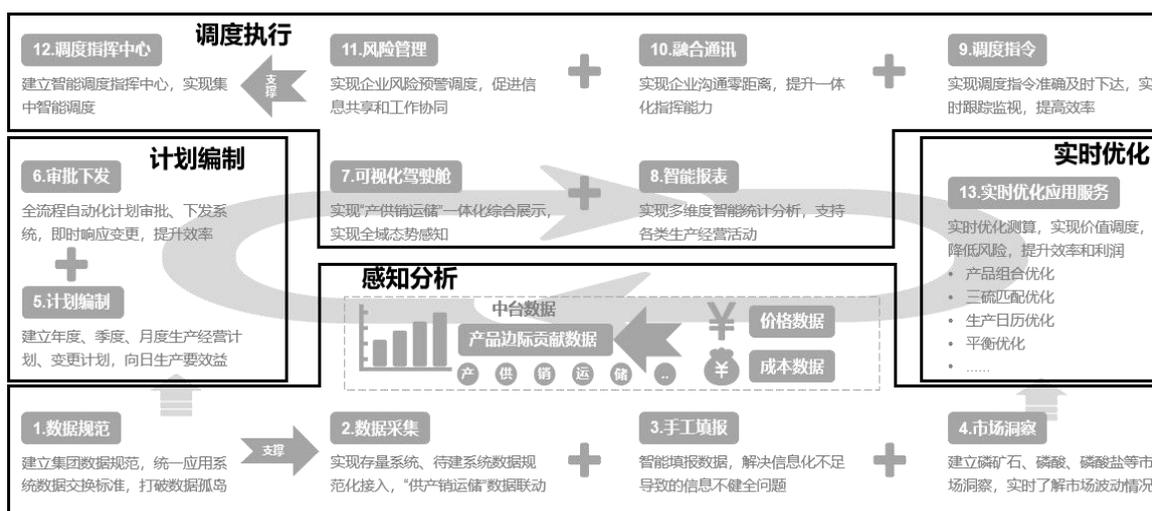


图 1 核心功能体系

### **（一）数据感知分析实现对市场、生产、运营情况全面把控**

建立全域数据感知、分析，实现对“产供销运储市财安监维”等数据的全域覆盖；数据统一汇聚至数据中台，进行规范化数据治理，动态数据分析，形成高质量数据源，为智能调度平台提供数据支撑，实现对市场、生产、运营实时情况精准、全面把控。

### **（二）建立智能计划编制，实现计划科学、快速编制**

梳理、优化计划编制业务逻辑，实现年度、季度、月度以及日/班组计划的科学编制，根据政策、市场、产能、环保、资源等多种因素结合财务数据、销售数据以及各类历史数据，以边际贡献为依据，快速编制基线版一致性计划；通过计划审批下发模块实现计划自动化、规范化审批，计划分级、分类自动下发。

### **（三）建立调度中心，监督生产经营，保障计划落地执行**

建立智能调度中心，通过智能驾驶舱、智能报表、风险管理等系统实现对企业生产经营现状的实时监控；通过计划下发、调度指令管理、融合通讯实现对“产供销运储”各级单位的快速调度指挥，减少响应时间，提高计划调度执行能力。

### **（四）建立优化服务工具，实现生产经营过程实时动态优化**

建立实时优化应用服务工具，在生产经营过程中实时监控生产经营状态、产品需求信息、价格波动信息等，与基线计划实时比对分析，实时自动进行优化测算，以发现优化路径，促进生产计划优化，快速审批发布“优化计划”，提升市场、异常响应速度，向“日生产”要效益，实现价值调度。



图 2 应用架构

### 三、应用成效

基于贵州磷肥、磷煤化工、氟硅化工、电子化学品、环保产业等 5 大业务板块和贵州福泉、四川达州、福建上杭、甘肃金昌等各大生产基地的生产经营状况开展的数字化转型项目，主要聚焦核心业务价值链开展价值提升和价值创造活动。通过集团管控数字化项目建设，实现对经营管理的全局统揽；通过生产营运数字化项目建设，实现各业务之间的协同联动；通过数字化基础设施的建设，实现数字化对业务的赋能；通过数字化转型运营中心的建设，助力贵州数字化组织的变革。

#### (一) 全维度战略支撑

平台针对国家对磷矿开采监管趋严、磷化产业链向精细化工延伸、国家高度重视粮食的宏观环境，紧紧围绕磷矿作为稀缺性、不可再生性和战略性资源的地位，统筹协调贵州磷化集团磷矿和磷化工产能资源，在实现磷矿资源利用最大化、经济效率最大化

两大目标的同时，兼顾国家粮食安全责任（化肥保供）、企业发展战略（磷化产业链精细化延伸）、国际市场话语权等，实现最佳价值平衡。

## **（二）全局化科学决策**

平台汇集采购、生产、质检、仓储、物流、销售全价值链数据，获得全局视野的数据洞察，为磷化生产内外部生态协同、跨地域资源调配、中长期战略统筹提供坚实的决策支撑。平台打通CRM、ERP、CRM、TSM、MES等系统数据，以市场需求和短中长期市场趋势为核心，精准规划物料采购、生产运行、库存规模、运输路径，提升内部财务、采购、生产、质检、库管等部门和外部主辅料供应商、物流服务商、渠道分销商之间协作效率。

## **（三）精细化计划统筹**

平台综合运用物联网、网络数据抓取、纸质内容智能识别等技术，实时汇集市场行情、实时监管动态（如用电高峰限产、重污染天气停产等）、装置设备运行负荷、生产物料消耗等数据，实现对“产供销运储市财安监维”等数据的全域覆盖，以全量实时数据为依据，精准测算，制定集团、基地、工厂、车间、班组级生产计划。

## **（四）全流程闭环追踪**

平台通过对生产计划进行全生命周期管理，对计划变更进行闭环追踪，多流程数据交叉比对分析识别潜藏问题，诸如上位计划（如集团计划）与下级计划（如基地计划）变动不同步、主计

划与衍生计划变动不匹配、计划变更前提条件不具备等，保证生产动态按照市场需求、监管要求、企业现状，尤其是支撑磷化集团磷化工产业链延伸战略，匹配下游精细化工品小批量、快速交付需求。

### **（五）智能化生产调度**

平台依托运筹学算法、AI模型、大数据分析等，综合统筹贵州磷化全国各基地、各工厂矿山产能，在空间和时间（如化肥销售淡旺季）两个维度优化生产策略。

### **（六）自动化执行考核**

平台实现计划制定自动化、审批规范化、下发智能化，计划分级、分类自动下发，实现对“产供销运储”各级单位的快速调度指挥，减少响应时间，提高计划调度执行能力。计划执行情况与薪酬、晋升、评奖系统打通，最大限度激发各级人员的积极性和自发性，层层压实提质增效、安全生产、生态环保、绿色低碳任务指标。生产经营过程中实时监控生产经营状态、产品需求信息、价格波动信息等，与基线计划实时比对分析，实时自动进行优化测算，以发现优化路径，促进生产计划优化，快速审批发布“优化计划”。

#### **成效数据：**

- 生产运营成本降低 2%，采购成本降低 0.8%，库存贬值损失降低 15%，物流成本降低 3.6%；

- 劳动生产率增加 15%，物料综合利用率提升 3%，主要化肥和化工产品销售收益提升 2%至 5%；
- 集团总部、基地、工厂三级联动的生产计划下发速度从几天（公文逐级下发）缩短到几小时（自动同步到 MES、APS、SCM、TSM 等系统），从车间到集团总部的数据汇总分析周期从 1 天缩短到 2 小时；
- 生产线年产量提升 2%、库存周转率提升 10%、订单准时交付率提升 13%、紧急插单调整周期缩短 44%（因新增紧急订单导致重新调整排产排程的操作周期）；
- 交付速度提升，订单一次性准时交付率提升 12%，物流运输周期降低 6%；
- 提高集团绿色低碳可持续发展能力，万元增加值能耗降低 5%，碳排放降低 8%。

## 案例 7：延长云商数字化营销服务平台

### 一、案例概况

#### （一）案例概况

延长云商数字化营销服务平台运用行业先进的微服务+中台技术架构，通过供应链环节的业务协同完成资源优化配置，充分激发产业链上下游创新潜能，提升资源优化配置和动态协调水平，降低供应链整体成本、提高供应链整体效率，实现“横向贯通、纵向穿透、内外互联”数字化协同目标，形成数智赋能、融通创新的数字化营销体系。

应用场景：服务化延伸、数字化管理、网络化协同

#### （二）企业概况

应用企业为陕西延长石油（集团）有限责任公司，服务商为陕西能源化工交易所股份有限公司，应用企业产业覆盖石油和天然气产运储销、油气煤综合化工、管道与燃气、煤炭与电力、新能源新材料、技术研发、金融物贸等领域，基本形成了综合型能源化工产业格局。

应用企业标签：大型企业，国有企业

#### （三）业务痛点和需求

1. 现有 ERP 和 CRM 系统统计和分析功能较弱，自动化程度较低，部分工作依赖手工，产销系统衔接不够顺畅。

2. 移动端缺失，客户和工作人员的使用便捷性不高。

3. 缺失客户自助业务办理系统、客户在线交互平台等，客户参与度较低，业务模式相对比较传统。

## 二、解决方案

### (一) 具体实施内容

实施厂前客户自助服务与集成。建设生产单位厂前客户自助服务终端系统并与厂区信息化基础设施进行集成，运用自助服务终端和排队叫号系统实现司机厂前身份识别认证、自助制卡排队叫号、无纸化入场提货等业务流程的全面自动化。

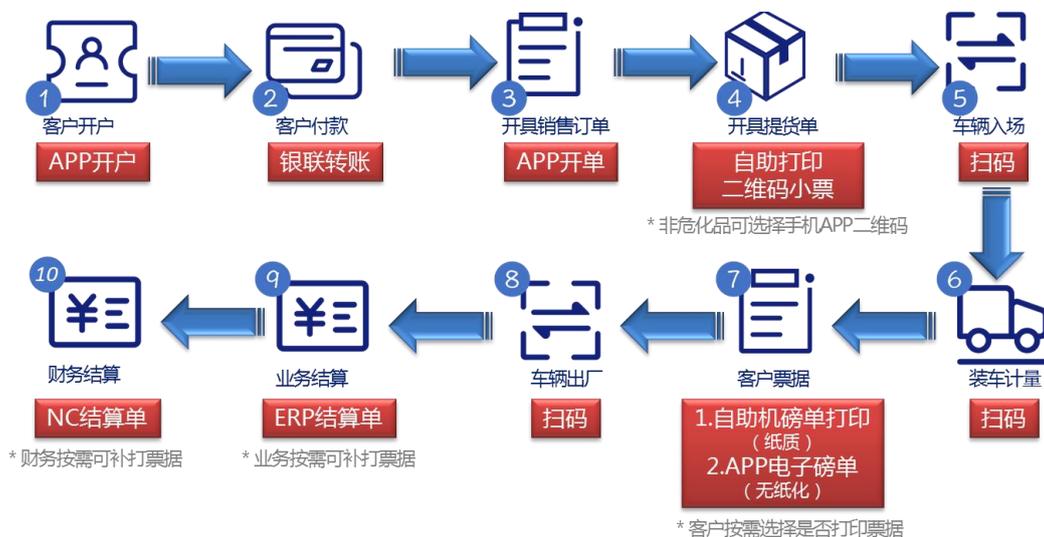


图 1 业务流程图

与 ERP 系统对接集成，完成交易系统及厂前终端系统与现有 ERP 系统的全面对接集成，实现“一客一价”模式、价格管控预警、银企直联、自动开票等相关业务流程的在线化和自动化。

与 CRM 系统对接集成，完成交易系统及厂前终端系统与现有 CRM 系统的全面对接集成，实现开户审批、订单审批、提货审批、客户分类分级与考评管理、客户产品/操作权限管理、客

户资金余额/差额查询、危化品运输管控等业务流程和客户管理功能的在线化和自动化。

构建业务财务协同报表系统，达到系统自动生成各类统计报表。实现化工计划销售数据、网拍销售数据、价格数据、厂前/中央仓仓储数据、厂内/厂外调拨订单数据、产品主数据、客户主数据、财务结算数据等业务财务协同数据的互联互通和自动化报表生成，形成多主题、多维度、多口径的标准报表和非标准报表，解放业务人员常规统计工作强度，将主要精力运用到市场分析和客户管理开发工作。

建设数智化营销移动互联系统。通过 APP 移动端应用实现客户自助下单、预约提货、智慧物流配送、产品信息查询、订单/提货单查询、资金/结算信息查询、投诉建议反馈等业务以及相关审批流程的全面线上化和移动化。

构建数字化物流协同系统。与厂前提货、CRM 等前后端系统进行集成对接，实现客户公路货运下单、运输管理、在途监控、到货签收等关键物流流程的数字化，实现司机提货、接单移动化，形成产品物流流向数据分析与报表展示，提升物流协同效率，助力市场营销决策。

打通供应链金融服务系统。以平台客户信用数据、订单数据、物流数据等为基础，实现“现金流、信息流、商流”多流合一，通过对接专业金融服务机构，提供丰富的供应链金融产品矩阵，服务上下游客户，减轻客户资金压力，加速集团成员单位资金回

款，提升平台销售额，实现线上化、场景化、数字化的综合供应链金融系统。

## (二) 软件架构

### 1. 软件应用架构

按照系统使用受众、应用层级、系统切分等主要方面，规划了包括“商业智能分析数字化营销协作”“数字化营销与管控平台”“销售与物流现场集成”“基础设施与应用集成”。



图 2 软件应用架构

### 2. 软件功能架构

按照系统子系统和应用功能，规划了包括“数字化营销移动互联平台”“CRM 客户关系管理系统”“ERP 系统改造与提升”“厂前自助与集成智能分析与报表中心”。



图 3 软件功能架构

### 三、应用成效

#### （一）自主下单无纸化提货，体验感显著提升

客户可直接在手机上通过“延长云商”移动端 APP 进行开户注册、在线交易、录入提货车辆司机信息、自主创建提货单等操作，司机可直接刷身份证在自助业务终端机上办理自助制卡提货、自动进入排队叫号序列，同时有小程序、短信、等候室大屏多种渠道通知客户叫号进度，提高了客户业务办理便捷程度，减少了客户等待时间，排队信息透明公开，使客户体验获得了整体有效提升。

#### （二）简化业务流程环节，促进职能转变

数字化营销服务平台的上线将传统的客户现场开户，转变为线上提交资料，在线审核；将客户电话、微信申报计划量，转变为线上提报，线上审批；将客户车辆司机线下审核，转变为资料信息在线提报，业务人员在线审核。由财务人员登录网银查账并

手工录入 ERP 系统，转变为银企直连自动推送客户到账资金到 ERP 系统，减少人工操作风险，加快销售业务进程；业务财务结算全面自动化，将财务手工统计纸质提货单入账，转变为自动生成数字化财务结算单；由财务人员依据结算单手工录入航信开票系统，转变为结算单自动推送航信发票平台，无需重复录入发票信息，一键开票；业务财务数据通过平台系统自动流转，不再依赖繁杂的纸质单据，助力内部业务流程更加数字化、标准化、规范化。促进销售单位业财务人员职能转变，从事务型职能转向服务型职能。控员提效，节约人力成本。

### **（三）取缔代办人员，优化营商环境**

客户的全流程参与和自助业务办理可真正实现“开户零门槛”“量价双对标”“服务零距离”等阳光销售服务，全方位提升客户服务效率和服务质量。杜绝代办介入，为客户每年节约代办费用约四千万元，规避业务风险，优化营商环境，打造阳光营销服务。

### **（四）业财务报表自动生成，提高统计效率和准确性**

数据报表中台提供计划类、销售类、价格类、客户类、仓储库存类、物流运输类共计 110 余张报表，自动采集 ERP、CRM、云商平台数据，报表实时、自动、准确呈现，大幅减少各销售单位统计分析岗位工作强度，提升报表准确性和及时性。

### **(五) 搭建营销分析驾驶舱，支撑营销决策**

应用大数据可视化功能，将各涉化单位化工品销售品种、量、价、额、会员数量、会员结构、会员活跃度、销售热点地图等分析维度汇总到调度大屏实时展示，形成业务监控中心和决策驾驶舱，实现营销业务智能调度。为各涉化单位化工品销售决策提供数据支持，提升各涉化单位间数据共享与流转能力，创造核心数据资产价值，为制定更加精准的销售策略提供有力数据支撑。

#### **成效数据：**

- 上下游客户节约运营和物流成本 4000 万元/年，有效提高了客户提货和装车效率；
- 原有 16 个人工办理环节简化为 8 个数字化自动处理，促进销售单位业财务人员职能转变；
- 系统自动生成业财务报表 110 张，大幅减少各销售单位统计分析岗位工作强度，提升报表准确性和及时性。

## 案例 8：宁波博汇环保芳烃油智能化工厂

### 一、案例概况

#### （一）案例概况

智能化工厂通过构建 ERP 系统、MES 系统、设备管理系统、SIS 系统、能源管理系统、CRM 系统、SRM 系统、TMS 物流管理系统、OA 系统、知识管理中心、档案管理系统、BI 系统，集成打通集团及分子公司各生产管理业务和制造过程、产业链上下游供应商和客户，构建数字化协同平台，全面提升企业智慧化运营管理和智能化生产计划协同水平，强化提升供应链企业间的研发设计、生产计划、仓储物流和财务结算的协同水平，实现产品品质从原材料供应到交付全程管控和追溯。

应用场景：智能化生产、网络化协同、数字化管理

#### （二）企业概况

应用企业为宁波博汇化工科技股份有限公司，服务商为浙江第元信息技术有限公司，应用企业是国家级高新技术企业、浙江省制造业亩均效益领跑企业，专注于重芳烃类系列产品、轻质燃料油的研发、生产、销售，被评定为宁波市级示范性数字化车间、宁波市 5G+工业互联网试点示范、浙江省未来工厂等。

应用企业标签：中型企业、民营企业

### (三) 业务痛点和需求

1. 生产系统庞大，被控对象形式复杂多变，具有惯性大、延时大、时变、非线性、多变量相互耦合等特点。
2. 生产过程工艺复杂，要求高，过程控制的监测系统、控制系统、控制方案繁多，控制系统之间既独立又相互影响。
3. 生产条件和环境特殊，如高温高压、低温真空、易燃易爆、有毒、存在放射性等。
4. 连续过程工业设备多，结果复杂，所以干扰因素也多，干扰的形式较复杂，控制系统需要具有较强的抗干扰能力。

## 二、解决方案



图 1 博汇环保芳烃油智能化工厂建设示意图



图 2 博汇环保芳烃油智能化工厂总体设计模型

智能化工厂系统集成方案包含如下 3 部分内容：

### （一）数据互通与集成

建立全流程实时数据库系统，并基于智能仪表系统，对生产运行数据实施实时监视和数据采集，通过信息化手段促进生产管理效率的提升，使企业内部不同的信息化和自动化系统实现集成，融为一体。作为生产过程数据集成和应用平台，全流程实时数据库系统是企业级信息化系统应用的实时信息服务平台，可以同时为企业的制造执行（MES）、能源管理（EMS）、安全管理（SES）等信息化系统提供实时、历史真实数据，并提供 Web 化数据监视解决方案和系统平台。

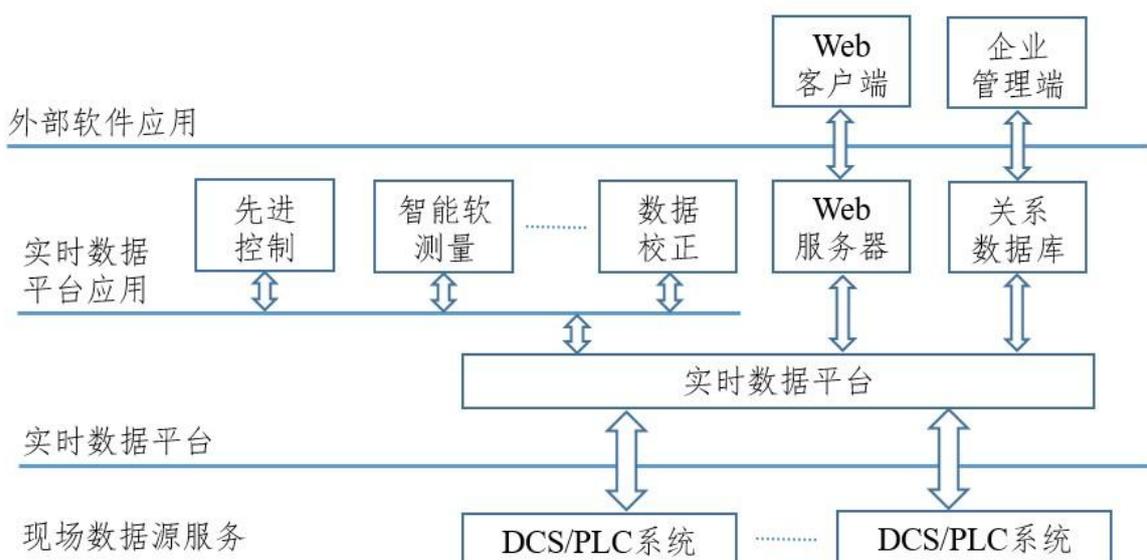


图3 全流程实时数据库系统

## （二）工业互联网平台

基于5G+工业互联网的石化行业智能化工厂数据互联互通的本质是构建精准、实时、高效的数据采集互联体系，建立面向工业大数据存储、集成、访问、分析、治理的开发环境，实现工业技术、经验、知识的模型化、标准化、软件化、复用化，不断优化研发设计、生产制造、运营管理等资源配置效率，形成新的石化行业生态。

利用 supOS 平台实现公司统一管理平台项目的建设，采用“平台+工业智能 APPS”的应用架构模式，基于 supOS 数字底座实现生产智能管理、质检数字化管理、设备数字化管理、自动报表等功能。



图 4 工业互联网平台

### （三）中央控制室

中央控制室是企业有效利用各种系统数据的重要工具，突出重点数据，可以帮助客户抓住重点，减少思考难度和时间，通过大屏实时观察和分析，帮助企业更快、更精准获取重要信息并加快信息的传播，提高企业解决各类问题及进行管理决策的能力。

## 三、应用成效

### （一）简化生产排产

通过MES生成的订单计划，可以根据装置负荷实现自动排程，大大简化了排产工作量，效率提高明显。

### （二）生产数据透明化、实时化

装置运行参数、生产数据、设备维修记录等重要生产数据均在系统中集中呈现，通过中央控制室实现有效监控。

### （三）产品质量实现全程追溯，提升产品品质

智能化、数字化生产装置：2020年4月，博汇股份年产60万吨环保芳烃油及联产20万石蜡生产项目正式进油，并于当月23日一次性开车成功。5月，博汇股份新项目首批合格环保芳烃油正式投入市场，项目建设取得了标志性成果。

物流一体化系统：实现了订单、预约、装车、过磅一体化管理；物流管理由事后监督审查变为事前控制，优化了业务流程，有效监控计量过程，有效堵塞过磅漏洞，降低企业损失；实时动态地了解原料、产品的出入场数量，实时监控整个原料采购、产品销售业务中的计量、结算情况，为企业决策提供基础数据。

全流程实时数据库系统：作为实时数据传输的高速总线，完成对实时数据的分配、存储和处理，为企业的APC、MES、EMS、SES等信息化系统提供实时、历史真实数据，并提供Web化数据监视解决方案和系统平台。

中央控制室系统：作为流程行业的中枢，实现了企业各种系统数据的有效呈现，突出重点数据，减少思考难度和时间，帮助管理者更快、更精准地获取重要信息并加快信息的传播，提高企业解决各类问题以及进行管理决策的能力。

MES：制造执行系统以最适合企业现况的资源建模业务模型配置、实时数据采集，实现生产计划管理、生产调度管理、生产统计管理、生产工艺管理、能耗管理、罐区管理、HSE管理等，

达到数据透明、过程可控、物料可追溯、运营高效、精益生产的目标。

ERP: 企业资源计划系统通过建立财务 - 业务一体化的信息系统, 固化规范、标准的业务流程; 支撑企业生产运营期的经营管理活动, 提高协同工作效率, 防范业务风险; 为公司管理决策提供准确、及时的业务数据。

**成效数据:**

- 产能较建设前增长 20%, 生产效率提升 10%, 年新增综合产值 2.5 亿元;
- 设备数控化率 95%、运营成本降低 10%、产品研制周期缩短 5%、单位产值能耗降低 12%;
- 新增利税 2300 万元。

## 案例 9:内蒙古兴发废盐综合利用开放式工厂操作系统

### 一、案例概况

#### (一) 案例概况

废盐综合利用项目以工厂信息全集成作为突破口,搭建基于海量数据的采集、汇聚、分析和服务体系开放式工厂操作系统,实现生产控制、生产管理、企业运营等多维度、多元数据的融合应用,提供对象模型建模、大数据分析、智能工业 APP 开发、智慧管理决策和分析服务等功能,以集成化、数字化、智能化手段解决生产管控和企业经营的综合问题。

应用场景:智能化生产

#### (二) 企业概况

应用企业为内蒙古兴发科技有限公司,服务商为中控技术股份有限公司,应用企业是国家农药定点生产企业,已形成 10 万吨/年草甘膦、15 万吨/年氯碱的生产规模,重点建设 40 万吨/年有机硅、20 万吨/年工业硅、有机硅高性能硅橡胶及硅油等项目。

应用企业标签:中型企业、国有企业

#### (三) 业务痛点和需求

1. 应用装置工艺流程复杂、设备数量多、操作难度大、工艺高度耦合。

2. 传统解决方案不具备多元化集成能力,难以实现高度自动化、智能化的目标。

3. 现场数据与信息化平台缺乏互通机制，存在信息孤岛。

## 二、解决方案

### （一）应用场景

案例应用场景包括生产管控、设备管理、安环管理、质量管理及智能巡检等场景环节。

### （二）业务流程

案例以工厂操作系统为基础，构建氯碱行业的各种业务模型和 APP，形成系统广泛集成与数据高度共享的智能化工厂架构；满足客户从单一优势业务发展为多元化集成应用，实现信息化、数字化、智能化转型升级。

智能化过程控制通过操作导航、APC 以及 AAS 系统，实现了装置的一键启停、生产过程中的多工况报警管理与控制系统的黑屏运行。基于零信任的网络安全设计，允许移动端远程操作，进行专家诊断分析，促进系统的持续改进与提升，最终实现少人或无人操作。

本质安全管理系统实现动态风险管控与双重预防机制的有机结合，事故快速定位与分析及安全管理的无纸化操作，同时考虑并完成了内蒙古兴发安全管理平台的建设。

设备智能管理系统实现机泵自维护与自监测，仪表与阀门的实时监控与远程诊断以及工业盐的自动卸、堆、取。

该系统将氯碱装置操作规程与操作经验电子化、操作程序模块化、仿真调试简单化、系统培训便捷化，对新员工可以快速完成知识传递。

工业互联网平台首次打通了生产基础数据和公司信息化平台衔接的“最后一公里”，实现了技术人员、氯碱专家及设备供应厂家远程操作、控制、诊断。

### (三) 具体创新做法与实施过程

基于“工厂操作系统+工业 APP”技术架构，加持 5G 技术融合全厂视频监控、无人巡检系统、工业盐智能卸堆取系统、自动在线分析系统、循环水智能调温系统等形成综合应用，真正实现了国内少有的无人巡检、无人操作、无人记录的“三无工厂”，有效解决了区域用工难、招工难问题，并建立起安全、环保、稳定、精细化的生产运营管控体系。

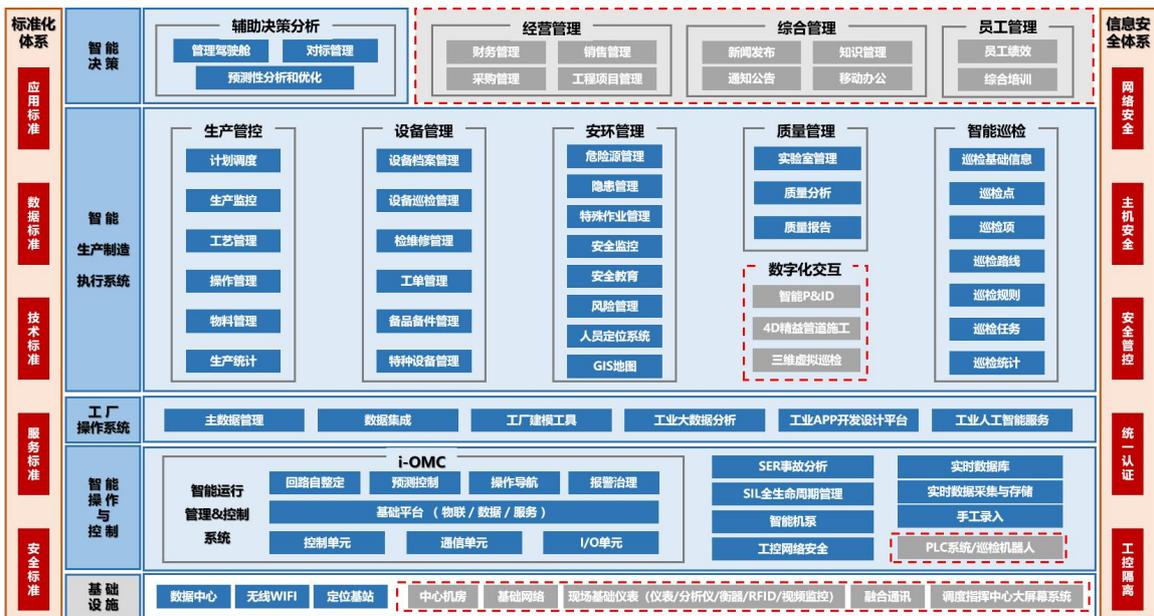


图 1 架构图

### 三、应用成效

#### （一）技术架构和系统集成

集成了控制系统（DCS、SIS、GDS等）、智能操作与控制软件、IT基础设施、生产制造执行系统、5G新技术应用（设备状态在线监测、人员定位）等，形成高度集成、智能化的整体解决方案。

#### （二）自动化与智能化水平

实现了一键启动、全自动运行、黑屏操作等功能，大幅提高了生产过程的自动化和智能化水平。通过智能算法和专家经验的深度融合，实现了生产过程的自适应调整和精准控制。

#### （三）人力成本与管理效率

通过高度自动化和智能化手段的应用，大幅降低了人力成本。同时，实现了生产过程的透明化、运营管理精细化和决策支持智能化，提高了管理效率和企业竞争力。

#### （四）经济社会效益

形成了氯碱行业能源消耗低，本质安全的高度自动化、智能化工厂，为国内氯碱行业数字化转型，智能化发展提供技术、模式与解决方案示范，为行业的高质量发展贡献力量。

#### （五）生态建设成效

资源循环利用和回收利用高、绿色环保、污染物排放少、能源利用效率高、本质安全、人均生产效率高，高度自动化、智能

化工厂建设模式是国内氯碱行业数字化转型，智能化发展引领范式，为行业的高质量发展贡献了积极力量。

**成效数据：**

- 同等规模氯碱装置减员 63.6%；
- 中控室操作站单次黑屏时间从几个小时提高到 36 个小时。

## 案例 10：盘锦工业互联网+智慧园区数智化平台

### 一、案例概况

#### （一）案例概况

工业互联网+智慧园区数智化平台接入各类企业风险数据，以此为基础，实现企业安全生产风险数据管理及智慧安全相关业务，构建全方位、立体化监测网络，实时监测园区内水、气、噪声、土壤污染物排放；对园区内生态环境监测异常数据，及时采取相应的报警、预警等处置措施。建立园区企业污染物排放监测实时数据库和历史数据库，全面、综合把握园区环保形势，为园区环境管理决策提供辅助支撑。

应用场景：服务化延伸

#### （二）企业概况

应用企业为盘锦辽滨沿海经济技术开发区，服务商为安元科技股份有限公司，应用企业是国家级经济技术开发区，位于辽宁省盘锦市最南部，辽东湾东北部，大辽河入海口右岸，傍河临海、靠港接城，是盘锦市向海发展、全面转型、以港强市战略的重要载体和对外开放的重要窗口。

应用企业标签：政府机关、产业园区

#### （三）业务痛点和需求

1. 提升环境监管督查手段和技术的需求；
2. 业务数据采集与整合分析的需求；

### 3. 建立园区应急体系的迫切需求。

## 二、解决方案



图 1 方案架构图

### (一) 具体做法

解决方案由数据采集终端、ICT 基础设施、数字化支撑平台、场景化应用、综合展示五个层次组成。

**数据采集终端：**数据采集终端主要是指园区企业、污水处理厂废水废气在线监测设备、河流水质、园区空气自动监测设施，有毒有害气体监测设施、单兵系统、高空瞭望、卡口、高清摄像机、物联网主机等等在内的物联传感和汇聚设备，为安全、环保、应急管理提供数据来源。

**ICT 基础设施：**主要包括基础硬件环境（服务器、存储、网络、防火墙、核心交换机、汇聚交换机、UPS 等）和基础软件环境（操作系统、数据库软件、网络防病毒软件、存储备份软件、GIS 平台软件），为系统运行提供基础软硬件环境。

业务支撑平台：提供基础软件应用支撑，包括应用集成、单点登录、权限管理、 workflow 引擎、动态表单等基础组件服务。

场景化应用：场景化应用层是指系统建设的主要建设内容，包括：安全生产、环境管理、应急管理、安防封闭、教育培训、消防管理、能源管理、企业智能改造、智能管网监测、服务运营、经营展示等业务系统。

综合展示：采用 BI 工具、报表、地理信息系统等可视化工具，将所有业务数据图形化、表格化，实现业务数据的归集及展示，为园区管理部门提供多样、快速的信息统计访问通道，为园区环境及安全管理提供决策支持。

## **(二) 创新亮点**

一图到底：针对园区系统中的安全、环保、应急等模块，均构建本业务专题的一张图，实现各自数据基于园区 GIS 地图的可视化展示。

一案应急：园区在应急处置时，指挥人员能够通过系统快速地查找到适合的应急预案，并予以一键执行。

一体管控：能够充分地 与应急模块实现数据共享，在应急救援时能够同时获取事发企业及其周边环境的数据。

### 三、应用成效

#### (一) 社会效益

园区管委会作为整个园区的社会公益性的服务机构，负责园区的安全生产综合监管、环保监控和应急救援工作，面对现阶段依然严峻的安全生产和环境保护形势，加快建设园区智慧园区项目工程，在加强安全生产监管、环境保护监测、强化监督执法、有效防范和坚决遏制重特大事故、减少人员伤亡和财产损失、维护整个园区安全稳定等将产生显著的社会效益。该平台的建设所带来的社会效益是多方面的，具体分析如下：

1. 平台通过数字化安环服务，实时监测并预警可能存在的安全隐患，有效防止安全事故的发生，保护人员生命安全和财产不受损害，对社会公共安全产生积极影响。

2. 通过数字化能源管理和环保监测，促进环境保护，能更精准地把控和优化能源使用，降低碳排放，推动绿色、低碳、循环的发展模式，助力实现生态文明建设目标，有益于改善区域环境质量。

3. 通过数字化供应链管理和生产优化，优化资源配置，提升化工园区的整体运营效率，减少资源浪费，实现资源的高效利用，符合可持续发展战略。

4. 平台的建设推动了新一代信息技术与化工产业的深度融合，推动科技创新，催生了新的科技成果和应用模式，对科技创新和产业升级起到了积极推动作用。

5. 平台的建设促使企业迈向智能化、高端化，提高就业质量，带动高技能人才需求增长，创造了更多的高质量就业岗位，有助于提升劳动者素质和收入水平。

6. 通过平台实现跨企业、跨领域的数据共享与协同，可孵化出新的服务业态和商业模式，进一步激活市场经济活力，对经济社会发展产生深远影响。

## **(二) 经济效益**

提高事故预防能力，有效降低事故的发生概率，避免事故造成的经济损失。数字化安环服务有助于提前识别和处理潜在风险，可以对安全生产重大危险源、重点区域、企业值班室等重要场所进行重点轮巡、动态监管，降低安全事故发生的概率，提高企业安全管理水平，对可能发生的事故进行预防，最大限度降低事故发生的可能性，避免巨大的经济损失。

通过数字化生产、智能化工厂服务，实现生产流程自动化、智能化，减少无效等待和浪费，大幅度提升劳动生产率，降低单位产品的生产成本，从而直接增加企业经济效益。数字化设备管理能实现对设备状态的实时监控和预测性维护，减少突发故障导致的停工损失，延长设备使用寿命，节省维修和更换成本。

数字化能源服务能够精细化能源消耗监控和管理，发现并优化能源浪费环节，实现能源使用的合理调配和高效利用，降低能源成本支出。通过数字化供应链管理，可以实现物料采购、生产

计划、仓储物流等环节的高度协同，减少库存积压，降低物流成本，提升供应链响应速度和整体效率。

**成效数据：**

- 助力 3 大化工园区转型（助力博兴经济开发区化工园区认定为山东省化工产业园区、山东省数字经济园区；助力石家庄循环化工园区获得国家级智慧化工园区示范单位；助力盘锦辽东湾化工园区荣获中国智慧化工园区试点示范（创建）单位）。

# 案例 11：天然气流量计量智能检定数字孪生系统

## 一、案例概况

### （一）案例概况

通过构建天然气流量计量智能检定数字孪生系统实现站场状态全面感知、全要素孪生、智能检定应用。业务角色上，从原先以人为主导转变为以机器主导的自优化模式；孪生体能力上，从辅助业务进行，到自主开展业务。在人员投入减少 80%的同时提升 50%的工作效率，为站场带来的效益超过 500 万元。

应用场景：智能化生产

### （二）企业概况

应用企业为国家管网集团西气东输公司南京计量研究中心，服务商为广东元能星泰孪生科技创新有限公司，应用企业是国家石油天然气管网集团有限公司西气东输分公司下属的二级单位，行政管理着国家石油天然气大流量计量站南京分站、国家石油天然气大流量计量站广州分站，南京分站和广州分站是国家市场监督管理总局依法授权建立的法定计量技术机构。

应用企业标签：大型企业、中央企业

### （三）业务痛点和需求

1. 检定成本高，通过拆卸流量计进行检定设置跟踪，造成全线停输，增加检定成本。
2. 检定耗时长，单个流量计需全站每日耗费 10h 进行检定。

3. 检定效率低，检定员需手动配置操作，劳动强度大，检定效率低。

4. 风险系数高，人为操作存在失误风险，导致超速、超限和输气中断等风险，易发未检、超检业务事故。

5. 信息烟囱严重，数字化基底缺失，同专业界面信息互通协同效率低，子系统众多，缺陷发生时，难以快速定位。

6. 运维培训成本高昂，专业度要求高，经验理论与实际作业容易存在理解偏差，人员水平参差不齐。

## 二、解决方案

天然气流量计量智能检定数字孪生系统具备孪生模型构建、模型落地架构、孪生数据交互、流程切换、流量智能控制和多维可视化等功能。



图 1 架构图

## (一) 数字孪生模块



图 2 数字孪生模块界面

基于全站管道流动模型，形成具有一比一数据点位的智能数字孪生体，可以加载显示高精三维建筑结构数据，以及管道、阀门、流量计、变送器等要素信息，完整、详尽地对工艺运行状态进行全方位复现，实现对现场设备的全面监控。

并根据在线参数修正算法实现模型与物理站场的同生共长，实现站场在线和历史状态全方位感知。基于自主研发的协议交互模块实现现场仪表设备—SCADA 系统—历史数据库—虚拟实体—显示界面的实时数据交互。

## (二) 数据总览模块



图 3 数据总览模块界面

数据总览与智能检定管理平台深度融合，对已检流量计、库存量、检定人员动态表、客户分布、检定计划完成率等检定业务进行综合全面数据分析，辅助全面掌握检定业务运行趋势。

### (三) 智能检定模块

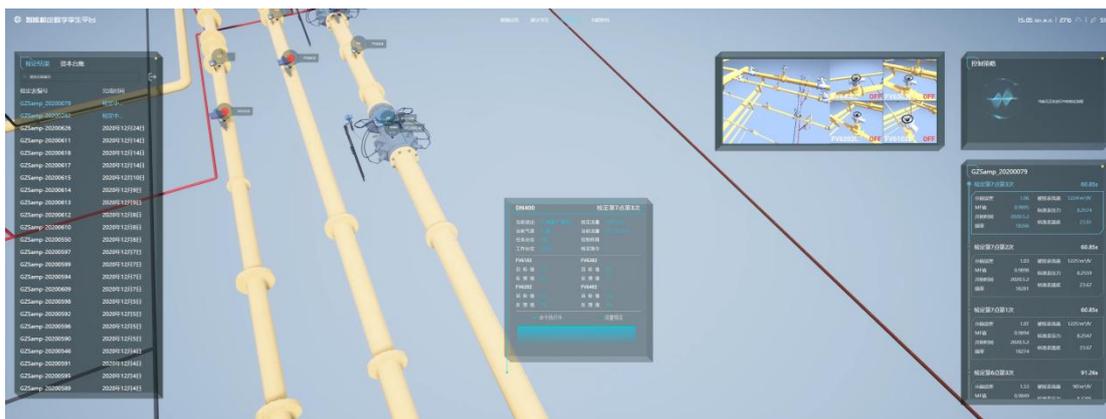


图 4 智能检定模块界面

基于智能化信息管理系统，自动完成多批次生产任务的协调调度。通过对站场生产数据与过程行为的精准描述，基于数值模型，实现检定站流量调节操作无人自动执行。一键开启智能检定系统后，通过智能检定客户端、数字孪生体、DCS 安全连锁逻辑、智能控制器一体化自动操作，开始检定业务流转。系统在正在检定的台位上显示检定状态区，实时更新检定数据，显示检定结果列表，场景中相关阀门开关、管段内气体流向、流速和流量会根据现场的实时数据不断更新呈现。

实现 14-12000m<sup>3</sup>/h 的流量调节范围，仅用 DN80、DN200、DN400 调节阀情况下实现对小流量(14m<sup>3</sup>/h)调节偏差小于 5%。

## (四) 资产管理模块



图 5 资产管理模块界面

系统显示资产与监测数值，通过查看资产信息可了解到资产台账、电子铭牌、设备简况、人员变更、维护台账等不同种信息，方便运维人员对资产进行管理，对于资产损坏快速定位。

## (五) 流程仿真模块

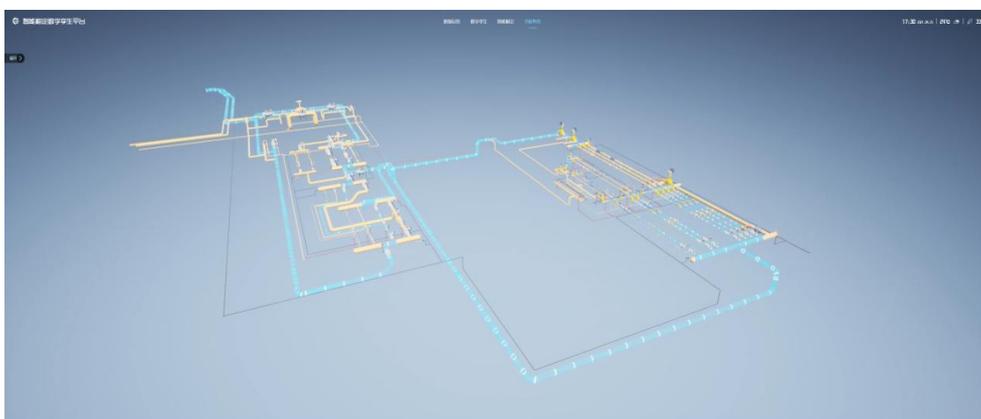


图 6 流程仿真模块界面

运维人员可二三维联动查看流程图，以最直观的、最全面的展示方式，实现有效数据的有机结构化表达，进而实现真实流程、演变过程的即视化，可以精准还原物理世界的场景、环境，模拟

各类物理世界未来可能发生的重要变化、动作，降低培训推演难度。

对未知情况进行分析、预测、诊断、仿真、训练，基于流动状态分析与虚拟仿真对检定站设备形成优化指令或策略，实现对物理实体决策功能的闭环修正，不断优化决策模型。基于全要素模型的在线运行，实现全设备、全工况实时动态状态估计。基于全要素孪生模型，实现实时连续性数据查询、超前方案验证与流量调节状态预测。

### 三、应用成效

#### （一）智能系统实现全流程“一键式”操作

通过智能检定系统自主识别检定任务，完成智能化决策、精准化执行、数字化感知等动态过程，实现了从任务下达到证书出具全流程“一键式”操作，改变了传统检定过程人工模式，为西气东输管道公司国内、国际天然气输气管道压力 2.5 兆帕及以上天然气流量计的检定、校准和测试服务提供高效率、高精度的保障，解决了国家高压力、大流量、大口径天然气贸易交接计量流量计的实流检定问题。

#### （二）智能系统助力实现“零未检、零超检、零破损”

智能控制器与数字孪生体融合的高精度检定新模式落地后，助力精准计量每一滴原油，严把计量器具检定关，加强检定过程监控，确保西气东输工作根基的牢固可靠。无论器具大小、等级和位置，全部做到“零未检、零超检、零破损”使用。对于流量

计的检定过程、化验分析、数据录取均做到全过程的监控，确保所有的环节都符合标准和规程，锁定计量源头，为公平、公正交接提供有力支撑。

**成效数据：**

- 一键操作启动智能检定后，全流程操作人员由 5 人减至 0 人；
- 系统调节流量点平均时长由 6 分钟/个减少为 3 分钟/个，完成流量计时间由 90 分钟/台减少为 50 分钟/台，提升效率 50%；
- 信息烟囱损耗、运维培训成本、业务事故成本降低，全站每日最多检定数量由 1 台增加至 4 台，单个检定站场带来的经济效益超 500 万元。

# 案例 12：炼油厂仪控设备智能监控互联平台

## 一、案例概况

### （一）案例概况

通过仪控设备智能监控互联平台对炼油厂各个装置的关键仪表设备进行监控，以解决维护区域广，仪表设备多，日常巡检难以及时发现隐患等维护问题，实现仪表系统的全天候 24 小时实时监测管理，避免人员定时巡检可能出现的漏检或滞后，建立知识库，为用户提供设备维修策略、寿命预测和智能提醒。

应用场景：智能化生产

### （二）企业概况

应用企业为中国石油独山子石化公司，服务商为中石智控（北京）科技有限公司，应用企业是集炼油化工于一体的世界级规模企业，隶属中国石油天然气股份有限公司，具备 1000 万吨/年原油加工、122 万吨/年乙烯生产和 500 万方原油储备能力，可生产燃料油、聚烯烃、橡胶、芳烃等 26 大类 600 多种炼化产品。

应用企业标签：大型企业、国有企业

### （三）业务痛点和需求

1. 仪表监控行业面临维护区域广、仪表设备多，日常巡检难以及时发现隐患等痛点。

2. 传统仪表监控解决方案存在数据采集与处理滞后、监控范围与精度限制、系统扩展性与灵活性不足等问题。

## 二、解决方案

### (一) 仪控设备智能监控互联平台的构建

仪控设备智能监控互联平台以 OPC 数据通讯和数据库 PHD 为核心，从底层控制系统、安全仪表系统等采集各类状态信息与数据，通过上层 WebServer 形成仪表信息监控界面，并以 WEB 形式发布，而终端客户则可通过 PC 机 IE 浏览器或移动终端来访问，并通过移动终端以短信形式接收重要的仪表报警信息。

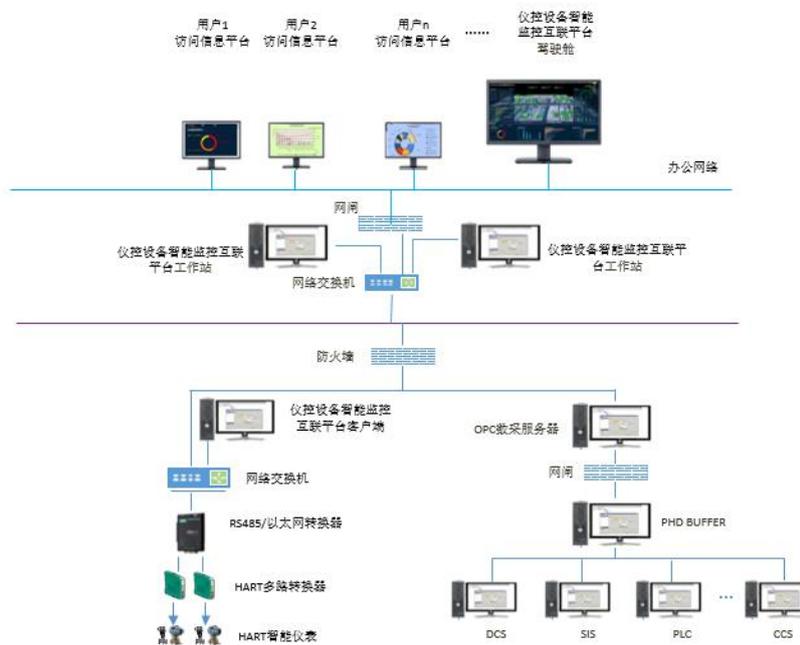


图 1 仪控设备智能监控互联平台架构图

### (二) 数据通讯与信息采集

仪表信息均可通过 OPC 通讯接口获取。需要安装 SNMP OPC Server，即可获取交换机运行状态，然后再通过 OPC 通讯接口获取 SNMP OPC Server 中的交换机状态信息。SNMP OPC Server 还能获取 UPS 电源系统运行状态与数据信息。

### (三) 数据库与数据处理

系统以 PHD 数据库为核心，采用 Shadow - Buffer 模式，Buffer 层按照装置分布设置数台 PHD Buffer 服务器，在上层设置一台 PHD Shadow 集中处理所有数据点。

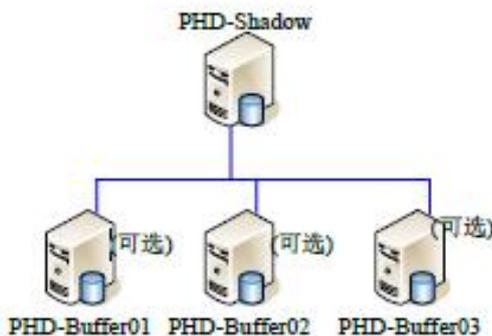


图 2 PHD 数据库架构图

PHD Shadow 服务器中除了数据库的实时数据与历史数据处理功能以外，还可以根据需要进行数据处理与状态判定，需要此类特殊处理的模拟量数据包括：伴热温度、机柜温度、在线分析仪、报警器。而这些数据的处理方法因其数据特点也各不相同，需要分别制定相应的数据处理方法。

### (四) Web 信息发布

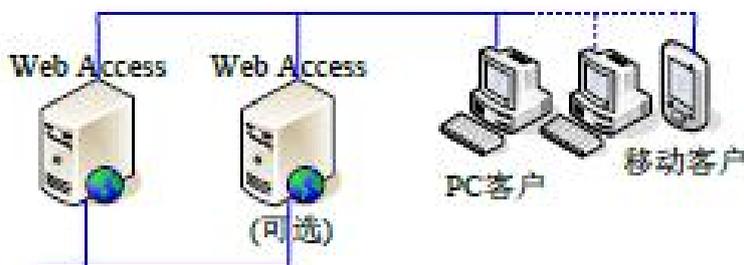


图 3 Web 框架图

Web 发布采用研华 Web Access 软件进行，该软件可按照工程节点 - 监控节点的层次进行扩展，针对系统的技术特点，软件

可按照两个监控节点进行设置以实现在线冗余系统(也可设置一个监控节点独立运行),而通过一个工程节点对系统进行统一管理。

数据信息用以向 Web Server 提供所有仪表数据信息和报警信息, Web Access 通过 OPC 接口与 PHD Shadow 实现数据通讯,并存放在 Web Access 自带的数据库池中,数据库中的数据不仅向监控界面提供数据,还需要通过短信模块或电子邮件系统向相关用户发布部分关键仪表的报警短信息。

Web Access 图形界面主要用于仪表车间或其他部门管理人员通过计算机或移动终端在线监控企业各个仪表的运行状态,该图形界面通过 Web Access 的组态功能实现,要求界面清晰大方,有利于管理人员在第一时间发现并确定发生故障的仪表位置,以便能及时处埋,预防危险后果的发生。

Web Access 系统需要安装短信模块后,并在 Web Access 中进行硬件与通讯配置,此后便可实现报警信息的短信发布,同时也可以采用电子邮件方式进行报警信息发布。

### **(五) 设备健康状态诊断**

专家诊断系统其内部含有大量的某个领域专家水平的知识与经验,它能够应用人工智能技术和计算机技术,根据系统中的知识与经验,进行推理和判断,模拟人类专家的决策过程,以便解决需要人类专家处理的复杂问题。通常由人机交互界面、知识

库、推理机、解释器、综合数据库、知识获取等 6 个部分构成组成。

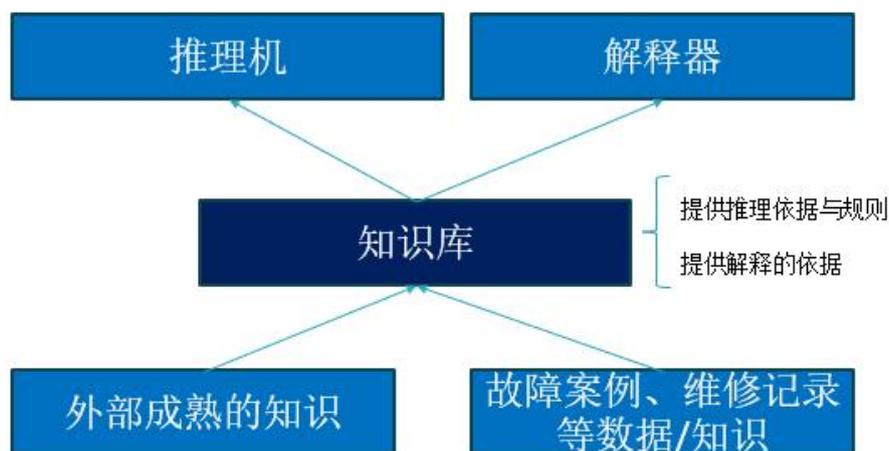


图 4 专家诊断系统架构图

知识库中拥有的知识的数量和质量是专家诊断系统性能和问题求解能力的关键因素，也是建设专家诊断系统的一个核心任务。仪控设备智能监控互联平台采用专家诊断系统对设备健康状态进行诊断。

### （六）仪控设备综合统计

仪控设备智能监控互联平台综合统计包括：实时报警等级分布、昨日激活/消失报警设备统计、实时报警数量区域分布、实时报警厂商分布（Top10）、设备厂商分布和设备区域分布。

## 三、应用成效

平台不仅能全面地对各类仪表报警提示，而且实时性也非常出色，由于报警及时，系统类故障能在 30 分钟内进行处理，仪表类故障在 1 小时内进行处理。平台投用后，关键仪表系统故障、

现场仪表伴热故障在 5 分钟内发现；控制器卡件、在线分析仪表、报警器监控信息集中显示，覆盖率达到 99%以上（不包含不满足实施条件的设备）。关键仪表系统运行状态监控管理平台显著减少了现场巡检频次，从以前 A 类仪表每周一次；B 类仪表每月一次；C 类仪表每季度一次减少为现在 A 类仪表每半月一次、B 类仪表每季度一次、C 类仪表每季度一次。

#### 成效数据：

- 仪表阀门故障处置效率提升 3 倍以上，故障仪表数量下降 90%，设备健康评分由 68%提高 99%，现场仪表的运行可靠性提升 20%；
- 故障定位效率由时级提升至分级，预警准确率达 95%，巡检效率提高 60%，检修成本下降 10%，运维人员减少 20%，检修费用同比降低 45%。

### 附件3 专业术语解释

[1] **炼化**：以石油、天然气及其产品为原料，生产、储运、运输各种石油化工产品的炼油厂、石油化工厂石油化纤或由其联合组成的一体化工厂。

[2] **现代煤化工**：现代煤化工是指以煤为原料，采用先进技术和加工手段生产替代石化产品和清洁燃料的产业，包括煤制油、煤制天然气、煤制烯烃、煤制芳烃、煤制乙二醇等，属于流程型制造业。

[3] **传统煤化工**：以煤为原料生产合成氨及下游化工产品的工艺技术，以化肥为主。

[4] **化肥**：化肥是重要的农业生产资料，包括氮肥制造、磷肥制造、钾肥制造、复合肥制造等。

[5] **氯碱**：采用氯化钠溶液（氯化钾溶液）生产氢氧化钠（氢氧化钾）、氯气、氢气，并以它们为原料生产一系列化工产品的工业。

[6] **精细化工**：精细化学工业，简称精细化工，是指生产精细化学品的工业。精细化学品是指技术含量高、反应过程复杂、附加值高的化学品，其中经过加工配制、具有专门功能的化工产品，称为专用化学品。其生产过程与一般化学品生产不同，一般由合成（或从大自然物质中分离、提取）、加工或复配等工艺组成。

[7] **工业互联网标识解析体系**：是支撑工业互联网互联互通的神经枢纽。标识编码是能够唯一识别物料、机器、产品等物理资源

和工序、软件，模型、数据等虚拟资源的身份符号。

[8] **国家顶级节点**：是指一个国家或地区内部最顶级的标识服务节点，能够面向全国范围提供顶级标识解析服务，以及标识备案、标识认证等管理能力。

[9] **二级节点**：是面向特定行业或者多个行业提供标识服务的公共节点。

[10] **企业节点**：是指一个企业内部的标识服务节点，能够面向特定企业提供标识注册、标识解析服务、标识数据服务等，既可以独立部署，也可以作为企业信息系统的组成要素，企业节点需要与二级节点对接，从而接入标识解析体系中。

[11] **边缘计算**：边缘计算是在靠近物或数据源头的网络边缘侧，融合网络、计算、存储、应用核心能力的分布式开放平台（架构），就近提供边缘智能服务，满足行业数字化在敏捷连接、实时业务、数据优化、应用智能、安全与隐私保护等方面的关键需求。

[12] **边缘节点**：边缘节点是对边缘网关、边缘控制器、边缘服务器等边缘侧多种产品形态的基础共性能能力的逻辑抽象，这些产品形态具备边缘侧实时数据分析、本地数据存储、实时网络连接等共性能力。

[13] **边缘智能**：边缘智能是边缘计算和人工智能结合的新范式，在边缘侧提供的高级数据分析、场景感知、实时决策、自组织与协同等服务。

[14] **数字孪生**：以多维数据融合和虚拟数字化模型驱动，借助

历史数据、实时数据、算法模型以及数字孪生体和物理实体的闭环交互，通过监控、模拟、验证、预测、优化实现物理实体全生命周期安全、可靠、高效运转的一系列技术。

[15] **5G**: 具有大带宽、高可靠、低时延和广连接特点的新一代宽带移动通信技术，即第五代移动通信技术的简称。

[16] **工业大数据**: 工业大数据即工业数据的总和，即企业信息化数据、工业物联网数据，以及外部跨界数据。其中，企业信息化和工业物联网中机器产生的海量时序数据是工业数据规模增大的主要因素。

[17] **工业 PON**: 无源光网络，是指 ODN 中不含有任何电子器件及电子电源，ODN 全部由光分路器等无源器件组成，不需要贵重的有源电子设备。一个无源光网络包括一个安装于中心控制站的 OL，以及一批配套的安装于用户场所的光网络单元 ONUS，在 OLT 与 ONU 之间的 ODN 包含了光纤以及无源分光器或者耦合器。

[18] **碳资产**: 是指在强制碳排放权交易机制或者自愿碳排放权交易机制下，产生的可直接或间接影响组织温室气体排放的配额排放权、减排信用额及相关活动。

[19] **机理模型**: 机理模型亦称白箱模型，是根据对象、生产过程的内部机制或物质流的传递机理建立起来的精确数学模型。它是基于质量平衡方程、能量平衡方程、动量平衡方程、相平衡方程以及某些物性方程、化学反应定律、电路基本定律等而获得对

象或过程的数学模型，机理模型的优点是参数具有非常明确的物理意义。

[20] **微服务**：实现工业互联网平台中模型算法的模块化、软件化，支撑工业互联网平台的工业 APP 开发运行。

[21] **OT 网络**：用于连接生产现场设备与系统，实现自动控制及信息采集的工业通讯网络。

[22] **IT 网络**：用于连接信息系统与终端的数据通信网络。

[23] **TSN**：时间敏感网络，通过数据传输最大时间来划分的一种实时性网络，具有时间同步、延时保证等确保实时性的功能。旨在为以太网协议建立“通用”的时间敏感机制，以确保网络数据传输的时间确定性。

[24] **Ethernet-APL**：以太网先进物理层，基于 IEEE 802.3cg 10BASE-T1L (IEEE802.3cg-2019) 标准、专门面向流程行业“最后一公里”制定的一种以太网物理层协议规范。

[25] **RFID**：射频识别技术，通过无线射频方式进行非接触双向数据通信，并对记录媒体（电子标签或射频卡）进行读写，从而达到识别目标和数据交换的目的。

[26] **AR**：增强现实技术，一种实时地计算摄影机影像的位置及角度并加上相应图像、视频、3D 模型的技术，将虚拟信息与真实世界信息“无缝”集成。

[27] **VR**：虚拟现实技术，一种可以创建和体验虚拟世界的计算机仿真系统，利用计算机生成一种模拟环境，使用户沉浸到该环

境中。

[28] **EMS**: 能源管理系统, 通过集成各种硬件设备和软件工具, 实时收集能源数据并进行分析, 从而帮助企业有效管理能源消耗, 提高能源利用效率。

[29] **WMS**: 仓库管理系统, 一种用于管理和控制仓库操作的软件系统。

[30] **SCADA**: 数据采集与监控系统, 是以计算机为基础的生产过程控制与调度自动化系统。它可以对现场的运行设备进行监视和控制, 应用于电力、冶金、石油、化工、燃气、铁路等诸多领域。SCADA 是工业互联网数据的重要来源, 肩负着数据采集、测量、各类信号报警、设备控制以及参数调节等功能。

[31] **PLC**: 可编程逻辑控制器是一种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作电子系统。它采用一种可编程的存储器, 在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令, 通过数字式或模拟式的输入输出来控制各种类型的机械设备或生产过程。

[32] **DCS**: 分布式控制系统, 是以微处理器为基础, 采用控制功能分散显示操作集中、兼顾分而自治和综合协调的设计原则的新一代仪表控制系统。

[33] **ERP**: 企业资源计划系统, 为企业提供了一个统一的业务管理信息平台, 将企业内部以及企业外部供需链上所有的资源与信息进行统一的管理, 这种集成能够消除企业内部因部门分割造

成的各种信息隔阂与信息孤岛。

[34] **CRM**: 客户关系管理系统, 指利用软件、硬件和网络技术, 为企业建立一个客户信息收集、管理、分析和利用的信息系统。

[35] **AGV**: 无人搬运车, 指装备有电磁或光学等自动导引装置, 能够沿规定的导引路径行驶, 具有安全保护以及各种移载功能的无需驾驶员的运输车。

[36] **APC**: 先进控制系统, 主要是通过数字化技术对装置自动实施平稳操作和优化控制, 实现降低能耗、提高产品收率的目的。

[37] **MES**: 生产执行系统, 旨在加强 MRP 计划的执行功能, 把 MRP 计划同车间作业现场控制, 通过执行系统联系起来。这里的现场控制包括 PLC 程控器、数据采集器、条形码、各种计量及检测仪器、机械手等。MES 系统设置了必要的接口, 与提供生产现场控制设施的厂商建立合作关系。

[38] **IaaS**: 基础设施即服务, 为工业互联网平台用户提供虚拟计算、存储、网络等云计算基础设施服务, 并根据用户对资源使用情况进行计费的一种服务模式。

[39] **PaaS**: 平台即服务, 为工业互联网平台用户提供高效、灵活、可扩展的应用服务运行和开发环境, 以实现数据管理、模型部署、微服务调用、应用程序开发与部署等功能的一种服务模式。

[40] **SaaS**: 软件即服务, 指一种基于互联网提供软件服务的应用模式。服务商将应用软件统一部署在自己的服务器上, 企业无需购买软硬件、建设机房、招聘 IT 人员, 即可通过互联网使用

软件服务。

[41] **VOCs**: 挥发性有机化合物，是指常温下饱和蒸汽压大于 70Pa、常压下沸点在 260°C 以下的有机化合物，或在 20°C 条件下，蒸汽压大于或者等于 10Pa 且具有挥发性的全部有机化合物，VOCs 是大气的主要污染物之一。

[42] **SDN**: 软件定义网络，是一种新型网络创新架构，是网络虚拟化的一种实现方式，其核心技术 OpenFlow 通过将网络设备的控制面与数据面分离开来，从而实现了网络流量的灵活控制，使网络作为管道变得更加智能。

[43] **ODN**: 光分配网，是基于 PON 设备的 FTTH 光缆网络。其作用是为 OLT 和 ONU 之间提供光传输通道。从功能上分，ODN 从局端到用户端可分为馈线光缆子系统，配线光缆子系统，入户线光缆子系统和光纤终端子系统四个部分。

[44] **OLT**: 光线路终端，指的是用于连接光纤干线的终端设备。

[45] **UPF**: 用户面功能，主要负责 5G 核心网用户面数据包的路由和转发相关功能。

[46] **MPLS-VPN**: 是指采用 MPLS（多协议标签交换）技术在运营商宽带 IP 网络上构建企业 IP 专网，实现跨地域、安全、高速、可靠的数据、语音、图像等多业务通信，并结合差别服务、流量工程等相关技术，将公众网可靠的性能、良好的扩展性、丰富的功能与专用网的安全、灵活、高效结合在一起，为用户提供高质量的服务。

## 附件 4 参考标准引用

- [1] YD/T 4651-2024. 工业互联网联网用技术 无源光网络 (PON) 总体技术要求[S]. 北京: 工业和信息化部, 2024.
- [2] YD/T 4492-2023. 工业互联网 时间敏感网络技术要求[S]. 北京: 工业和信息化部, 2023.
- [3] YD/T 4442-2023. 工业互联网 基于 SD-WAN 的网络技术要求[S]. 北京: 工业和信息化部, 2023.
- [4] YD/T 4495-2023. 工业互联网标识解析 标识注册管理协议与技术要求[S]. 北京: 工业和信息化部, 2023.
- [5] YD/T 4497-2023. 工业互联网标识解析 权威解析协议与技术要求[S]. 北京: 工业和信息化部, 2023.
- [6] YD/T 4496-2023. 工业互联网标识解析 核心元数据[S]. 北京: 工业和信息化部, 2023.
- [7] GB/T 44462.1-2024. 工业互联网企业网络安全 第 1 部分: 应用工业互联网的工业企业防护要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.
- [8] GB/T 44462.2-2024. 工业互联网企业网络安全 第 2 部分: 平台企业防护要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.
- [9] GB/T 44462.3-2024. 工业互联网企业网络安全 第 3 部分: 标识解析企业防护要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.
- [10] GB/T 22239-2019. 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.

- [11] GB/T 25070-2019. 信息安全技术 网络安全等级保护安全设计技术要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [12] GB/T 23031.1-2022. 工业互联网平台 应用实施指南 第1部分: 总则[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [13] GB/T 23031.2-2023. 工业互联网平台 应用实施指南 第2部分: 数字化管理[S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.
- [14] GB/T 23031.3-2023. 工业互联网平台 应用实施指南 第3部分: 智能化生产[S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.
- [15] GB/T 23031.4-2023. 工业互联网平台 应用实施指南 第4部分: 网络化协同[S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.
- [16] GB/T 23031.5-2023. 工业互联网平台 应用实施指南 第5部分: 个性化定制[S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.
- [17] GB/T 23031.6-2023. 工业互联网平台 应用实施指南 第6部分: 服务化延伸[S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.
- [18] GB/T 36073-2018. 数据管理能力成熟度评估模型[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.

## 编制单位

工业和信息化部网络安全产业发展中心

（工业和信息化部信息中心）

中国石油和化学工业联合会

工业互联网产业联盟

石化化工行业数字化转型推进中心

中国石油天然气集团有限公司

中国石油化工集团有限公司

中国海洋石油集团有限公司

国家石油天然气管网集团有限公司

中国化学工程集团有限公司

延长石油（集团）有限责任公司

宁波博汇化工科技股份有限公司

中国石油大学（北京）

中国电信集团有限公司

联通数字科技有限公司

江西电信信息产业有限公司

中控技术股份有限公司

中海油信息科技有限公司

中化学数智科技有限公司

昆仑数智科技有限责任公司

中石智控（北京）科技有限公司

陕西能源化工交易所股份有限公司  
国家管网集团北方管道有限责任公司  
北京互时科技股份有限公司  
安元科技股份有限公司  
蓝卓数字科技有限公司  
广州慧正云科技有限公司  
广东元能星泰孛生科技创新有限公司  
博智安全科技股份有限公司

