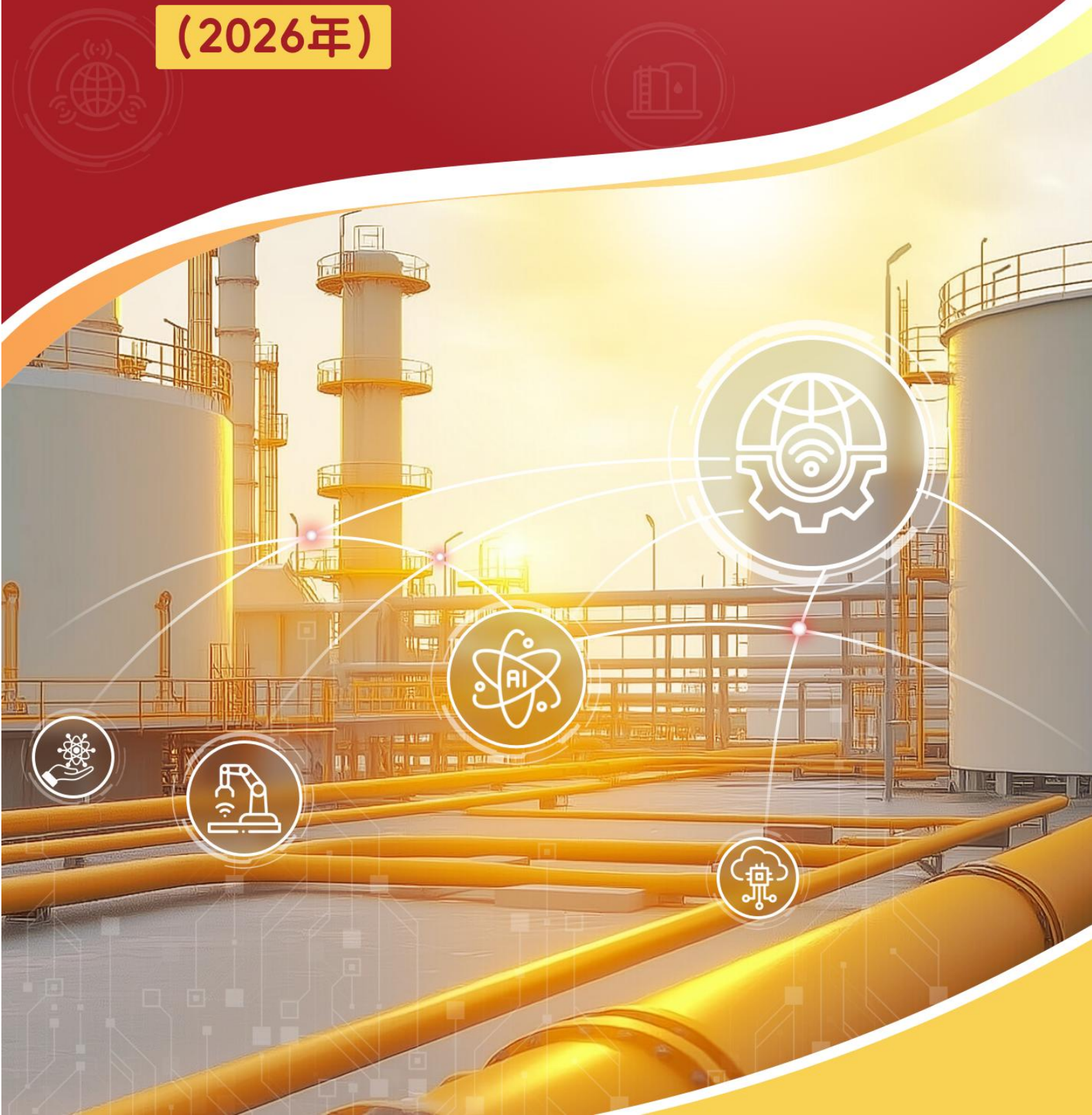


工业互联网与油气储运行业 融合应用参考指南

(2026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，2025年工业互联网核心产业规模预计超1.6万亿元，带动工业增加值增长约2.5万亿元，为经济社会发展注入强大动力。

油气储运是国民经济的重要支柱产业，连接着上游勘探开发和下游炼化销售，涵盖长输管道、海底管道、储油库、地下储气库、液化天然气接收站、城市燃气等多种设施类型，具有点多线长面广、高压高温（低温）运行、介质易燃易爆、长周期连续作业等特点，且多涉及重点监管的危险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，在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，加快行业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，推动行业数智化转型，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能源局石油天然气司的指导下，中国工业互联网研究院（工业和信息化部密码应用研究中心）与中国石油企业协会、中国城市燃气协会、中国安全生产科学研究院、国家石油天然气管网集团有限公司等共同组织政产学研用等单位研究编制了《工业互联网与油气储运行业融合应用参考指南》，旨在为油气储运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。

当前工业互联网与油气储运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，推动油气储运行业高质量发展。

工业互联网与油气储运行业

融合应用参考指南

目录

第一章 总则	1
(一) 适用范围	1
(二) 编制目的	2
(三) 编制框架	2
第二章 现状需求与总体架构	3
(一) 工业互联网定义内涵	3
(二) 工业互联网发展现状	6
(三) 工业互联网发展趋势	9
(四) 油气储运行业数智化转型现状	11
(五) 工业互联网与油气储运融合应用需求	15
(六) 融合创新功能框架	18
第三章 融合应用场景图谱	25
(一) 平台化设计	25
(二) 智能化生产	30
(三) 数字化管理	88
(四) 网络化协同	105
(五) 服务化延伸	107
(六) 个性化定制	110
(七) 精细化投融	112
(八) 可视化治理	118
第四章 供给保障	124
(一) 基础设施建设	124
(二) 工业互联网产品	142
(三) 场景解决方案商	155
(四) 标准化文件	171
(五) 公共服务平台	181
第五章 组织实施	183
(一) 基本原则	183
(二) 实施流程	184
(三) 要素保障	189
附录一 典型案例	191
案例 1: “GIS+CAD” 融合构建油气管道线路数字化设计新范式	191

案例 2: 油气管道工程建设一体化综合管控平台	195
案例 3: 天然气长输管道智能化管控实践	199
案例 4: 基于全产业链大数据融合的城市燃气气源及调度管理系统	203
案例 5: 国家管网资产完整性管理系统	206
案例 6: “工业互联网+危化安全生产” 管控平台	210
案例 7: 油气管网安全风险智能化管控平台	213
案例 8: “5G+工业互联网” 赋能 LNG 接收站 “数智运营”	217
案例 9: “工业互联网+储运服务” 生产经营一体化管控应用	220
案例 10: 原油长距离输送可视化管控应用	224
典型场景案例清单	228
附录二 专业术语解释	230

第一章 总则

（一）适用范围

指南适用于油气储运行业装备制造、工程建设、管道运输、油气仓储、产品销售等关键业务环节，在国民经济行业分类（GB/T 4754—2017）中覆盖的具体门类如下：

D4511（天然气生产和供应业）、D4512（液化石油气生产和供应业）、D4513（煤气生产和供应业），指利用煤炭、油、燃气等能源生产燃气，或外购天然气，并进行输配，向用户销售燃气的活动，以及对天然气输配及使用过程中的维修和管理活动；

E4852（管道工程建筑），指供水、排水、燃气、集中供热、线缆排管、工业和长输等管道工程建筑；

G5710（海底管道运输），指通过海底管道对气体、液体等运输活动；

G5720（陆地管道运输），指通过陆地管道对气体、液体等运输活动；

G5941（油气仓储），指对具有易燃易爆物品、危险化学品、放射性物品等能够危及人身安全和财产安全的物品的仓储活动。

指南适用于不同数字化、智能化基础的油气储运行业企业，对于“具有良好数字化、智能化基础的油气储运行业企业”，鼓励聚焦全链条数智化贯通目标，加强生态引领作用。对于“数字化基础较弱但有进一步改造提升需求的油气储运行业企业”，可优先考虑轻量化场景落地，成本可控。

（二）编制目的

遵循新型能源体系和能源强国建设的要求，推进新型工业化，支撑油气存储、输送体系建设，推动工业互联网在油气运输、油气仓储、装备制造、工程施工、产品销售等油气储运行业全链条各环节的广泛应用，加快油气储运行业数字化、智能化、绿色化转型，总结推广融合创新应用成果，为油气储运行业提供轻量化、可复制、可操作的实践路径。

（三）编制框架

指南共分为六个章节：

第一章为总则，明确指南适用范围、编制目的与结构框架。

第二章从现状和需求出发，梳理油气储运行业数智化转型现状，回答油气储运行业“为什么”需要与工业互联网融合的问题，并提出融合创新功能总体架构。

第三章梳理工业互联网赋能油气储运行业的应用模式和应用领域，构建融合应用场景总体视图，回答“建什么”的问题，同时，深入剖析细分场景的具体需求、关键指标与解决方案等，回答“怎么建”的问题。

第四章归纳工业互联网融合行业所需要的基础设施、攻关产品、解决方案商、标准文件、公共服务平台，回答“找谁建”的问题。

第五章总结行业企业应用工业互联网开展数字化、智能化转型的组织实施，保障工业互联网落地应用。

最后指南梳理了工业互联网与油气储运行业融合应用的典型案例，为行业企业基于工业互联网开展场景建设提供丰富多元的实例参考。

第二章 现状需求与总体架构

（一）工业互联网定义内涵

1. 工业互联网定义

工业互联网是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，通过对人、机、物、系统等的全面连接，构建起覆盖全产业链、全价值链的全新制造和服务体系，为工业乃至产业数字化、网络化、智能化发展提供了实现途径，是新工业革命的重要基石，是实体经济和数字经济深度融合的关键支撑，是新型工业化的战略性基础设施和重要驱动力量。

2. 工业互联网内涵

本世纪第二个十年伊始，以 5G、互联网、大数据、人工智能为代表的新一代信息通信技术创新活跃、产业发展代际跃迁，数字产业化供给能力大幅攀升。同时，工业设备、生产线、车间、工厂的数字化水平持续提升，产业数字化需求日益扩张。在供给推动和需求拉动双重作用下，数字技术与实体经济的融合从生活领域向生产领域加速延伸，工业大数据爆发式增长，海量工业数据的采集、传送、存储、计算、分析和应用都需要一个智能化的载体，这个载体就是工业互联网。通过对人、机、物、系统等的全面连接，工业互联网构建起覆盖全产业链、全价值链的全新制造和服务体系，为工业乃至产业数字化、网络化、智能化发展提供了实现途径，

成为新工业革命的关键驱动力量。工业互联网具有与消费互联网不同的特点。

从连接对象看，工业互联网连接的主体多样，涵盖设备、产线、车间、工厂、企业，还有产业链的上下游和生态伙伴。在研发设计、生产制造、经营管理、运维服务等环节，企业内部、企业间协同的场景更为复杂，形成的数据量更为庞大，特别是研发设计和生产制造的大数据，因涉及企业特有的技术、工艺、知识和经验，绝大部分数据不出工厂且千企千面，需要量身定制组网方案。而消费互联网连接的主体是人，主要用于人与人之间的信息传递，网络终端、数据类型和应用场景具有同质性、规范性、可复制性，个人数据都高度集中在平台企业中。

从网络性能看，工业互联网对网络速率、时延、带宽等要求比消费互联网更高。比如，设备运动控制和产品视觉检测数据的通信时延须分别小于 1 毫秒和 10 毫秒，而一般公共通信网络时延在 100 毫秒以内即可满足使用要求。工业互联网的数据传输直接关系到生产安全，对于网络的可靠性、稳定性和安全性要求更为“刚性”，只有构筑起工业互联网网络大动脉，工业数据要素的价值才能充分释放，数字技术的应用才能更加融合高效。

从发展模式看，工业互联网应用过程，是企业数字化演进升级的过程，由于行业企业差异化程度高，工业设备数字化水平参差不齐，工业软件开发适配周期长、资产专用性强，因此其发展模式呈现显著的多元化与行业纵深特征，很难找到普适性的发展模式，往往需要更长的投资回报周期。而消费互联网应用门槛相对较低、可复制性更强，通过培养用户使用习惯

可以颠覆传统消费模式，其商业模式以“聚人气”“流量变现”为主，可以面向普通消费者“前向收费”，也可以面向信息或软件服务企业“后向收费”，具有规模经济性，社会资本关注度和支持度较高。

从体系架构看，工业互联网包括五大功能体系，网络是基础，标识是身份，平台是中枢，数据是要素，安全是保障，其内涵边界与消费互联网有显著差异。工业互联网的网络包括工厂内网和外网，是人、机、物、系统全面互联的关键基础设施；标识由标识编码和解析系统构成，标识编码是机器、产品、数据等生产资源的“身份证”，通过解析系统就可以明确“我是谁”“我在哪”“我在干什么”；平台下连设备，上连应用，为数据采集、建模分析、知识复用、应用创新提供载体支撑；数据是新型生产要素，通过与其他要素组合，能够用于开发新产品、拓展新服务、创造新价值；安全是指保护工业互联网系统、设备和数据免受未经授权的访问、损坏、干扰的一系列技术和管理措施。

从应用效果看，发展工业互联网的目的是通过数字化赋能提升行业、企业的综合竞争力，体现在降本、增效、提质、绿色、安全这五个方面。工业互联网应用是一个循序渐进的过程，从“研产供销服”各环节单点应用，向全环节、全流程综合集成延伸，形成平台化设计、智能化生产、网络化协同、个性化定制、服务化延伸、数字化管理等典型应用模式。工业互联网应用是一个协同发展的过程，从龙头企业内部拓展到产业链上下游，通过大企业带动小企业、下游企业带动上游企业、新兴产业带动传统产业，实现数字化转型从“样板间”走向“商品房”。

(二) 工业互联网发展现状

工业互联网是做好两化融合这篇大文章的战略抓手，是推进新型工业化的重要支撑，是促进数字经济和实体经济深度融合、科技创新和产业创新深度融合的关键路径。加快发展工业互联网、推进制造业数字化转型事关现代化产业体系建设和经济高质量发展全局。当前，我国工业互联网已迈入高质量发展、规模化推广新阶段，工业互联网发展的国际环境、技术基础、应用场景、现实需求均已发生深刻变化，走好具有中国特色的工业互联网创新发展之路前景广阔。

1. 全球工业互联网发展深化演进

政策举措密集发布，美德日等传统工业强国将数字化政策上升至国家战略高度，聚焦“以数字化重塑产业优势”实施延续性战略部署，聚焦“数智前沿技术应用落地”加快技术布局，聚焦“关键要素长期保障”加大支持力度。“数据+智能”成为发力方向，全球制造业加速迈向依托工业互联网实现“数据+智能”双轮驱动的新阶段，建设工业高质量数据集，加速人工智能在工业领域应用成为各国政府及产业界的重要共识及发展方向。“场景+行业”释放应用价值，国际领先企业通过构建全面感知、可靠传输、智能处理、精准决策的智能体系，实现研发设计、生产制造、经营管理、运维服务等全环节应用的智能协同，加速工业智能换人、减人、无人发展。

2. 政策供给持续有力

国家通过顶层设计明确工业互联网发展新方向。党的二十届四中全会审议通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的

建议》中提出“促进数字经济和实体经济深度融合，实施工业互联网创新发展工程”；政府工作报告连续 9 年作出部署，工业互联网作为新型工业化战略性基础设施的作用逐步显现。政策部署从工业互联网本身，逐步拓展至产业科技创新能力提升、产业结构优化升级、工业绿色发展等重要任务，以及中小企业数字化转型、制造业新型技术改造、工业领域设备更新等重点工作。地方层面也大力推动工业互联网发展，全国 31 个省（区、市）明确对“工业互联网”方向的政策支持，持续加大投入力度，因地制宜发展工业互联网，形成系统推进、梯次发展、优势互补的产业发展新格局。

3. 产业发展蓬勃向上

在产业经济发展方面，我国工业互联网核心产业规模预计超 1.6 万亿元，带动工业增加值增长约 2.5 万亿元，工业互联网应用实现 41 个工业大类全覆盖¹。在功能体系建设方面，建成 5G 行业虚拟专网超 6.4 万个、全国 5G 工厂超过 8000 家，培育 15 家领航级智能工厂，人工智能已渗透领航工厂 70% 以上的业务场景，沉淀了超 6000 个垂直领域模型，带动 1700 多项关键智能制造装备与工业软件规模化应用，标识解析注册量超 6900 亿个，重点平台工业设备连接数超 1 亿台（套）。国家工业互联网大数据中心体系化建设提速，装备制造业数字供应链平台汇聚 41 万余家企业、2.2 亿余种工业基础产品。国家、省、企业三级联动的国家级工业互联网安全监测平台基本建成。产业基础筑基拓新，5G、时间敏感网络等加快发

¹ 数据来源：《工业互联网创新发展报告（2025）》中国工业互联网研究院 核心产业规模统计涵盖网络、平台、安全等核心环节

展，算网控一体的全栈式新型工业网络加速形成，以“软件定义”加快OT技术变革，推动软硬解耦、云化控制、云边端协同等模式创新。

4. 数智赋能加速推进

工业互联网应用实施架构从单点改造向全局融通转变，通过对“设备单元、产线、车间、工厂、企业、产业生态”六个层级的协同改造，打通从底层设备控制到上层经营管理的全流程数据链路，实现生产全要素的透明化管理和精细化运营。应用场景由业务驱动向价值内生转变，随着数字技术“从单一到多元”、应用环节“从外围辅助到生产核心”、应用价值“从低端到高端”，企业数字化转型场景由表及里、由浅入深，逐级实现劳动力的“眼手脑”解放。改造对象从企业转型向全链集成转变，“点”上树标杆，推动链主企业、中小企业数字化改造升级。“线”上强协同，制定钢铁、石化化工等重点行业数字化转型实施方案。“面”上塑生态，高标准建设数字园区，探索园区数字化整体提升路径。

5. 行业生态日益繁荣

人才体系逐步完善，2024年，工业互联网人才总量达63万人，较2023年54.4万人同比增加15.81%，北京、上海、广州、深圳、苏州等城市成为工业互联网人才的主要集聚地²。标准体系日益健全，发布4项工业互联网相关国际标准和近200项国家标准、行业标准，为开展“建能力”“选平台”工作提供方法指导。生态组织持续壮大，工业互联网平台创新合作中心等产业合作载体加速发展，全球工业互联网大会连续多年成功举办，

² 工业互联网创新发展报告（2025） 中国工业互联网研究院 人才总量统计范围包含研发、运营、运维等相关岗位

全国工业互联网创新大赛持续开展，助推工业互联网规模化应用。国际合作成果丰硕，推动“加快中小微企业数字化转型”等倡议写入 APEC 领导人旧金山宣言，区域数字合作机制加速完善。

（三）工业互联网发展趋势

当前，我国工业互联网已进入规模化应用与价值释放的关键期。展望未来，其发展将在技术融合、体系深化和价值创新驱动下，呈现以下核心趋势：

1.工业网络向融合确定、算网一体的全连接演进。工业网络将超越传统的“连接”功能，向智能化、确定性和一体化方向发展。一方面，TSN（时间敏感网络）、5G-A/6G、Wi-Fi 7 等技术将与现有工业网络深度融合，提供微秒级时延、超高可靠及确定性的通信能力，满足柔性制造、协同操控等苛刻场景需求。另一方面，“算网融合”成为必然，通过网络感知算力、按需调度算力，实现“网在算中、算在网内”，形成云、边、端算力与网络资源的一体化供给，支撑工业 AI、数字孪生等新型应用。

2.工业平台向垂直深耕、知识驱动与开放协作演进。平台的发展重点将从资源汇聚转向价值深耕。行业化、专业化成为主流，平台将深度融合特定行业的知识、工艺与模型，形成“平台+行业知识”的解决方案，解决深层次痛点。同时，平台将更加强调“知识沉淀与复用”，通过低代码、模型市场、工业 APP 商店等，将工业经验、算法模型封装为可交易、可复用的微服务组件，降低开发门槛。此外，跨平台、跨企业的开放生态协作将加速，推动形成基于平台的虚拟产业集群和供应链协同网络。

3.工业数据向要素化流通、价值闭环与智能驱动演进。数据将成为核心生产要素，其应用趋势呈现三大特征：一是数据要素化流通加速，依托日益完善的标识解析体系和数据空间技术，企业间、产业链上下游的数据可信、安全、有序共享与交易机制将逐步建立，释放数据潜能。二是应用从描述、诊断向预测、决策闭环发展，利用数据驱动的动态优化、自适应控制，实现生产运营的自主决策与闭环优化。三是数据与 AI 深度融合，高质量工业数据集建设、合成数据技术将备受重视，为工业大模型和 AI 应用提供“燃料”，推动数据智能从单点分析走向全局优化。

4.工业安全向主动免疫、纵深防御与一体化保障演进。安全体系将从外挂式、单点防护向内生式、体系化防御升级。“零信任”、拟态防御等主动安全架构将在工业领域加速落地，实现动态、持续的信任评估与访问控制。安全防护将更强调“纵深防御”与“一体化管理”，覆盖 IT、OT、网络、平台、数据、应用的全栈安全能力，并与生产运营管理系统深度融合。此外，安全服务化和智能化响应将成为重要方向，提升大型企业安全运营效率，降低中小企业安全应用门槛。

5.AI 融合应用：向工程化、全场景渗透与人机协同演进。AI，特别是大模型技术，将与工业互联网深度耦合，走向规模化、深水区应用。工业 AI 的工程化落地成为关键，焦点将从模型创新转向如何将 AI 稳定、可靠、低成本地嵌入工业流程，包括机器学习运维体系在工业的实践。应用场景将从单点工具（如视觉检测）向研发设计、工艺优化、调度决策、预测性维护等核心环节全面渗透，并实现跨环节的智能协同。最终趋势是

走向“人机协同”的智能增强，AI作为“智能副驾”或“专家系统”，赋能工程师和操作人员，提升整体创新与决策效率，而非简单替代。

（四）油气储运行业数智化转型现状

油气储运行业作为连接油气生产与消费的关键纽带，是国家能源安全的战略基石，其具有资产密集、高风险、广域分布的固有特点，当前，在《“工业互联网+安全生产”行动计划》《“工业互联网+危化安全生产”试点建设方案》等政策持续保障行业生产安全的前提下，行业整体正处于从数字化向智能化迈进的关键阶段，已取得一系列局部突破，呈现出以数据为驱动、以模型为核心、以集成为关键的鲜明特征，但距离形成全面、协同的智慧生态体系仍面临挑战。

1. 研发设计环节

现状与成效：油气储运工程的研发设计已广泛采用计算机辅助设计（CAD）、三维协同设计平台以及各类专业仿真模拟软件。主要使用商业软件进行二维绘图与基础设计、三维工厂设计管理系统进行管道、站场的三维建模、碰撞检查、材料统计、管道应力分析、流体动力学仿真以及工艺模拟。龙头企业已实现从二维向三维数字化设计的转型，中小型企业数字化设计研发设计工具普及率已达到80%以上；同时，在推动国产替代方面，政策不断发力，2024年，工信部发布《工业重点行业领域设备更新和技术改造指南》中明确到2027年完成约200万套工业软件和80万套工业操作系统更新换代任务，推动基础软件、工业软件和工业操作系统的国产化替代。

发展趋势：研发设计朝着全国产化、全生命周期数字化、智能化、协同化、生成式设计演进。以流程重塑和数据驱动为核心，实现全生命周期、全参与方的高效协同设计。在设计阶段即模拟未来数十年的运行、维护与安全工况，实现“设计即运营”。结合参数化设计与生成式 AI，探索智能优化布局与方案自动生成。基于云原生平台实现跨地域、多专业的实时协同设计。按照“机理+规则+模型+数据”的方式进行图纸自动审查、规范符合性检查、材料智能选型与成本优化，提升设计质量与标准化水平。构建高质量数据集，将分散专家经验转化为可复用数字资产，实现设计知识的沉淀与共享。

2. 装备制造环节

现状与成效：油气储运专用装备（如压缩机、泵、阀门、储罐、LNG 核心设备）的制造正向数字化、精益化生产转型。广泛采用 PLM（产品生命周期管理）系统管理产品数据；应用数控机床、焊接机器人等自动化设备，并利用 MES（制造执行系统）进行生产排程与过程管理；部分企业开展基于三维模型的虚拟装配与工艺仿真，提升了产品设计的模块化、标准化水平与制造精度。通过 PLM 与 MES 的集成，缩短了产品交付周期，提高了生产过程的透明化与可追溯性。

发展趋势：深度融合新一代信息技术，迈向智能制造与服务化延伸。人工智能深入赋能，进行工艺参数优化、质量检测与缺陷自动识别。柔性化生产广泛发展，以适应小批量、定制化的装备制造需求。服务化延伸成为趋势，装备制造正从“产品”向“产品+服务”转型，通过工业互联网

平台提供远程监控、性能预警、预测性维护等增值服务，利用标识解析、可信数据空间等构建起制造商与客户业务协同、价值共创的新生态。

3. 工程施工环节

现状与成效：工程施工环节的数字化管理已初步普及，重点集中在进度、质量与安全监控。通过大数据、物联网、云计算和数据大模型技术构建智能工地解决方案，依托工程项目管理软件进行进度管理与资源规划，利用移动端 APP、无人机进行现场进度巡检、质量检查与安全巡查，数据实时回传至管理平台，实现施工过程的精细化管控；管道焊接检测机器人等技术装备初步实现规模应用，提升了焊接质量、降低焊工劳动强度。BIM（建筑信息模型）技术已深度融合数字孪生、物联网技术，应用于油气储运站场建设、长输管道穿越工程等各类项目，实现施工方案模拟优化、多参建方协同设计施工、施工过程全要素数字化记录与可视化监管，提高项目管理透明度与协同效率。无人机测绘与巡检提升了地形勘测、管道巡线的效率与安全性。

发展趋势：正在迈向全要素、全过程、全连接的智能化施工。深度融合物联网技术，通过智能传感器、智能穿戴设备、智能摄像头、无人机等，对人员、机械/设备、进度、环境等进行实时监测，实现工作量与工程进度辅助测算、施工/作业风险自动识别与预警、机械协同作业与精益施工。构建集现场监测、预警分析、远程监管于一体的施工安全防控手段，使质量监督可视化、风险识别智能化。预制化、模块化施工广泛应用，在工厂内完成管道、设备等预组装，提升现场施工效率和质量。全自动焊、柔性焊接机器人、检测机器人等智能化装备逐步推广，提升特殊工况下的施工

质量与安全性。通过打通工程全生命周期数据链，实现协同作业、数字交付、自动校验，提高数据交付效率和质量。

4. 生产运行环节

现状与成效：生产运行环节已建立起较完善的数据采集、监控、执行体系。广泛应用 SCADA（数据采集与监控系统）和 DCS（分布式控制系统）实现远程监控与操作。管道系统普遍应用泄漏监测系统与模拟仿真软件。管道巡检、设备维护等开始采用资产完整性管理系统、生产运行管理系统等系统进行调控运行、风险预警、高后果区管理、站场设备管理等业务活动，实现了管网与场站的集中监控与统一管理，保障了运行安全与平稳。基于历史数据的泄漏检测、负荷预测与优化运行取得一定成效。设备管理的电子化、流程化水平显著提升。

发展趋势：逐步向智能预测、自主优化与无人化运营迈进。利用大数据与机器学习算法，对设备健康状况进行预测性维护，对管网运行进行在线仿真与智能优化。卫星定位、无人机、巡检机器人、智能摄像头等在管道、储库及罐区等巡检和应急等场景应用更加广泛，赋能生产运行安全、绿色、高效。远程操控、一键启停等技术发展迅速，可集中监控、可智能决策、可自动执行的全过程智能化管控技术逐渐成熟，催生“集中调控、远程操控、无人（少人）值守、智慧运行”的新型生产运行模式。

5. 经营管理环节

现状与成效：以企业资源计划（ERP）系统为核心，向专业化管理系统扩展。企业普遍部署了 ERP 系统，集成财务、采购、销售、人力资源等

核心职能。同时，应用专门能源管理系统、客户服务系统等。托运商准入审查、服务签约、经营计划、订单跟踪、调度运行、综合服务结算等业务系统不断优化，实现全流程覆盖、全数据支撑，经营管理的数字化、智能化水平显著提升。

发展趋势：构建一体化、智能化、支持战略决策的智慧管理平台。构建企业级数据中台，打破研发、工程、生产、经营数据孤岛，实现全链条数据贯通。打造一体化运营中心，实现生产调度、市场交易、客户服务、风险应急的协同联动与可视化决策。应用大数据分析与 AI 模型，可实现“需求发布一路径智能匹配”全流程快速响应，提高调配效率，降低管输费率，并在市场需求预测、资源优化配置、供应链智能寻源、碳足迹追踪与交易、投资风险分析等方面提供智能洞察与辅助决策，推动管理模式从流程驱动向数据驱动转变。

（五）工业互联网与油气储运融合应用需求

以工业互联网为核心赋能载体，全面重塑油气储运企业的运营模式与产业生态，通过数据价值挖掘与能力平台化输出，实现油气储运业务的极致优化与核心竞争力提升，为企业转型奠定运营基础与数据资产。同时，战略性培育与拓展油气储运企业的增值服务空间，实现从传统基础设施运营商向现代能源物流服务商和智慧能源生态构建者的跨越式发展。

1. 融合应用核心维度与业务目标

（1）研发设计环节：核心需求为打破传统“经验驱动”的设计模式，构建“数据+AI”驱动的智能设计体系，推动研发设计全流程高效协同。利用 AI 实现线路规划、站场布局、设备选型、参数优化等设计环节的智

能化、精细化，提升设计效率；构建基于工业互联网的云端协同设计平台，为研发设计提供全流程数字化支撑，实现多专业、多单位、跨地域的实时协作与数据贯通，推动政企数据共享，打破传统设计环节的数据孤岛，提升协同效率。需要打通设计与后续装备制造、工程建设等环节的数据链路，推动跨环节数据共享。

(2) 装备制造环节：核心需求为推动传统储运装备生产制造模式向智能制造、服务型制造的转型。通过部署物联网传感器、智能机器人等设备，构建全流程数字化生产线，并结合各类 AI 与智能算法，实现装备制造过程的实时监控、精准控制与质量追溯；通过工业互联网平台、标识解析等实现物资装备全生命周期追溯与上下游数据互通，实现物料追溯与管控，基于设备运行参数及智能模型，提供设备预测性维护、性能优化、能效管理等增值服务，推动设备供应商从卖产品向卖服务转型。

(3) 工程建设环节：核心需求为建设“进度可控、质量可溯、安全可防、数字交付”的工程施工建设新模式。利用物联网、BIM、人工智能、GIS 等技术，构建施工建设全过程数字孪生模型，实时映射施工进度、施工状态、施工质量，实现设计、采购、施工、监理等多方的数据共享与协同作业，实现工程进度可视化管控、物资精细化管理调度；强化作业安全管控，基于 AI 视频识别、无人机巡检、人员定位等技术，实时监控施工现场安全风险，实现早期预警与快速处置，提升施工安全水平；推动工程建设与生产运行环节协同，实现工程建设全数字化交付。

(4) 生产运行环节：核心需求为实现管道、场站、油库等储运设施的安全高效运行、智能调度优化与风险精准防控，实现少人化、无人化、

智能化的智慧生产。对储运系统关键生产设备进行智能化改造，实现状态智能感知与实时预警；依托 AI 等智能算法模型，结合设备状态、运行参数等信息，实现故障智能诊断、预测性维护等；基于上下游供给与需求动态、设备状态等多维数据，实现工艺参数自适应优化、管网动态平衡与智能调度，降低能耗和运营成本；强化能碳全流程管控，实现碳足迹全链条追踪与能碳优化；建设安全生产全要素、立体化监测预警体系，实现风险提前预警、智能应急支持，提升风险主动防控水平与应急指挥能力。

(5) 经营管理环节：核心需求为实现数据驱动的科学决策与全产业链协同，最终推动全产业链转型升级。通过顶层战略规划，对油气输送全产业链进行优化，对生产、销售、财务、供应链、生产等多环节数据进行整合，及时发现产供储销链条瓶颈，组织上中下游发挥各自功效，为企业决策提供全面支撑，如通过供需变化、价格波动等信息，优化投资与战略决策；推动供应链智能化协同，通过工业互联网平台、标识解析等实现上下游企业信息共享与业务联动，实现物流优化、供需对接、采购优化、远程运维等，推动上游进行柔性制造、产品升级，下游进行生产经营优化等。

2. 提升核心竞争力与拓展企业增值服务空间

(1) 企业增值服务空间拓展需求：油气储运企业需立足油气储运业务，以高端化、智能化、绿色化、融合化为主线，拓展企业增值服务空间。一方面通过氢气、二氧化碳、甲醇、氨等新型能源管输技术研发，拓展多介质灵活储运新业态，构建“油、气、氢、氨、醇”多能互补的输送网络。另一方面发挥行业数据价值，打造行业高质量数据集，开发行业垂类模型

与工业智能体，二者共同支撑企业从单一油气运输商向世界一流智能化能源网络基础设施运营商转型。

(2) 科技创新需求：需以科技创新引领管道行业发展范式变革。推动行业从“钢制管道+流体力学”向“互联管网+系统工程”和“能量平台+人工智能”转变，从管网系统角度实现系统安全高效生产运营。通过工业互联网相关技术赋能管道新型材料研发、量子信息技术融合应用、天然气管网优化、减阻增输、氢能等多介质灵活输运、含水层储能、“人工智能+管网”等重点方向研发攻关，推动未来产业布局，引领产业结构优化升级，增强产业链创新能力与竞争力，推动行业高端化、智能化、绿色化发展与转型升级。

(六) 融合创新功能框架

1. 融合创新应用总体架构设计

工业互联网作为新一代信息技术与工业经济深度融合的全新工业生态、关键基础设施和新型应用模式，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。

国家能源局提出“十五五”期间基本形成“供应能力持续增强、管网输配高效衔接、储备调节灵活可控、生产方式绿色低碳、国际合作多元可靠”的现代油气产业体系。工业互联网与油气储运行业深度融合，需要从以下六个层级重点构建五个方面的关键能力。

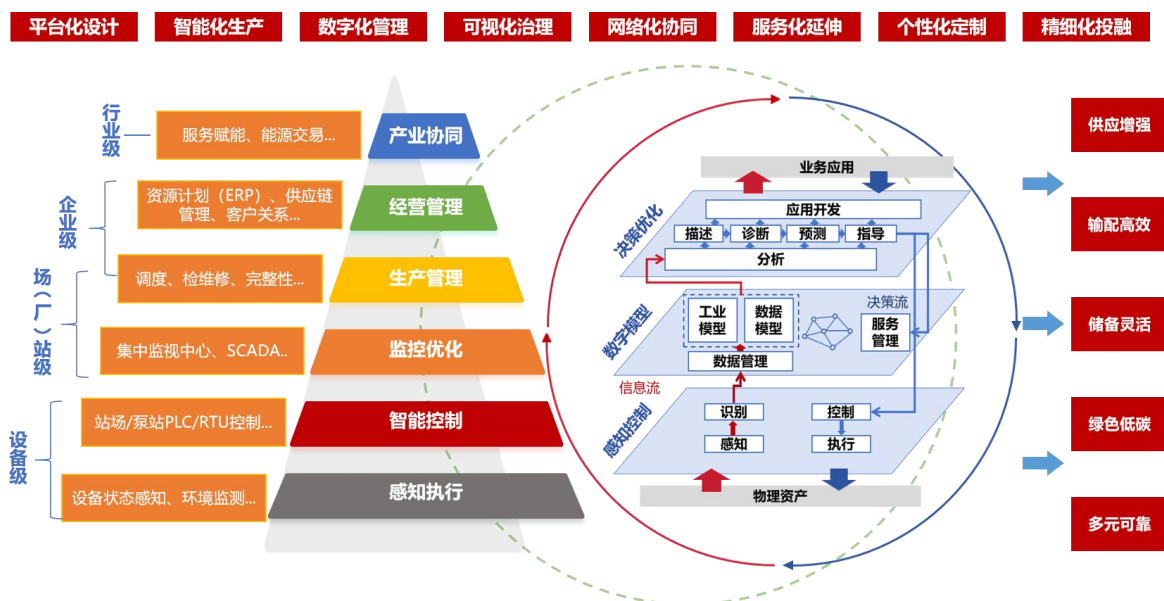


图 2-1 融合应用总体架构

一是**泛在感知**。在感知执行层，通过部署智能传感器、光纤、环境监测等设备，普遍覆盖管道压力、温度、流量、泄漏监测、腐蚀状态、设备振动及周边的地质与环境变化等多维数据，实现从储罐、泵、阀门、压缩机到长输管线全节点的实时状态监控与风险预警，形成“全域、全时、全要素”的感知网络，为安全预警与精细管理奠定数据基础。

二是**网络互联**。在感知执行层以上，通过整合工业有线、工业无线、光纤、广域网、卫星网络等相关网络，实现分层级工业设备、控制系统等工厂内要素的高可靠、低时延连接，以及工厂内与工厂外通信网络的信息互联。通过 CT 融合 OT 与 IT 系统，支持多源异构数据的实时汇聚与远程指令下达，构建覆盖综合场景的一体化通信架构。

三是**智能调控**。在智能控制层，基于实时工况数据、历史数据和优化算法，开发轻量化智能调控模型，实现输送压力、流量、温度及设备运行的自主优化控制，通过预测调节、自适应 PID 控制、管网水力仿真与智能压缩机调度，动态平衡供需波动，快速响应泄漏或堵塞等异常工况，提升

输送效率与稳定性，降低能耗与设备损耗，实现从人工经验决策向“感知—分析—自执行（人工辅助）”的闭环控制升级。

四是全局优化。在监控优化、生产管理、经营管理层，结合生产计划、库存动态、市场供需与管道运能，通过数字孪生、运筹学与大数据分析，实现储运系统生产管理、经营管理全链条的协同优化，包括但不限于日常生产经营管理、管网路径规划、多品种介质顺序输送、储罐库存平衡、能耗与碳排放综合分析等，在保障安全供应前提下，提升资源利用率、降低运营成本，并支持碳足迹追踪与绿色运营策略制定。

五是产业协同。在产业协同层，通过打通上游开采、中游储运、下游销售及应急管理部门的数据链路，构建跨企业、跨区域的业务协作模式，支持多主体调配指令协同、安全应急资源联动调度、跨境供应链可视化等功能，通过区块链存证、智能合约等技术，提升产业链响应敏捷性，建设一体化应急体系，增强产业链韧性与综合竞争力。

通过以上五个能力构建，形成工业互联网在油气储运行业的创新应用，推动工业化和信息化在更广范围、更深程度、更高水平上深度融合，形成以油气储运行业场景为引领的行业数智化转型新范式，培育产业融合发展新优势。

2. 融合创新应用实施架构设计

工业互联网融合创新应用的实施架构总体分为设备层、场（厂）站层、企业层和行业层四个层级，围绕“网络是基础、标识是身份、平台是中枢、数据是要素、安全是保障”五大体系定位进行设计，推动企业能力提升。

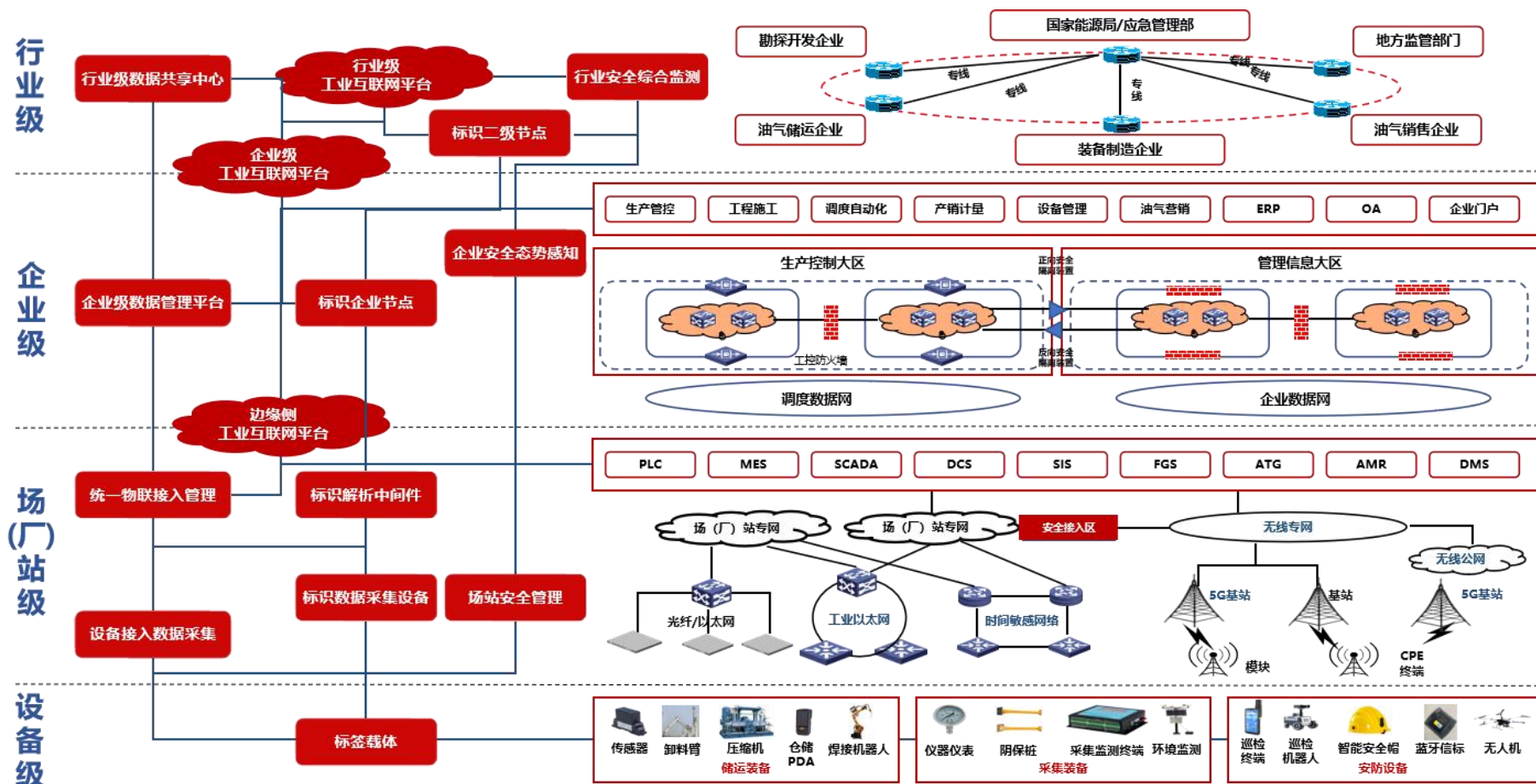


图 2-2 油气储运行业工业互联网融合创新实施架构

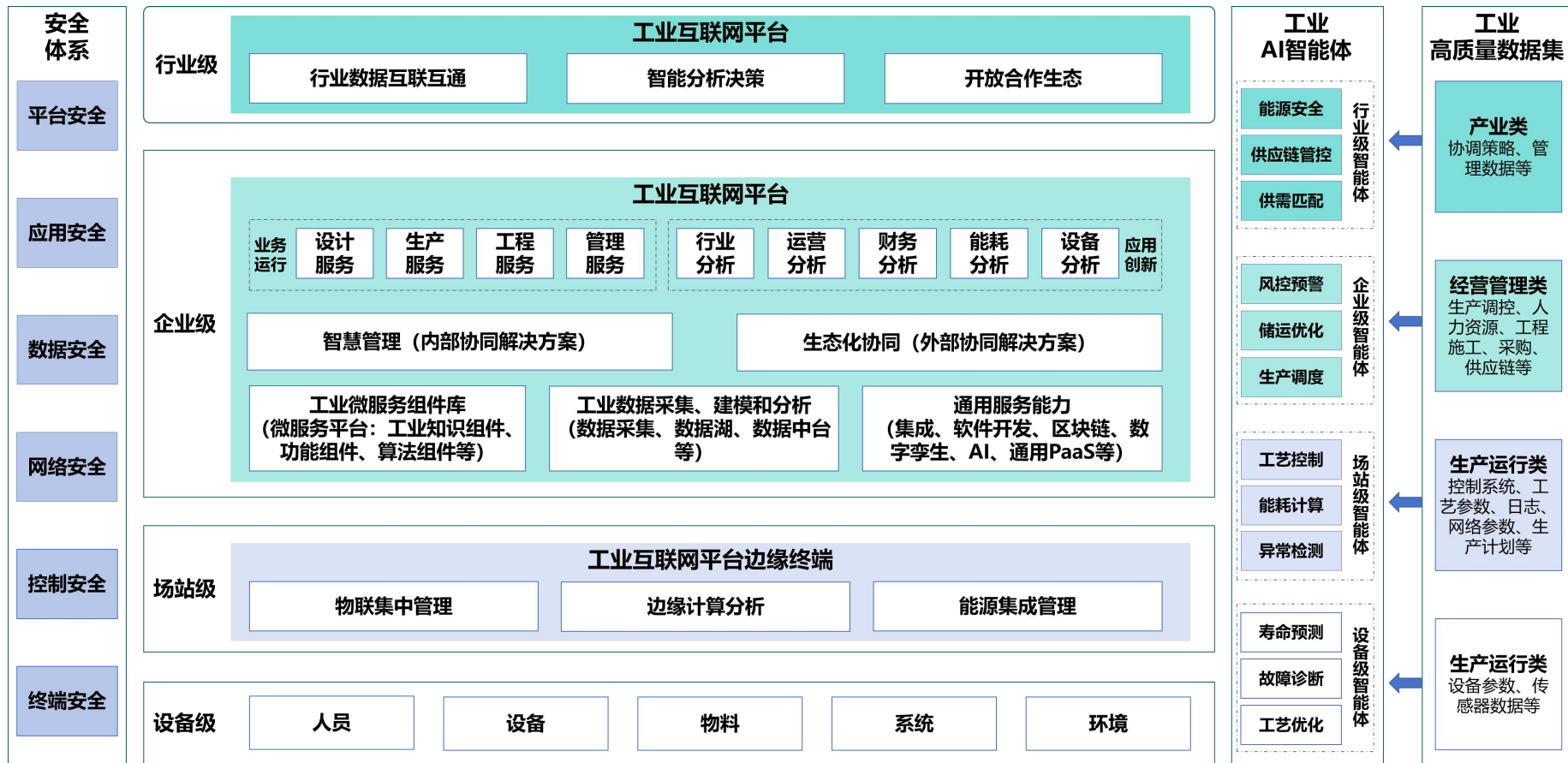


图 2-3 油气储运行业工业互联网平台应用架构

一是设备级由各类设备、仪器仪表、传感器、控制器等装置及相关系统组成。在设备层部署工业互联网边缘设备，重点是围绕生产人员、原材料、环境及虚拟资源，开展高质量、高频率数据采集，构建设备感知高质量数据集，实现设备运行、环境状态等数据的精准留存；部署设备级 AI 智能体，依托高质量数据集提升设备终端感知能力，优化数据接入效率，同时依托标识载体，将生产设备、环境、关键数据等各元素与工业互联网标识体系贯通，实现设备状态智能监测、异常提前预警。此外，设备层工业互联网安全应重点关注设备安全和控制安全，保障设备级数据集与 AI 智能体的接入安全。

二是场（厂）站级由边缘系统、生产控制系统、数据采集监控系统等各类功能系统组成。在场站层部署工业互联网，重点是通过先进网络、边缘计算等技术，大幅提升场站数据采集与传输能力，同步构建场站级场景化高质量数据集，对采集的数据进行预处理、标注，涵盖生产管控、设备运行、能耗监测等场景；部署边缘 AI 智能体，依托高质量数据集开展工业协议转换、数据集成优化，支撑机器视觉检测、装备健康诊断、能耗监测预警等低时延、高可靠的边缘智能应用，为场站生产管控提供实时智能支撑。此外，场站层工业互联网安全应重点关注控制安全、网络安全和边缘应用安全，保障边缘侧高质量数据集与 AI 智能体的运行安全。

三是企业级由企业资源管理、产品全生命周期管理、资产完整性管理等各类业务系统组成。在企业层部署工业互联网，重点是通过集成化平台、广覆盖网络等方式实施，整合企业内部各业务系统数据，构建企业级高质量数据集，统一数据标准与格式，支撑业务协同与智能决策；部署企业级

AI 智能体，结合人工智能技术，依托高质量数据集优化业务流程流转效率，提升企业经营决策智能化水平，同时结合工业互联网标识解析、大数据分析技术，开展产品全生命周期质量追溯与智能分析。此外，企业层工业互联网安全应重点关注各业务系统交互时的数据安全、网络安全及企业应用安全，保障高质量数据集隐私与 AI 智能体稳定运行。

四是行业级由服务油气储运行业上下游企业及行业监督管理部门的信息系统或平台组成。在行业层部署工业互联网，重点是通过跨企业的网络连接与行业协同平台应用，整合全行业上下游数据，构建行业级高质量数据集，涵盖供应链、能源安全管控、运维调度等核心领域，实现数据标准化整合与共享；同步部署行业级 AI 智能体，依托高质量数据集开展全局性数据分析，实现全行业供应链资源优化配置、行业安全态势智能研判，提升跨企业跨区域的数据互联互通效率。此外，行业层工业互联网安全应重点关注全行业网络安全态势感知能力，加强对跨企业系统的数据安全防护能力，保障高质量数据集与 AI 智能体运行安全。

第三章 融合应用场景图谱

工业互联网与油气储运行业融合创新了平台化设计、智能化生产、数字化管理、可视化治理、网络化协同、服务化延伸、个性化定制、精细化投融 8 种创新应用模式，覆盖 36 大类，91 项具体细项场景。

（一）平台化设计

油气储运行业企业利用工业互联网平台的技术架构和理念，对储运设施（包括管道、储罐、泵站、压缩机站、储油库、储气库、LNG 接收站、码头、装备制造等）进行系统性、集成化、智能化和协同化的重构和优化，支持跨地域、跨组织、跨专业的协同设计与优化，并赋能基于数据和智能模型的各类创新应用，实现全要素连接与数据融合、基于平台的设计协同与优化、平台应用赋能及全生命周期管理及闭环优化等，提升油气储运系统设计效率、支撑设施在后续建设和运营中更安全、更经济、更环保和更智能。

1. 站场（库）数字化规划设计

该场景是指对储油库、储气库、LNG 接收站等储运站场或库区进行整体规划、设计与优化的综合性过程，核心涵盖核心工艺流程（如储油库油品装卸、储存、脱水沉降、外输，LNG 接收站卸船、储存、气化、增压外输等）设计、设施布局设计及公用辅助工程设计，旨在通过集成数据、模拟和协同工具，提升项目从概念到运营的全设计流程效率与质量。关键指标包括设计效率（如设计周期、设计返工率和协同设计在线率）、设计质量（如设计错误数量、方案模拟验证通过率和标准化设备复用率、工艺流程设计合规率）、设计成本（如预计施工阶段变更成本降低率、全生命周



图 3-1 工业互联网与油气储运行业融合应用场景总览

期成本优化预估)以及数智化程度(如新型优化设计方案生成数量、设计数据向采购及施工传递比例和数字化交付成果完整度)等。

主要面临数据孤岛与知识传承断层、多专业协同难,尤其是工艺流程设计与设施布局、公用工程设计协同不足;设计与采购、施工及运营环节脱节;方案验证过度依赖经验判断,工艺流程仿真不精准,易导致流程衔接不畅等核心痛点,进而造成设计错误率高、设计方案迭代周期长、数据应用不足、后期运维成本高等问题。

解决方案是通过构建工业互联网驱动的云设计平台,提供四大核心能力:一是提供统一数字底座与知识复用服务,打破数据壁垒并沉淀设计经验,整合工艺流程相关多源数据,支撑流程设计优化;二是多专业在线协同设计与实时碰撞检查,实现工艺流程、设施布局、公用工程跨专业数据实时同步与冲突预警;三是数字孪生仿真验证,通过虚拟映射还原工艺流程全场景,提前验证流程衔接合理性、参数适配性及方案可行性;四是基于运营数据的逆向优化,形成设计—运营—反馈的闭环,持续优化工艺流程参数。同时融合 AI 技术赋能智能参数化设计(提升建模效率)、智能审图与规范核查(降低人为疏漏,保障工艺流程合规)、仿真代理预测(加速工艺流程方案迭代)、生成式设计优化(探索工艺流程最优路径与参数组合),有效提升设计准确性、本质安全水平和全生命周期价值。

2. 线路数字化规划设计

该场景是指油气储运行业中针对长距离输送管道路由选择与方案优化的综合性数字技术集成应用,其核心在于通过多源数据集成与智能算法,实现线路规划的高效性、安全性与经济性,该场景聚焦的关键指标主

要包括设计效率（如方案生成与比选耗时、设计周期缩短率、外业踏勘工作量减少比例）、设计质量（如方案合规率、单公里预估投资成本、高风险区段长度占比）、协同与知识（如数据复用率、设计变更次数）；价值实现（如全生命周期成本优化率、预估施工成本降低率）等方面。

该场景面临四大核心痛点：一是数据碎片化严重，地形、地质等多源异构信息难以有效融合；二是选线决策依赖人工经验，导致效率低下且人为主观性强；三是合规性审查环节滞后，易引发方案反复修改；四是设计与施工运维环节协同不足，难以形成全流程闭环。

解决方案是构建工业互联网一体化云平台，通过多源异构数据融合形成“一张图”空间数字底座，深度融合 AI 能力以实现两大核心功能：一是智能优化选线，例如利用生成式 AI 算法探索创新型路由方案；二是结合政务管控数据（国土规划生态红线、基本农田等）通过规则引擎与 AI 模型自动校验方案合规性。借助数字孪生技术与智能预测模型（如 AI 地质风险识别、施工资源模拟），对管道线路规划、建设、运维全生命周期进行仿真推演与动态优化，最终实现源头风险规避、设计与施工效率提升、全生命周期价值最大化的目标。

3. 地下储气库数字化规划设计

该场景是指围绕地下储气库（含盐穴、枯竭气藏等类型）选址、钻井、储层改造、注采井设计、安全监测系统布局等全设计流程，构建储库全生命周期数字化设计体系，衔接后期施工、运维环节，保障设计方案科学、安全、经济且适配实际工况。关键指标包括：选址准确率、储层参数设计精度、钻井轨迹符合率、注采工艺优化率、安全风险预判准确率、设计方

案复用率、设计周期缩短率、数字化模型与实际工况契合度、投资估算偏差率。

目前存在的问题包括地下储气库储层地质条件复杂，地质、储层、周边环境等多源数据碎片化，难以融合支撑设计；设计依赖人工经验与传统勘察，选址、钻井轨迹等方案优化不足，精度偏低；安全风险预判滞后，储层坍塌、气体泄漏等潜在风险难以提前识别；数字化设计与施工、运维脱节，全生命周期协同不足，设计方案落地难度大、调整频繁。

解决方案是构建地下储气库数字化设计平台，整合地质勘察、储层监测、周边管线及生态敏感区等多源数据，搭建统一数字化设计底座，实现设计全流程线上协同。通过机器学习算法分析地质雷达、测井等数据，构建高精度储层数字孪生模型，精准预测储层参数与演化趋势，支撑选址与储层改造方案优化；通过深度学习模型识别储层坍塌、气体泄漏等潜在安全风险，提前预警并优化安全监测布局；借助 AI 对比分析设计方案与施工、运维数据，动态调整设计参数，实现全生命周期协同。

4. 油储设备数字化设计

该场景是指针对储罐、LNG 储槽、泵与压缩机等关键设备，以及配套自动化设备（如自动化检测设备、泵阀自动化控制装备、智能计量设备）、智能装备（如智能监控传感器、自动化运维装备、智能预警装备），利用数字技术进行从概念设计、详细设计到运维适配全过程精细化的设计与创新开发，核心是实现关键设备与自动化、智能装备的协同设计，提升设备整体智能化水平与全生命周期适配性。关键指标包括设计效率方面的设计周期缩短比例与标准化组件复用率、设计质量方面的多专业碰撞数量与仿

真实测误差率、运维协同方面的设计需求中运维反馈占比、创新方面的新产品研发成功率与虚拟验证替代物理试验比例，新增自动化设备集成兼容性、智能装备设计适配率、智能监控装备设计精度。

当前该场景面临设计与运维数据割裂导致设备可维护性不足；多学科协同工具独立引发设计碰撞与返工，且关键设备与自动化设备、智能装备设计脱节，集成兼容性差；成熟设计经验未能有效沉淀为可复用知识资产，自动化、智能装备相关设计经验匮乏；物理样机验证导致创新周期长与成本高，智能装备虚拟验证覆盖率低等核心问题。

解决方案是构建工业互联网一体化产品创新平台，打通运维数据实现反向设计优化，建立多学科协同环境与参数化组件库（含关键设备、自动化设备、智能装备标准化组件），提升设计效率与一致性。同时深度融合AI能力，实现智能生成式结构设计（含智能装备结构适配设计）、利用仿真代理模型秒级预测设备及自动化装备性能、基于运行数据智能优化下一代设备与配套智能装备，通过智能合规审查自动核查设计规范。同步搭建自动化设备、智能装备与关键设备的协同仿真环境，验证集成兼容性，在虚拟环境中充分验证与迭代，全面提升设备、自动化设备及智能装备的可靠性、可维护性，加速产品创新与智能化升级。

（二）智能化生产

油气储运行业企业基于工业互联网平台，深度融合物联网、大数据等新一代信息技术，对油气储运全流程（接收、储存、输送等）进行实时感知、智能分析、自主决策和动态优化，实现生产运营的自动化、数字化、网络化、智能化升级，以数据为生产要素、以平台为神经中枢、以AI为

决策大脑，同时探索引入大模型技术与具体建设场景的融合，重构“感知—分析—决策—执行”闭环。其核心目标是提升运营效率、保障本质安全、降低能耗成本、优化资源配置。

本章节结构上采用了“通用应用场景”与“领域特色场景”的划分方式，这主要是基于油气储运行业各细分领域在调控运行、安全运维、环保管理等方面存在大量共通的业务流程与技术需求，这些内容按应用场景进行划分；每个细分领域又因其工艺、介质、环境、运营模式的独特性，衍生出专属技术与解决方案，这些内容按专业领域进行划分，以便读者精准、清晰地获取所需内容。

5. 工程施工

(1) 工程一体化管控

该场景是指工程建设中设计、采办及施工之间数据互联互通、资源共享和管理协同的相关业务活动，核心目标为实现工程建设管理规范化、协同化、一体化和智能化。其关键指标涵盖三类：项目计划建成完成率、可研完成率、核准完成率、投资计划完成率、集约化采购率、项目物资供应保障率；HSE 问题整改率、质量问题整改率、焊口无损检测一次合格率；业务流程数字化承载率、制度流程遵从率、工程文档报验及时率、工程数据采集及时率、周报报送及时率、数据拉通共享数量、数据共享及时率；

当前该场景存在突出重点：一是数据链条不畅通，设计、采办、施工等阶段数据分散存储，数据递延共享渠道不畅通。二是一体化协同管控机制缺失和配套数字化平台赋能不够深入，业主、设计、施工等多方缺乏统一好用的协同平台实现各阶段进度、质量、安全等管理要素的跨主体协同

管理和业务数据集中共享。三是实体、人机具和业务过程的全要素数字化程度不够，实现一体化协同管控高质量数据支撑不足，同时数据自动化采集率较低。四是数据驱动精准决策水平有待提升。

解决方案为基于工业互联网构建“统一数字平台、协同一体管控、全要素数字化、数智决策大脑”的工程一体化管控平台，同时深度融合 AI 技术实现全维度提升：通过统一业务流程、技术标准、数据标准，构建统一数字平台底座，嵌入数据安全共享机制（含权限分级、加密传输、操作溯源），接收设计、采办数据，并与施工、验收数据关联、对齐，同时整合业务数据并与实体挂接，利用标识解析等技术手段实现设计、采办、施工、验收全环节的数据全面贯通、安全共享与一体化协同管理。依托工程一体化管控平台，以计划任务为主线，实现工程施工全过程的风险管理、进度管理、质量管理、HSE 管理、费用管理、资源管理和变更管理。利用智能化施工设备和新一代信息技术来改变管道项目施工现场工作方式和管理模式，提高施工效率和质量，实现工程现场“人、机、料、法、环”的全面动态感知。强化 AI 赋能，借助 AI 大模型构建“数智大脑”，搭建安全状态智能识别、质量验收智能检查、工程量智能测量、不符合项智能预警等系列智能化场景模型，支撑快速决策和执行操作，为工程建设项目管理提供创新驱动力。

（2）数字化交付

该场景是指围绕油气储运工程全生命周期工程管理核心环节，以工程实体全要素数字化复刻为基础，将工程建设阶段（设计、采购、施工、验收、调试）产生的物理信息、技术信息、管理信息转化为标准化、结构化、

可交互、可溯源的数字化数据资产，通过统一的数字化交付平台/载体，实现工程数据从建设端（设计、施工、采购等参建单位）向运营端（业主/运维单位）的完整、准确、高效、可复用移交，为智能运营奠定数字基础。其关键指标涵盖四类：数据质量指标包括数据交付完整率、数据准确率、模型与 P&ID 关联性一致性、模型与实体一致性符合率；过程效率指标包含实体对象属性完整性一次性通过率、资料交付周期缩短率、人工数据整理成本下降率；交付物价值指标涵盖结构化数据占比、可直接导入运营系统的数据比例、交付物检索效率；合规性指标包括实体对象属性合规性一次性通过率、数据交付验收一次通过率。

该场景主要业务需求及痛点包括：一是数据分散难管理，建设期海量数据分散于各参建方，格式不一且移交困难，需实现多源数据的统一标准；二是部分数据交付难，如纸质交付物无法被运营系统直接利用，形成“数据孤岛”，需实现各类数据的全数字化；三是资料整理低效，竣工资料耗时耗力，与实体资产关联性差，检索追溯不便，需实现各类工程数据资料的有效关联与高效整合。

解决方案以“一套标准、一个平台、一座数字孪生体”为核心，深度融合 AI 技术实现全维度提升：其一，建立统一标准与协同平台，制定以 CFIHOS 为基础的交付规范，搭建协同平台统一参建方数据创建与审核流程；其二，构建三维关联模型，以智能 P&ID 和三维设计模型为核心，AI 机器学习算法自动关联设备属性、文档与模型元件，形成“数字孪生工厂”；其三，强化结构化管理与智能校验，平台内置规则引擎，AI 自动检查数据完整性与合规性，NLP 与 OCR 技术将非结构化文档转化为结构化数据；

其四，实现数字化移交与全生命周期管理，竣工时交付验证后的数字化资产库，无缝对接 ERP、EAM 等运营系统，AI 知识图谱构建资产关联关系，支撑智能检索与管理。

（3）智慧工地

该场景是指适配油气储运工程施工建设全流程管理需求，构建覆盖工地人员、施工设备、物料、质量、安全、进度、环境、工序协同的全要素数字化感知与一体化管控的业务活动。其关键指标涵盖三类：工程实体数据指标包含各类工程实体数据自动化采集覆盖率、工程实体数据自动采集准确率、实体缺陷自动识别准确率；资源要素指标包含人员状态自动检测率、人员资质智能识别覆盖率、机具设备状态自动检测率、施工环境数据自动监测覆盖率；项目管理指标包括关键工序进度自动更新率，进度阶段偏差自动识别率、成本偏差识别率、外协征地边界自动识别准确率、质量检测数据自动采集率、危险行为自动识别准确率、安全隐患自动闭环率等。

该场景存在业务需求及痛点包括：一是人、机、料、法、环等施工要素难以实现全面感知；二是精细化安全风险管控难落实，部分场景管控难度大；三是多源数据协同存在壁垒，协同效率有待进一步提升；四是决策支撑不足，进度、质量、成本等全流程业务数据未能充分融合与挖掘。

解决方案以构建“感、知、管、控”一体的智慧工地平台为核心，深度融合 AI 技术实现全维度提升：其一，构建全域感知与数字孪生体，部署 UWB 定位、AI 摄像头、设备物联网终端等 IoT 设备，实时采集人员、机械（运行状态、作业进度）、环境等数据，与 BIM 模型、施工进度计划融合构建工地数字孪生体，实现物理与数字空间实时映射，支持施工设备

负载均衡与协同调度；其二，开展 AI 主动防控，计算机视觉算法实时分析视频流，自动识别未戴安全帽、闯入危险区等危险行为，分析焊接工况数据提前预警焊接缺陷；其三，强化协同管理与闭环控制，工程实体和资源的感知采集数据与进度、质量等项目管理要素深度融合，基于感知数据自动生成相应进度周报、风险隐患清单等管理报表，形成“数据采集—问题识别—指令下达—整改落实—复查销项”管理闭环机制。其四，实现数据驱动决策，大数据分析实时监控项目 SPI、CPI 等指标，AI 时序预测模型预判工期与成本风险，运筹优化算法提升项目科学决策水平。

（4）管道焊接与环焊缝检测

该场景是油气储运工程中，涵盖管道自动化焊接施工与焊后环焊缝智能检测的一体化业务活动，贯穿管道焊接全流程，核心是通过技术融合实现焊接质量与检测效率的双重提升，保障油气管道工程安全稳定。其关键指标整合焊接与检测全环节，包括质量类（焊口一次合格率、焊缝外观成形合格率、缺陷识别准确率、误报率）、效率类（焊接速度、设备有效作业率、评片效率）、稳定性与管理类（工艺参数波动范围、自适应调整成功率、问题闭环时间、质量追溯时间）及成本类（焊材消耗率、综合焊接成本下降率）。

该场景主要面临全流程协同不足的痛点，焊接环节依赖人工设定参数，难以自适应坡口误差等工况变化，且焊接过程数据未实时采集；检测环节数据海量，依赖人工评片导致效率低、一致性差；同时，焊接工艺参数与环焊缝检测结果缺乏有效关联，致使质量根因追溯困难，历史焊接与检测数据的价值未充分挖掘，整体形成“焊接与检测脱节”的管理困境。

解决方案是构建“焊接-检测-追溯-优化”全流程智能闭环体系，以焊口唯一身份标识为核心，集成工业互联网、AI 等技术，实现焊接与检测数据的全要素关联。在焊接环节通过智能焊接机器人与全过程数据感知，结合计算机视觉跟踪、强化学习算法，自主优化焊接参数、自适应工况变化；在检测环节应用深度学习模型自动识别与量化环焊缝缺陷，借助机器学习预测焊接质量；同时，通过关联规则挖掘，融合焊接参数与检测数据，精准分析缺陷根因，最终形成从智能焊接、智能检测到预防性决策的完整闭环，全面提升焊接质量一致性、检测效率及工程质量追溯与项目管理水平。

（5）工程质量控制

该场景是指覆盖设计阶段的图纸合规性审核、工艺方案质量论证，采购阶段的核心设备材料进场检验与质量溯源，施工阶段的焊接、防腐、管道组对、设备安装、预应力张拉与锚固等关键工序的过程质量管控与实时检测，验收阶段工程验收与质量验证，以及生产阶段的质量隐患排查、问题闭环整改、质量问题全链追溯等全流程质量管理内容。其关键指标分为四类：工序质量（焊口无损检测一次合格率、防腐层质量达标率、设备安装精度达标率、预应力张拉达标率）；检测管控效能（关键工序检测覆盖率、检测数据准确率、缺陷识别及时率）；质量追溯管理（材料设备质量证明匹配率、施工过程记录规范率、质量问题溯源完成率）；长效质量管控（质量问题整改率、质量风险预警准确率以及预应力预警准确率）。

工程质量管控主要需求及痛点包括一是管控被动滞后，依赖事后抽检，关键工序质量难实时掌握，隐蔽工程隐患易遗漏；二是质量数据分散，

各参建主体数据不联动，无法形成全流程数据链，支撑系统性分析不足；三是材料设备溯源断裂，施工记录多为纸质存档，质量问题难定位根源与责任主体；四是风险预判薄弱，缺乏智能模型，依赖人工经验，管控主动性不足。

解决方案以“全流程智能质控”为核心，深度融合 AI 技术实现全维度提升，一是构建全场景质量感知网络，在焊接工位、防腐作业区、设备安装现场等关键区域，部署 IoT 传感设备、高清摄像头、便携式无损检测仪器、预应力传感器，实时采集焊缝参数、防腐层厚度、安装偏差、预应力等数据，同步留存施工过程影像，形成“数据+影像”双维度质量采集体系；二是构建质量数据智能管控中台，整合设计图纸、无损检测数据、材料检验报告、施工工艺参数、环境监测数据等多源质量信息，建立统一数据标准，打通各环节数据壁垒；三是完善全生命周期追溯与改进机制，利用工业互联网标识体系构建“一物一码”体系，实现材料设备“采购—入库—使用—验收”全链条溯源，确保质量问题可查、可追、可究；四是建立智能检测与分析体系，运用 AI 图像识别算法自动分析焊缝 X 光片、防腐层检测影像，精准识别裂纹、气泡、漏涂等质量缺陷，通过大数据分析关联材料质量、施工工艺参数、环境条件、腐蚀趋势、质量结果，挖掘影响质量的核心因素，为工艺优化提供数据支撑。

6. 装备制造领域

(1) 物料全过程追溯

该场景是指通过唯一标识与物联技术，对钢板、焊材、阀门芯体、压缩机转子等原材料、零部件、半成品及成品在生产流通各环节的状态、位

置与质量数据进行实时采集与可视化管理,构建贯穿供应链的全流程数字孪生体,其关键指标包括数据采集与接入指标(如数据采集实时性、全环节数据采集覆盖率)、追溯准确度与颗粒度(如物料追溯信息一致性、可追溯物料粒度)、追溯效率(跨环节协同效率、追溯响应时间)以及成本降低指标(如质量损失成本降低率)等。

当前该场景面临信息孤岛导致数据难以形成完整追溯链,标识不统一造成采集效率低且错误率高,质量问题追溯依赖人工而耗时漫长,以及追溯数据价值未充分挖掘等核心问题。解决方案是通过工业互联网构建物料智能追溯体系,通过对物料进行唯一身份标识编码,打通 ERP、MES、WMS、QMS 等系统数据壁垒,构建覆盖物料采购入库、生产领用、加工流转、成品装配出库至售后运维的全生命周期追溯体系,通过物联网等技术方式实时采集物料基础信息、流转状态、加工工艺参数、质量检测数据等内容,并与物料标识深度绑定,实现供应商、生产、质检、仓储、客户多主体的追溯数据互通,并结合区块链技术实现关键过程数据可信存证,并建立一键精准追溯机制快速定位问题根源,实现质量缺陷快速溯源。同时,衔接装备焊接、装配等制造环节的智能化管控与售后运维追溯环节,并深度融合 AI 算法、大数据分析等技术,实现物料异常智能预警、物料管控风险预测等,实现物料管控全流程智能化管理。

(2) 焊接加工装配

该场景是指在钢管、管件、阀门等油气储运材料或核心设备产品加工制造过程中通过集成工业机器人、高精度数控机床、智能传感和控制系统等实现加工工艺全自动执行的先进制造模式,其关键指标涵盖质量方面的

一次合格率与缺陷率、效率方面的设备综合效率与单位加工耗时、工艺方面的参数自适应调整响应时间以及成本方面的产品返修率与耗材损耗率等。

该场景主要面临焊接、调型、加工等工艺参数管控难度大、依赖人工经验而导致质量不稳定，焊接机器人、加工机床等设备孤立运行造成协同效率低下，以及工艺参数与检测结果关联弱致使质量追溯与根因定位困难等核心问题。

解决方案为构建基于工业互联网的产品焊接装配平台，对数控加工设备、智能焊接设备、成型/热处理设备、数控切割设备、工业机器人等核心生产设备部署智能传感器或 PLC 数据接口，实时采集焊接参数、切削参数、定型参数、加工参数、振动频率、防腐参数等重点生产数据，并传输至工业互联网平台，通过构建智能焊接优化模型、智能调型数据库、产品数字孪生体等模型及算法体系，实现成型压力、焊接参数等产品加工制造工艺参数的动态校准与自适应优化，保障产品强度、韧性等质量性能指标的同时，减少产品缺陷等质量问题。

(3) 产品质量检测

该场景是指利用集成化传感设备和智能分析技术对钢管、阀门、压缩机等油气储运装备产品进行全覆盖、高精度的质量检测与分析，以确保产品精度、识别产品缺陷。其关键指标涵盖检测效能指标（如检测耗时降低率、数据采集自动化率）、识别精度指标（如缺陷检出率与误报率）等。

当前该场景主要面临人工质检效率低下且评判标准不一、误报率高，缺陷定位定量定性困难且依赖主观经验，检测数据与设计制造数据割裂阻碍根因分析与质量追溯等核心问题。

解决方案是依托工业互联网构建的智能检测分析系统与相控阵超声探伤仪、三维激光扫描仪等高精度检测设备进行连接，实现产品自动化扫描检测。通过实时采集焊缝影像等质检数据，并利用视觉大模型等 AI 技术实现焊缝缺陷（如裂纹、气孔、未熔合）、热处理缺陷、成型加工缺陷、防腐层缺陷等质量问题的快速、准确识别与精准定位。

7. 调控运行

(1) 运行计划

该场景是指企业为应对动态市场环境、保障稳定供应与追求经济效益最优，对油气资源在管道、储罐及附属设施中的流动进行前瞻性编排、动态调整与多环节协同优化的核心业务流程。该场景聚焦于解决“何时、何地、输送何种介质、多少量”的核心调度问题，旨在实现产、运、储、销的一体化协同，其关键衡量指标包括计划与调度层面的计划执行率、调度指令响应时间、批次计划达成率，以及库存与运营层面的库存周转率、管输效率和交付准时率。

当前该业务面临数据分散在各环节导致难以全局分析、计划依赖人工经验难以快速响应市场与管网变化、缺少对库存与设备能力的精准预测与协同优化手段等多重挑战，导致调度响应滞后、运行成本增高。

解决方案是构建基于工业互联网的一体化计划优化平台，通过数据集实现全流程透明化，并利用运筹优化与强化学习等算法，基于实时市场、

库存与设备数据自动生成并动态调整最优输送与排产方案。融合 AI 能力，利用时间序列模型预测供需平衡与油价波动来进行计划制定。运用数字孪生技术对调度方案进行模拟推演与评估，并通过 RPA 等技术实现计划报表与指令生成的自动化。从而驱动运行计划从经验驱动、被动响应向数据驱动、智能协同的业务新模式转变。

（2）运行实施

该场景是指统筹管网输送、储存调峰全流程，通过调度指令下达、运行状态监控、参数动态调整，实现油气安全、高效、经济输送的核心业务，核心是平衡供需、规避运行风险、优化输送效率。关键指标包括输送量达标率、压力/流量/温度稳定性、调度指令执行准确率及响应时间、能耗控制率、调峰满足率、非计划停输时长，其中输送量达标率和运行参数稳定性是核心管控指标，直接决定调控运行成效。

目前存在的问题包括调控多依赖人工经验下达指令，主观性强，易出现参数调整不及时、不合理情况；全流程运行数据分散，无法实现一体化监测调度；能耗优化缺乏精准支撑，应急调度响应滞后，难以快速应对管网波动、设备异常等突发情况。

解决方案是依托工业互联网搭建调控运行平台，整合管网、储罐、泵站等全流程运行数据，实现流量、压力、温度等参数实时采集、可视化监控，打破数据孤岛，实现全流程协同调控。运用 AI 算法构建调度优化模型，结合机器学习挖掘供需关系、运行参数与能耗的关联规律，自动生成最优调度方案，替代人工经验调度，精准调整运行参数，提升输送效率、降低能耗。同时，AI 构建智能预警与应急调度模型，实时监测运行异常，

提前推送预警信息，自动生成应急处置指令，缩短响应时间，快速应对突发情况；结合数字孪生技术模拟管网运行状态，预判调控风险，优化调度策略。

(3) 动态调峰

该场景是指企业为应对因季节、节假日及国际形势等因素导致的剧烈用气波动，综合利用管道自身储气、地下储气库、LNG 接收站等多种调峰资源，进行超前预测、协同优化与自适应调控，以确保管网安全、满足高峰需求并实现综合成本最优的核心运营活动。该场景的关键衡量指标涵盖调峰能力（如调峰保障率、负荷预测准确率）、经济性（如综合调峰成本、单位能耗）、响应效能（如指令响应时间、压力控制精度）以及安全性（如管网压力越线次数）。

当前主要面临供需预测依赖有限数据与人工经验，导致响应延迟且精准度低；对管网压力与多类调峰资源的协同优化能力不足，易引发供应短缺风险或调峰成本增加；缺少在极端情景下的快速模拟与预案生成能力。

解决方案是构建基于工业互联网的全域感知与智能决策体系，通过整合 SCADA、气象与用户数据实现全景感知与高精度负荷预测，并运用优化算法自动生成成本最优的多资源协同调度指令。融合 AI 能力，赋能管网流体仿真，利用深度学习模型实现短期负荷与管网压力的精准预测，应用强化学习算法求解复杂的多目标资源分配问题，借助数字孪生与 AI 代理进行海量策略的仿真与评估，并通过智能控制技术实现管网压力的自适应精细调节，从而推动动态调峰从依赖经验、响应滞后的传统模式向超前预测、自动优化与敏捷执行的新模式转变。

(4) 运行监测预警

该场景是指企业为保障管网与站场本质安全、实现预测性运维，对生产设备、工艺流程及外部环境进行全天候、多维度状态感知，并通过智能分析实现异常早期预警、故障精准诊断与风险主动管控的核心业务活动。该场景旨在构建一套“感知—分析—决策”的闭环管理体系，其关键衡量指标聚焦于预警准确性（如误报率、预警准确率、早期预警提前时间）、诊断效率（如平均故障诊断时间、根因分析准确率）及系统可靠性（如设备非计划停机时长、管网泄漏检测定位精度）。

当前该业务面临监测数据海量但有效信息提取困难；传统固定阈值报警导致“报警疲劳”与响应滞后；故障诊断高度依赖现场经验，缺少对性能衰退与隐性风险的早期预测能力。

解决方案是构建基于工业互联网的智能监测预警体系，通过全域数据融合治理，整合 SCADA、设备在线监测、视频 AI 等多源数据，构建统一数据模型；并基于机器学习建立动态报警阈值与异常模式识别能力，结合知识图谱实现关联报警归并与根因追溯。融合 AI 能力，利用计算机视觉与自然语言处理实现智能感知，应用无监督学习发现未知异常，通过构建融合机理与数据驱动的诊断知识图谱进行智能推理，并基于实时预警信息驱动运行参数优化，从而实现从被动、滞后的单点监控，向主动、精准的系统性健康管理转变。

(5) 工艺流程优化

该场景是指企业为实现安全、高效与经济运行，对站场及管网的工艺流程合规执行、运行参数全局协同、控制策略精准自适应进行系统性数字

化建模、仿真与闭环优化的核心业务活动。该场景旨在构建从知识沉淀、在线监控到智能决策与自动执行的完整能力闭环，其关键衡量指标涵盖流程合规性（如操作票执行正确率、SOP 偏离次数）、能效与经济性（如单位输量能耗、综合运行成本下降率）、控制品质与稳定性（如关键参数控制偏差、APC 投用率）以及系统安全与适应性（如参数超限次数、优化指令安全执行率）。

当前该业务面临工艺知识依赖纸质文件、离线电子文档与个人经验综合分析，变更管理滞后，操作标准化与合规性监控难；参数优化多为单点、静态调整，缺少全局协同与实时寻优方式，能效潜力未得到充分释放；控制策略依赖传统 PID，难以应对大滞后、多变量耦合的复杂工艺。

解决方案是构建基于工业互联网与数字孪生的智能优化体系，在流程管理层面，通过构建工艺数字孪生与电子操作票系统，实现知识的数字化、流程的标准化与操作的防误化，并可在线化变更管理流程；在参数优化层面，基于高保真数字孪生模型与全局协同优化算法，实时计算并下发系统能效最优的设备设定值组合，实现自适应与预测性优化；在工艺控制层面，部署多变量预测控制（MPC）、智能 PID 整定与柔性安全联锁，实现对复杂工艺的预测性、自适应协同控制，保障运行的平稳与弹性。融合 AI 能力，利用机器学习与强化学习进行智能建模、参数寻优与风险预测；通过知识图谱与 NLP 构建智能问答助手；应用数据驱动模型增强预测控制能力；并在数字孪生环境中利用 AI 代理进行策略仿真与自学习测试，从而驱动工艺流程从经验驱动、局部优化、被动控制向知识驱动、全局协同、预测性智能控制的新范式转变。

（6）顺序输送

该场景是指企业为在同一管道内高效、经济地交替输送多种油品及介质，通过高精度传感与数字孪生技术实现混油界面的实时追踪与精准预测，并运用智能算法对输送计划进行动态优化、对切割操作进行自动控制，旨在最小化混油损失、保障油品质量并实现整体效益最大化的精细化生产活动。该场景的关键衡量指标涵盖混油控制（如混油量、界面预测准确率）、运行效率（如批次准时率、单位输送能耗）、质量与经济（如油品合格率、总运营成本降低率）以及自动化水平（如混油切割自动化率、动态计划自动生成率）。

当前该业务面临传统经验模型难以精准预测混油界面，易导致切割不精确、油品损失与质量问题风险高；调度计划依赖人工制定与调整，无法快速响应管线波动与下游需求变化；难以在减少混油、降低能耗和保障交付等多目标间实现最优平衡。

解决方案是构建基于工业互联网的“数据驱动、实时优化”智能输送系统：通过部署高精度传感器与构建数字孪生模型，实现混油过程的毫米级高清感知与高保真仿真；利用机器学习算法为每条管线训练专属的混油预测模型，指导智能阀门实现混油头的精准自动切割；系统综合考虑多重约束，通过优化算法实时滚动生成并动态调整最优的批次调度计划；对切割下的混油进行全生命周期跟踪与价值最大化处理。融合 AI 能力，利用时序算法实现高精度界面预测；应用强化学习自主寻找全局最优的调度策略；通过深度学习分析声波/振动信号间接感知界面位置以提升系统可靠性；并基于实时预测结果自动调整设备参数，实现输送过程的动态最优控

制，从而将顺序输送从依赖经验、响应滞后、损失较大的传统模式转变为精准预测、动态优化、智能控制的价值创造新模式。

8. 运销计量

(1) 化验分析

该场景是指企业为确保贸易公平、规避质量风险，对管输或交接的油气产品（天然气气质、油品品质）进行全时、在线、可信的质量监测、分析与溯源的核心业务活动。该场景旨在构建从现场数据采集、异常预警到设备健康管理的闭环，其关键衡量指标涵盖数据质量（在线仪表数据有效率、区块链存证数据占比）、监测效能（气质超标预警准确率、预警提前时间）、合规与贸易（交接气质合格率、气质纠纷涉及金额）以及设备管理（分析仪表平均无故障时间、远程标定执行率）。

当前该业务面临传统人工取样化验周期长、数据滞后，无法实时反映气质动态；在线分析仪表数据孤立，其有效性与准确性难以自动核验，易引发贸易纠纷；同时，对烃露点等关键指标缺乏精准的超前预测与超标预警能力。

解决方案是构建基于工业互联网的“端-边-云”协同监测与可信体系，通过工业互联网平台集成多源仪表数据，并借助区块链技术实现关键数据的不可篡改存证，奠定可信贸易基础。体系通过设定标准进行实时比对，并融合统计过程控制（SPC）与机器学习模型实现智能预警与异常仪表识别。同时，为关键仪表建立数字孪生体，实现健康管理 with 预测性维护。当发生争议时，系统可快速进行多维数据关联回溯，辅助责任界定。融合 AI 能力，利用无监督学习与因果推断进行异常检测与根因分析；应用机

器学习模型预测仪表故障；通过神经网络算法实现关键指标的软测量预测；并借助 NLP 技术自动生成合规报告，从而推动化验分析从离线、被动、人工核验的传统模式，向在线、主动、智能可信的新模式转变。

（2）智能计量

该场景是指企业为保障贸易交接公平、控制商品损耗、确保业务连续性，对油气管输全过程中的贸易交接计量数据进行自动采集、集中管理、可信存证与主动预警的核心业务活动。该场景的关键衡量指标包括数据质量与效率（如数据自动采集率、报表自动生成率）、计量准确性（如计量系统综合误差率、仪表校准合格率）、仪表可靠性（如关键仪表平均无故障时间）以及贸易绩效（如计量纠纷次数与金额、商品损耗率）。

当前该业务面临计量数据分散于多个独立系统，依赖人工抄录与核对，效率低下且易出错；关键计量仪表（如流量计）的状态无法实时监控，性能衰退与故障发现滞后；发生贸易纠纷时，因缺乏全链条、不可篡改的数据证据链，导致溯源困难、仲裁周期长。

解决方案是构建基于工业互联网的端到端数字化计量管理体系：利用工业互联网边缘网关实现站场计量数据的自动采集与集中管控，取代人工操作；为关键仪表建立数字孪生体，实现状态实时监控与预测性健康管理，从源头保障计量准确性；应用区块链技术对原始数据、仪表状态及操作日志进行可信存证，形成不可篡改的电子证据链，高效支撑纠纷仲裁；最后通过系统实现供需数据的智能自动核销与损耗分析，对异常损耗进行主动预警。融合 AI 能力，利用机器学习算法进行计量数据异常模式识别与智能诊断；基于时间序列模型预测仪表故障趋势；应用数据分析精准定位损

耗原因；并借助 NLP 与 RPA 技术实现智能对账，从而推动计量管理从人工、分散、被动响应的传统模式，向自动化、集中化、主动预警的智能化模式转型。

（3）远程诊断

该场景是指企业为保障贸易交接的连续性与计量系统的可靠性，对分布广泛的计量与分析仪表进行状态远程监控、故障早期预测、根因智能分析与处置远程协同的核心运维活动。该场景旨在构建“数据+模型+专家”融合的远程支持能力，其关键衡量指标包括诊断效率（如平均故障诊断时间 MTTR、远程诊断解决率）、预测准确性（如故障预警准确率、误报率）、设备可靠性（如非计划停机时长、平均无故障时间 MTBF 的提升）以及知识管理（如知识库案例数量、智能诊断建议采纳率）。

当前该业务面临现场计量仪表故障诊断高度依赖专家亲赴现场，响应慢、成本高；预警滞后，小故障易演变为导致贸易中断的重大事故；诊断经验固化于个别专家，缺乏系统化沉淀与共享。

解决方案是构建基于工业互联网的远程诊断中心：通过工业互联网平台远程实时接入并融合仪表全量工作参数、过程及环境数据，实现状态全面感知；为关键设备建立数字孪生模型，利用机器学习模型分析性能退化趋势，实现故障预测与健康管理（PHM）；构建融合故障树与专家规则的知识图谱系统，提供智能诊断辅助与根因推理；结合 AR/视频技术实现远程协同支持。融合 AI 能力，应用无监督学习发现未知异常模式；基于因果推理模型实现根因自动诊断；开发 NLP 驱动的智能问答机器人提供自助支持；并利用自然语言生成（NLG）技术自动生成诊断报告，从而推动远

程诊断从依赖人力、被动响应、知识孤立的传统模式，向数据驱动、主动预测、知识共享的智能化支持模式转变。

9. 设备管理

(1) 设备风险管理

该场景是指对油气储运全流程设备（管道、储罐、泵阀等）的风险进行识别、评估、管控及闭环的业务，核心是防范设备失效引发泄漏、爆炸等安全事故，保障储运系统稳定运行。关键指标包括风险识别准确率、隐患整改率、设备失效概率、风险等级管控达标率、事故发生率，其中隐患整改率和风险识别准确率是核心管控指标，直接决定风险管理成效。

目前存在的主要问题：风险评估依赖人工经验，主观性强、效率低，难以覆盖全流程设备；风险数据分散在不同系统，无法实现实时联动分析；风险预警滞后，多在隐患显现后才处置，缺乏前瞻性。

解决方案是依托工业互联网搭建统一风险管理平台，整合设备参数、环境数据、运维记录等多源数据，打破数据孤岛，实现全流程数据实时采集、汇总与可视化展示。运用 AI 算法构建风险预测模型，结合机器学习挖掘数据关联关系，自动识别潜在风险点、划分风险等级，替代人工经验评估，提升识别准确率和效率。同时，AI 驱动风险预警机制，实时监测风险指标变化，提前推送预警信息，联动运维系统下达整改指令，实现风险从识别、评估、预警到整改的全闭环智能管控，降低设备失效概率和全事故风险。

(2) 设备检测与故障诊断

该场景是指通过各类检测手段获取油气储运设备运行状态数据，分析判断设备是否存在异常、故障类型及根源，为运维提供依据的业务，核心是及时发现设备隐患、精准定位故障，减少非计划停机。关键指标包括检测覆盖率、故障诊断准确率、故障定位耗时、检测频次达标率、异常信号识别率等，其中诊断准确率和定位耗时直接影响故障处置效率。

目前存在的问题是传统检测依赖人工操作，效率低下、误差大；故障诊断多为事后判断，缺乏提前预警；多设备、多维度检测数据分散，难以整合分析，易出现漏诊、误诊，且诊断响应滞后。

解决方案是基于工业互联网搭建设备检测与诊断一体化平台，部署物联网传感器（温度、压力、振动等），实现设备运行数据实时在线采集，替代人工离线检测，提升检测覆盖率和数据实时性。运用 AI 深度学习算法，构建多类型设备故障诊断模型，对采集的振动、声纹、介质参数等数据进行智能分析，自动识别异常信号，精准判断故障类型、位置及根源，降低对人工经验的依赖，减少误判漏判。同时，AI 结合数字孪生技术，模拟设备运行状态，提前预判潜在故障，实现故障诊断从“事后排查”向“事前预警、事中精准处置”转型。

（3）设备健康与智能维修

该场景是指对油气储运设备全生命周期健康状态进行监测、评估，结合健康状况制定科学维修计划，实现维修智能化、精准化的业务，核心是延长设备使用寿命、降低维修成本、提升运维效率。关键指标包括设备健康度评分、平均无故障工作时间、维修合格率、维修成本占比、预测性维修实施率等，其中健康度评分和预测性维修实施率是核心提升指标。

目前存在的问题是设备健康状态评估依赖人工判断，主观性强；维修模式以定期维修为主，易出现过度维修或维修不及时；维修资源分配不合理，缺乏智能化调度，维修效率低、成本高，且维修数据难以复用。

解决方案是借助工业互联网构建设备全生命周期健康管理平台，整合设备设计、制造、运行、检测、维修等全流程数据，形成完整的设备健康档案。运用 AI 算法构建设备健康评估模型，实时分析运行数据和检测数据，动态生成设备健康度评分，精准识别设备损耗部位和程度。基于 AI 预测模型，结合设备健康状态，自动制定预测性维修计划，替代传统定期维修和事后维修，避免过度维修和维修滞后。同时，工业互联网实现维修资源（人员、备件、工具）智能调度，AI 结合 AR 技术实现远程维修指导，提升维修合格率和效率，降低维修成本，延长设备使用寿命。

（4）特种设备管理

该场景是指对油气储运领域涉及的承压类（储罐、压力容器）、机电类（电梯、起重设备）等特种设备，开展合规管控、检测校验、档案管理的业务，核心是保障特种设备合规、安全运行，符合行业监管要求。关键指标包括合规达标率、检测校验及时率、档案完整率、特种设备故障发生率等，其中合规达标率是核心管控指标。

目前存在的问题是特种设备数量多、分布广，人工管理效率低；检验计划制定缺乏数据支撑，易出现漏检、超期检验；隐患整改跟踪不及时，闭环管理不到位；设备档案多为纸质或分散电子档，难以追溯和更新。

解决方案是依托工业互联网搭建特种设备智能管理平台，整合特种设备台账、检测校验记录、合规标准等数据，实现台账电子化、实时更新，

档案统一管理、可追溯。运用 AI 算法对接行业监管标准，自动识别合规风险点，对到期校验、合规检查等事项进行智能提醒，避免逾期违规。同时，AI 结合物联网检测数据，对特种设备运行状态进行实时监测，自动分析检测数据，精准排查合规和安全隐患，生成合规报告，助力企业高效应对监管检查。此外，平台实现多部门数据联动，简化合规审批流程，提升特种设备管理效率，确保设备全程合规、安全运行，降低合规风险和全事故发生率。

10. 质量控制

(1) 油气质量追溯

本场景为每一批次的油气产品建立一份从“出生”到“消费”的完整“数字档案”。通过记录和整合油气在生产、运输、储存、销售等各个环节的质量信息，实现油气质量全生命周期可查、可溯、可定责，从而防范混油、品质超标、掺假等风险。该场景的关键衡量指标包括油气品质（油气含水率、硫化氢含量、热值、抽检合格率等）和油气品采集点位相关时空类数据。

当前该场景面临储运全链条数据割裂，管输、仓储、分输等环节数据壁垒突出，追溯链条频繁断档；质量检测以实时监测与人工离线抽检混合为主，数据存储形式多样，滞后性较强，同时无法实时预警质量异常；异常发生后难以快速锁定责任节点，纠纷处置周期长；传统数据存证易篡改，追溯结果公信力不足。

解决方案是构建基于工业互联网平台搭建油气质量全链条追溯体系，通过边缘网关实现场站、油库、LNG 接收站、分输站等各节点的在线质量

分析仪、计量设备等终端数据实时采集，打通上下游数据壁垒，以油气动态批次化管理为核心，实现全链路数据绑定与贯通。依托 AI 算法构建实时质量异常检测模型，对含水率、密度、硫含量等关键参数进行实时时序分析，提前预警品质不良风险；通过 AI 溯源推理模型，结合全链路时空数据，快速定位异常节点、影响范围与责任主体；基于区块链+工业互联网实现数据不可篡改存证，提升追溯公信力；同时通过 AI 数字孪生模拟管输油品质量变化，优化分输工艺，从源头保障油气品质。

（2）质量分析改进

该场景是指企业为从根源上提升产品质量、降低质量成本，对油气接收、储存、中转、交付全储运过程中产生的海量质量数据（包括实验室离线化验、在线监测、工艺运行参数、留样复检）进行集中治理、深度关联分析与智能洞察，并驱动改进措施形成量化闭环的核心管理活动。该场景的关键衡量指标包括分析效能（如根因分析准确率、预警准确率与提前期、离线与在线监测数据一致率）、质量绩效（如产品一次合格率、质量损失成本下降率、留样复检一致率）、改进效能（如改进措施有效性验证通过率、同类问题复发率）以及合规性（如 SOP 偏离次数）。

当前该业务面临质量数据分散、留存方式多样且标准化不足，难以进行深度关联分析；分析工作多局限于事后统计与单点归因，缺乏对潜在风险的前瞻性预测与多因素根因挖掘；改进措施依赖经验，效果难以量化评估，无法形成有效的管理闭环。

解决方案是构建基于工业互联网的质量数据湖与智能分析平台，整合 LIMS、SCADA、在线分析仪等多源数据，经过治理形成统一、可信的质量

数据资产；其次，应用统计过程控制、相关性分析及机器学习算法，进行多维度钻取分析与根因智能挖掘；基于历史数据训练预测模型，对关键质量指标进行趋势预测与早期预警，实现从事后检验到事前干预的转变；建立“分析—行动—验证—优化”的在线闭环流程，系统化跟踪改进措施并评估效果。

11. 安全生产管理

(1) 风险管控与隐患治理

该场景是指企业为提升生产安全水平，实现从被动应对向主动预防转变，对作业现场与设备设施面临的安全风险进行动态感知、智能评估、超前预警，并对隐患排查治理进行全过程在线闭环管理的核心安全管理活动。该场景的关键衡量指标涵盖风险管控水平（如动态风险预警准确率、重大风险识别及时率）、隐患治理效能（如隐患按期整改率、重大隐患闭环率）、安全绩效（如可记录事件率 TRIR、应急响应时间）以及预测预警能力（如预警信息准确率、预警提前时间）。

当前该业务面临风险辨识多依赖静态评估和人工经验，难以动态反映工况与环境变化；隐患数据分散于不同系统，治理过程跟踪困难，易出现整改滞后；同时对泄漏、火灾、地质灾害、城市乡村次生事故等隐蔽性、突发性、系统性风险缺乏有效的预测预警能力。

解决方案是构建基于工业互联网的“感知—评估—预警—闭环”一体化安全管控平台：通过融合 SCADA、设备状态、视频、外部环境及人工巡检等全域数据，动态计算并可视化区域/装置的风险值（如“四色图”），实现风险的精准定位；应用机器学习模型分析历史与实时数据，预测高风

险事件概率，实现智能预测预警，并自动关联风险与隐患，追溯管理或技术根因；建立从发现到销项的隐患治理在线闭环流程，通过移动终端与系统联动确保措施落地。

（2）重大危险源管理

该场景是指通过数字化手段对油气储运过程中油气储罐、LNG 储罐等高风险设施进行集中监控、动态风险评估与智能应急响应的安全保障体系。其关键指标涵盖风险管控水平上的动态风险计算更新频率与高风险时段覆盖率、预警与响应效能上的预警准确率与应急响应时间、系统可靠性上的监控数据采集完好率以及安全绩效上与重大危险源相关的未遂事件数量。

当前该场景面临监测数据分散于不同系统而缺乏统一风险视图，安全风险评价基于静态合规检查难以动态量化实时工况变化下的风险，预警阈值固定导致误报率高且缺乏智能研判，以及应急响应多系统联动不足等核心问题。

解决方案是通过工业互联网构建管控平台，整合 SIS、气体检测等多源数据实现集中监控，建立动态风险量化评估模型，并融合 AI 能力，利用机器学习预测风险趋势，通过应用因果推断和图神经网络实现报警智能研判与根因分析，利用 AI 视觉模型自动识别视频中的违章与泄漏等异常。同时，借助智能联动引擎实现秒级应急响应闭环，从而构建从动态感知到主动防控的智能化安全防护体系。

（3）特殊作业管理

该场景是指油气储运行业中通过数字化平台对动火、高处、受限空间等高风险作业进行全流程安全管控的系统。其关键指标涵盖流程效率上的作业许可证平均办理时间与线上化审批率、安全合规上的安全措施缺失率与能量隔离验证合格率、监控效能上的作业过程实时监控覆盖率与预警准确率以及人员管理上的人员资质符合率与培训计划完成率。

当前该场景面临作业许可依赖纸质单据导致审批效率低下且信息不透明，作业过程监控主要依靠人工巡查无法实时掌握现场安全状况，危险能量隔离措施难以验证到位存在安全风险，以及作业人员资质与培训记录管理分散导致实时核验困难等核心问题。

解决方案是构建工业互联网安全作业智能管控平台，通过线上化流程实现作业许可的标准化智能审批，并融合物联网与 AI 技术，部署智能视频监控自动识别人员不安全行为、利用机器学习模型进行作业风险智能评估与措施推荐、应用自然语言处理支持语音安全交底与隐患上报、通过 OCR 技术实现资质证书的自动识别与管理，同时借助智能锁具与标签确保能量隔离的可靠验证，最终形成从应用到闭环的全过程数字化管控，显著提升作业安全水平与管理效率。

(4) 应急管理

该场景是指企业为高效应对生产安全事故与突发事件，通过工业互联网技术整合分散的应急信息、资源与救援力量，实现灾情智能研判、方案辅助决策、资源优化调度与多方协同指挥的全过程、一体化管理活动。该场景的关键衡量指标是一个综合体系，涵盖响应效率（如接报警到启动响应时间、资源调派到位时间）、调度与决策效能（如方案生成时间、辅助

决策采纳率、路径规划准确率）、协同效率（如指令下达到确认时长、多方信息同步率）以及资源管理与最终效果（如资源信息准确率、应急响应总时长、次生灾害发生率）。

当前该业务面临应急信息（预案、资源、危险源）分散孤立，指挥决策缺乏数据支撑；报警响应与资源调度高度依赖人工核实与经验，效率低下；应急资源状态不明，难以动态优化配置；同时，企业内外各部门、救援力量间存在严重的信息壁垒，协同作战能力弱。

解决方案是构建“平战结合”的智能应急平台，将应急管理从信息孤岛、响应迟缓、经验调度的传统模式，升级为数据融合、智能决策、快速协同的现代化应急响应新模式。通过工业互联网技术整合重大危险源、应急资源（装备、物资、人员）状态、视频监控、地理与气象等多源数据，实现全景可视化，构建“应急一张图”，支持应急指挥。自动融合多源报警信息，利用规则引擎与 AI 模型进行智能研判，并通过数字孪生技术模拟事故后果，推荐最优处置与疏散方案。构建资源智能调度引擎，基于实时灾情与资源定位，自动匹配、调度最近最优资源并规划行进路线，通过移动终端实现任务闭环管理。建立统一作战视图，并通过 VR/AR 等技术提升模拟演练效果，实现多方协同指挥与模拟演练等。

12. 能源管理

（1）能效监测与优化

该场景是指油气储运企业为实现降本增效、节能减排的战略目标，结合全生命周期能源分析，对生产与储运全过程及设备全生命周期（设计、运行、维护、退役）中的能源消耗（电、气、热等）进行精细化实时监测、

能效精准诊断、多系统协同寻优与预测性节能策略制定的核心管理活动，核心是贯穿设备/系统全生命周期挖掘节能潜力，实现全流程、全周期能源高效利用。该场景的关键衡量指标涵盖能耗水平（如单位输量综合能耗、单位产值能耗）、设备能效（如关键设备平均运行效率、效率偏离基线幅度）、优化效果（如节能量、能耗成本下降率）、管理效能（如能耗数据自动采集率、异常发现及时率），新增全生命周期能源分析相关指标（如全生命周期能耗强度、设计阶段能耗预判准确率、退役阶段能源回收利用率、全生命周期节能潜力挖掘率）。

当前该业务面临能耗数据采集不全，缺乏对关键耗能设备（泵、压缩机）的颗粒化监测；能效分析多停留在宏观统计，难以精准定位能效短板与挖掘潜力，且缺乏全生命周期能源分析视角，设计阶段未充分考量全生命周期能耗优化，退役阶段能源回收利用不足；运行优化依赖人工经验，无法实现多设备多参数的全局协同寻优；同时缺乏基于负荷预测的前瞻性能效优化策略，全生命周期各阶段（设计、运行、退役）能源管理脱节，未能形成闭环节能体系。

解决方案是构建基于工业互联网的“全面感知、深度分析、智能优化、全生命周期管控”能效管控体系，将全生命周期能源分析贯穿始终。利用工业互联网与智能传感技术实现全域能耗数据的秒级采集与集中可视化，覆盖设备全生命周期各阶段能耗数据；基于实时数据与全生命周期能源分析模型，自动计算设备与系统级能效指标，建立能效基线模型实现偏差预警，同时精准评估各阶段节能潜力；部署优化算法引擎，以系统总能耗最低、全生命周期能源价值最大为目标，实现多系统协同优化并自动下发优

化指令；利用预测模型生成前瞻性节能策略，结合全生命周期能源分析，在设计阶段优化设备能效参数、运行阶段动态调整工况、退役阶段制定能源回收方案；建立能效对标体系与全生命周期能源管理闭环，推动节能策略落地，实现全生命周期能源高效利用与节能减排目标。

（2）余能回收与再利用

该场景是指对生产、储运及加工过程中产生的、传统上未被有效利用的分散式剩余能量（主要包括压力能、废热及 LNG 气化过程释放的巨额冷能）进行系统性识别、高效回收、跨介质转化与智能化调度，以实现能源梯级利用与深度节能降碳的综合性能源管理场景。其关键指标涵盖回收效率、经济性、系统协同与智能化水平四个维度，具体包括余能综合利用率、吨产品综合能耗降幅、项目投资回收期与年节能量、回收装置与主工艺系统协同投用率、冷能供需动态匹配度、关键设备运行效率、数据在线采集率以及智能化优化决策支持率。

当前该领域实施面临多重挑战：余能资源时空分布分散且品质各异，缺乏精准计量与全景可视化，导致回收潜力评估困难、项目规划盲目；现有回收装置多为独立单元，运行模式僵化，难以与波动的主生产工艺及下游多元化用能需求实现动态协同与全局优化，整体能效低下；能量回收过程受工况扰动影响显著，传统控制方式响应迟缓且缺乏自适应能力，既影响经济收益又潜藏设备安全风险（如低温冻损）；此外，由于涉及热力学、流体力学与经济性的复杂耦合，传统经验与静态模型难以对项目全生命周期效益进行精准量化评估，严重制约投资决策与先进技术的推广应用。

解决方案是构建一个“全域感知、数字孪生、智能决策”的工业互联网平台。通过部署泛在感知网络与构建数字孪生体，绘制全域“余能资源动态地图”，实现资源存量、品质与潜力的实时可视化与精准量化。在此基础上，融合 AI 技术，利用机器学习与时序预测模型，精准预测上游余能波动趋势及下游多元需求（如冷能、电力市场）；应用强化学习、混合整数规划等先进算法，在海量变量与多重约束下（如工艺安全、设备工况、实时电价、市场需求），进行多目标动态寻优，自动生成并实时调整最优的回收策略、能量分配方案及各单元运行参数。

13. 环保管理

（1）危险废物管理

该场景是指油气储运企业对生产运营中产生的废油、废液等危险废弃物，从产生、贮存、转移至最终处置的全生命周期进行数字化跟踪与合规管控的系统工程。其关键指标涵盖管理效率方面的数据自动采集率与电子联单使用率、合规与风险方面的合规率与超期贮存发生率、库存与成本方面的危废库存周转率与单位产值危废产生量以及减量效果方面的源头减量率与资源化利用率。

当前该场景面临危废全过程台账依赖手工记录导致数据不准且难以追溯，库存状态不明确引发超期贮存风险高，转移联单流程繁琐造成合规监管压力大，以及对源头减量和资源化利用缺乏精细化管理手段等核心问题。

解决方案是构建工业互联网管理平台，通过物联网设备实现全流程数据自动采集，利用区块链技术构建可信电子联单确保合规溯源，并深度融

合 AI 能力应用机器视觉自动识别废物种类、利用时序模型预测危废产生量、通过优化算法智能推荐经济效益与环境效益最优的处置方案，同时借助机器学习实现库存与设施风险的智能预警，最终形成从精准量化跟踪到数据驱动优化的智能管理体系，显著降低合规风险与处置成本。

(2) 资源循环与利用

该场景是指油气储运行业通过数字化手段对生产过程中产生的废水、废热、废溶剂等副产资源进行追踪、评估与优化调度，以实现其价值最大化与安全回用的循环经济模式。其关键指标涵盖资源化水平方面的资源综合利用率与废水回用率、经济与环境效益方面的资源循环利用年收益与碳减排量、过程效能方面的循环利用设施运行负荷率与产品合格率以及管理效能方面的跨部门协同调度响应时间。

当前该场景面临资源数据分散导致难以实现跨装置、跨厂区的协同优化，资源化利用途径单一且缺乏数据支撑的经济性评估，以及循环过程监控不足存在质量与安全风险等核心问题。

解决方案是构建工业互联网智能循环利用平台，通过建立“资源流数字地图”实现数据透明化，并应用多路径协同调度与运筹优化算法动态推荐价值最高的利用路径；融合 AI 能力利用机器学习实现资源品质软测量、应用强化学习进行多目标动态优化调度、通过预测模型分析市场价值趋势以支持决策，并借助区块链技术确保循环过程的可追溯与合规性，最终形成从资源感知到价值评估的闭环，显著提升经济效益与环境效益。

(3) 环境影响评估与预警

该场景是指油气储运行业通过集成“空天地”多源感知数据并构建环境数字孪生体，实现对大气、水质等环境要素进行实时监控、动态模拟与风险预测的智能化管理体系。其关键指标包括监测能力方面的环境数据自动采集率与监测点覆盖率、预警效能方面的预警准确率与预警提前时间、评估水平方面的影响模拟与实测值吻合度以及合规与风险方面的环境质量达标率与超标事件次数。

当前该场景面临环境监测数据分散于独立系统导致综合分析困难，影响评估依赖人工和静态模型难以动态反映突发或累积效应，以及预警机制不健全造成响应滞后而无法实现风险超前管控等核心问题。

解决方案是构建工业互联网智能环境监控与预警平台，通过全域环境感知网络整合多源数据并建立环境数字孪生体进行动态模拟评估，并融合AI能力预测环境质量趋势、应用卷积神经网络实现异常排放智能溯源、通过计算机视觉自动解译卫星与无人机影像发现环境异常，同时借助大数据关联分析实现精准预警与快速溯源，最终形成从实时监测到预测性防控的闭环，显著提升环境合规水平与应急响应效能。

（4）碳足迹全链追踪

该场景是指企业为应对“双碳”目标与合规要求，对油气管道设施勘察设计、施工建设、投产运行、报废退役全生命周期中产生的温室气体（甲烷为主）排放（直接排放、间接排放）进行设计评估、实时自动采集、精准核算、可信存证与溯源分析，以支撑科学减排决策与精细化碳资产管理的系统性活动。该场景的关键衡量指标涵盖数据质量（如碳排放数据自动采集率、核算准确率）、追踪效能（如碳足迹追溯力度、溯源分析响应时

间)、减排绩效(如单位产品碳足迹下降率、节碳量)以及管理与合规(如碳审计通过率、ESG 得分、碳排放影响评价)。

当前该业务面临问题及痛点包括碳排放源分散(原材料与设备生产、施工机械、燃料消耗、工艺放空、设备逸散、电力、无组织排放等),数据采集困难且标准不一;核算依赖周期性手工报送,时效性与准确性差;无法精准追溯碳排放热点,减排决策缺乏数据支撑,碳足迹管理难以满足日益严格的碳审计、交易与 ESG 披露与甲烷减排监管要求。

解决方案是构建基于工业互联网的“端-边-云-链”协同碳足迹管控平台,完善建设生产全流程闭环管控,通过智能传感与系统集成实现全域碳数据自动化采集与融合;内置国际或行业碳标准核算模型,利用自动化碳核算引擎实时生成各级碳足迹清单;以工业互联网为底座,将碳管控嵌入施工调度、生产调控全流程,实现碳排放阈值预警与工艺联动优化;利用 AI 技术进行碳排放趋势及预警、动态优化本地化排放因子、探索成本最优的长期减排路径等;通过区块链分级存证、隐私计算保障数据公信力,支持碳流图逐级钻取溯源;集成数字孪生技术对减排措施模拟仿真,支撑科学决策。

14. 长输管道领域(线路完整性)

(1) 高后果区管理

该场景是指针对管道、地下储气库、LNG 接收站等设施周边高后果区(人口密集区、生态敏感区、重要基础设施周边等),开展高后果区识别、分级、实时监测、风险管控及应急处置全流程管理,防范油气泄漏、爆炸等风险,保障人员、环境及设施安全,实现风险可控、处置高效。关键指

标包括：高后果区识别准确率、分级合规率、监测覆盖率、风险预警准确率、隐患闭环率、应急响应时间、人员/设施安全保障率、风险评估更新周期。

目前存在的问题：高后果区识别与分级依赖人工勘察，边界划分不准、分级不规范；监测手段单一，多为人工巡检、固定摄像头识别，实时性不强，难以捕捉泄漏、地质沉降等隐患；风险评估滞后，缺乏动态更新机制；应急处置依赖经验，协同联动不足，响应效率低，智能化管控水平欠缺。

解决方案是构建整合地理信息、人口分布、生态数据、设施运行参数等多源数据，搭建统一管控底座。通过部署遥感监测、视频监控、气体传感器等设备结合光纤振动、光纤测温等数据实现全域实时监测，结合 AI 图像识别技术快速捕捉油气泄漏、地质沉降等隐患并触发预警；利用 AI 算法辅助高后果区边界识别与分级校准，优化分级准确性。建立动态分级与风险评估机制，分析环境、设施数据，定期更新风险报告；完善应急处置体系，制定标准化流程与跨部门协同机制，整合应急资源，规范巡检流程，推动从人工被动处置向系统化、精细化主动管控转变，最大限度降低安全风险。

(2) 智能内检测

该场景是指将搭载多类传感、智能分析模块的内检测设备置入油气等长输管道内部，随介质运行采集管道内表面信息（如漏磁 MFL、超声 UT），并经智能分析识别管道壁厚、腐蚀、变形、裂纹等缺陷数据，形成管道完整性检测结果，为管道维抢修、开挖验证及全生命周期管理提供精准数据支撑与决策依据的业务活动。该场景的关键衡量指标包括缺陷检测召回率

与精准率、缺陷量化能力、缺陷识别类型（金属损失、环焊缝裂纹、热影响区缺陷、应力集中、变形等）、模型泛化能力（不同管径、不同工况）等。

该业务场景主要解决以下问题：传统内检测缺陷数据分析依赖人工，耗时较长，识别精度及评判结果存在差异；检测计划通常基于固定周期制定，无法依据管道的实际健康状况进行动态优化；缺陷检测结果与钢管生产信息、管道运行工况、维修记录等数据割裂，难以融合分析。

解决方案是构建“数据驱动+AI 赋能”的智能内检测管理平台，基于管道历史内检测缺陷识别信息，构建适合于多工况、多管径、多缺陷类型的内检测缺陷 AI 智能识别算法模型；将模型与内检测设备进行集成（智能内检测器），实现管道内检测缺陷的实时、高效识别与精准评判，为管道风险评估、开挖验证、安全运行提供决策支持；融合管道本体及环焊缝全生命周期数据，融合历次内检测数据、运行数据、腐蚀监测与修复记录，构建管道数字孪生体，实现数据关联与三维映射，利用强化学习在数字孪生模型中优化检测周期与策略，推动检测模式从“固定周期检测”向“预测性检测”转变。

（3）智能阴保

该场景是指利用物联网与数字孪生技术对长输管道阴极保护系统的电位、电流等参数进行实时监控与智能调控，以实现全线精准防腐的数字化管理体系，其关键指标涵盖保护效果方面的电位达标率与保护度、系统效能方面的数据采集完整率与故障诊断准确率、经济指标方面的能耗指标

与维护成本降低率以及设备状态方面的恒电位仪在线率与平均无故障时间。

当前该场景面临数据依赖人工定期测量导致时效性差且工作量大，阴极保护电位分布不均存在过保护或欠保护风险，故障诊断依赖经验造成异常定位困难与响应滞后，以及阳极地床等关键设备状态无法实时监控致使维护缺乏预见性等核心问题。

解决方案是通过工业互联网构建数字化管理平台，部署智能测试桩实现全域实时感知并建立数字孪生体，融合 AI 能力应用强化学习算法动态优化保护参数以实现节能与高效保护的平衡，利用深度学习模型精准诊断系统异常，通过时序预测模型评估设备剩余寿命，最终形成从智能调控到预测性维护的闭环，显著提升防腐效果、运维效率与经济性。

(4) 第三方施工防护

该场景是指通过一体化智能监测技术(如智能摄像头、巡检无人机等)或人工使用智能终端，对长输管道沿线外部施工活动进行早期发现、实时监控与主动干预，以防范机械挖掘等外力破坏的安全保障体系，其关键指标涵盖预警效能方面的施工活动识别准确率与预警及时率、处置效能方面的预警响应时间与工单闭环率、风险管控方面的高风险施工发现率以及经济指标方面的事故损失降低率。

当前该场景面临施工信息依赖人工巡线导致获取滞后与预警不足，监控手段有限难以实时掌握施工动态与机械位置，预警传递与现场监护效率低下且响应缓慢，以及缺乏智能化的施工风险评估与分级管控机制等核心问题。

解决方案是构建工业互联网智能防护体系，通过卫星遥感、智能视频与光纤传感实现多维感知与早期发现，融合 AI 能力利用计算机视觉自动识别施工机械与行为、基于机器学习模型进行智能风险研判与分级、通过优化算法实现任务智能调度，同时建立数字化闭环管理与应急联动指挥机制，最终形成从智能预警到高效协同的主动防护闭环，显著提升管道本质安全水平与运维管理效率。

(5) 泄漏检测

该场景是指通过集成 SCADA、光纤传感、红外热成像、超声等多种技术对油气管道、场站等进行实时监控，以早期发现和定位泄漏事件的安全保障系统。其关键指标涵盖检测性能上的泄漏灵敏度与定位精度、报警准确性上的误报率与漏报率、响应效能上的应急启动时间以及系统可靠性上的可用率与平均无故障时间。

当前该场景面临传统 SCADA 方法对小泄漏不敏感且定位不准，光纤、红外热成像、超声等技术误报率高且有效报警识别存在死角，多种监测系统独立运行导致信息孤岛与综合研判缺失，以及应急响应依赖人工核实造成决策滞后等核心问题。

解决方案是通过工业互联网构建一体化泄漏监测平台，整合多源异构数据并进行 AI 驱动的智能报警识别以降低误报，应用多源信息协同研判与融合定位算法提升精度，融合 AI 能力利用深度学习进行信号模式识别、通过多源信息融合决策提升报警置信度、借助计算机视觉自动分析视频特征进行辅助验证，最终实现从智能研判到自动应急联动的快速闭环响应，显著提升安全管控水平与应急效率。

（6）智能巡检

该场景是指企业为提升资产完整性管理与人员安全管理水平，综合利用无人机、巡检机器人、智能穿戴设备及智能视频分析等技术，构建“空地人机”一体化的立体感知、智能分析与主动预警体系，以实现长输管道、站场库区等资产设施与现场作业人员的全天候、全覆盖、自动化、智能化巡检与风险管控的现代化运维模式。该场景的关键衡量指标是一个复合体系，涵盖巡检效能（如自动化/无人化巡检替代率、单位巡检耗时）、识别与诊断性能（如缺陷/行为识别准确率、早期隐患发现率、误报/漏报率）、安全与闭环管理（如高风险事件发现率、预警响应时间、缺陷/事件闭环处理率）、经济性与可靠性（如运维/巡检成本降低率、预防性维修占比、设备系统可用率）。

当前该业务面临传统人工巡检模式存在安全风险高、效率低下、覆盖面有限、数据记录主观且滞后等问题；各类巡检手段（如无人机、视频）相对孤立，数据未能有效融合分析，形成新的“数据烟囱”；对设备微小缺陷、人员不安全行为、环境隐蔽风险缺乏有效的实时感知与智能判断能力；海量巡检数据价值未充分挖掘，无法有效支撑预测性维护与风险超前防控。

解决方案是构建基于工业互联网“云-边-端”协同的智能巡检综合管控平台，通过集成部署机库型无人机、巡检机器人、固定式智能摄像头及人员智能穿戴设备，形成立体化、移动化的数据自动采集网络。基于数字孪生技术为管线、站场构建可视化模型，并实现巡检航线、路径的自动化规划与动态优化；在云端与边缘侧融合 AI 能力进行智能分析，如应用机

器视觉自动识别设备缺陷、仪表读数、泄漏痕迹及人员不安全行为与 PPE 穿戴情况；基于光纤传感、热成像等技术并融合智能算法，诊断设备早期故障与管道泄漏；通过多模态数据（视频、红外、气体、位置）融合提升复杂环境下的分析可靠性。通过将分析结果自动关联至资产数字孪生体进行可视化定位，并生成维修工单或安全预警，推送至相关人员与智能穿戴设备，驱动从风险智能感知、精准诊断到维修验证或行为干预的全流程闭环管理。

（7）无人/少人值守场站

该场景是指管道运营企业为提升场站运营安全与效率、降低人力依赖与成本，通过物联网、机器人、数字孪生及人工智能等技术，实现对场站设备、工艺与环境状态的全面感知、智能监控与自主决策，最终达成“少人值守”乃至“无人操作”高级运营模式。该场景的关键衡量指标涵盖自动化水平（如无人化操作覆盖率、远程控制响应时间）、设备可靠性（如设备在线率、预测性维护准确率）、安全效能（如风险识别准确率、安全事故发生率）以及经济性（如人员效率提升率、运维成本降低率）。

当前传统油气场站运营面临业务痛点包括：高度依赖人工巡检与操作，劳动强度大、效率低且安全风险高；SCADA、安防等各子系统数据孤立，形成信息孤岛；设备状态监测不足，故障预警滞后，非计划停机时有发生；应急响应依赖人员现场处置，远程协同能力弱等。

解决方案是构建基于工业互联网的“云-边-端”协同智能管控平台，以工业互联网、边缘计算、5G 通信、AI 为基础，在场站部署智能传感、高清监控、智能检测、巡检机器人等终端设备，全面采集工艺运行参数、

设备健康状态、环境安全指标、安防监测数据等多源异构信息，通过工业通信网络实现数据的实时传输与边缘端预处理，依托工业互联网平台完成数据的融合、建模分析与可视化展示。构建场站数字孪生体，并与 AI 算法模型进行融合，依托巡检机器人、无人机等智能设备与工业控制系统构建无人场站智能决策体系，实现场站无人化巡检、工艺流程远程自动控制、设备故障智能诊断与预测性维护、安全风险实时监测与分级预警、异常工况快速识别与跨系统应急联动。同时，打通与资产完整性管理、智能内检测、高后果区管理等系统的数据流，形成数据互通、业务协同的场站智能化管理体系，大幅提升油气长输管道场站运营的精细化、智能化水平，有效降低人工运营成本与安全管控风险。

15. 海底管道领域

(1) 海底管道完整性

该场景是指聚焦油气储运行业海底管道全生命周期完整性管理，覆盖海底管道设计、铺设、运维至退役全流程，开展管道腐蚀、海床冲刷、第三方破坏、结构缺陷等隐患的监测、评估与管控，核心是保障海底管道安全稳定运行，防范泄漏、断裂等事故，降低海洋环境污染风险。关键指标包括：管道腐蚀速率控制值、缺陷检出准确率、海床冲刷预警准确率、第三方破坏防控率、完整性评估周期、隐患闭环率、管道运行可靠性、泄漏应急响应时间。

目前存在的问题包括海底环境复杂，管道监测难度大，依赖水下机器人巡检，成本高、实时性差；腐蚀、海床冲刷等隐患隐蔽性强，人工评估

难以精准预判发展趋势；第三方破坏（如航运、捕捞）防控被动；完整性评估依赖经验，数据融合不足，精准度偏低，智能化水平欠缺。

解决方案是构建海底管完整性工业互联网管理平台，整合管道参数、海洋环境、巡检数据等多源信息，搭建统一管控底座，融入 AI 技术辅助管控。通过水下传感器、遥感设备实现全域监测，结合 AI 图像识别快速识别管道腐蚀、结构缺陷及海床冲刷隐患；利用 AI 算法分析隐患数据，预判发展趋势并触发分级预警。建立标准化完整性评估体系，结合 AI 模型优化评估流程，精准划分风险等级；完善第三方破坏防控机制，联动航运数据实现智能预警，规范巡检与维修流程，推动海底管完整性管理向精准化、智能化转变，保障管道安全与海洋环境安全。

（2）无人潜水器作业

该场景是指通过部署遥控或自主式水下机器人，对海底管线进行巡检、检测与维护的智能化作业模式，其关键指标涵盖作业效能（如单位长度巡检耗时与自主作业覆盖率）、数据质量（如缺陷检出率与测量精度）、导航性能（如水下长航时定位误差）、感知智能（如异常识别准确率）以及协同通信（如指令传输延迟与任务自主完成率）等方面。

该场景主要需求及痛点包括作业高度依赖操作员经验导致自动化程度低且效率低下；声学与光学等多源检测数据孤立缺乏融合分析与智能挖掘；复杂水下环境存在导航定位精度不足；通信带宽受限及实时协同困难以及作业安全风险高、应急响应能力弱等。

解决方案是通过工业互联网构建“云—边—端”协同的智能作业系统，为 ROV/AUV 集成高精度组合导航与边缘 AI 实现智能自主路径规划和实时

缺陷识别，利用 5G/卫星及水声通信构建跨系统实时协同网络支持远程专家介入与任务动态重规划，应用深度学习与强化学习实现智能目标识别、自主避障与多模态数据融合分析，同时采用“水声通信+卫星中继”双模通信架构，配置自适应调制解调算法降低时延，设定集群协同的通信优先级规则（如任务指令优先于状态反馈），借助群体智能算法实现多 AUV 集群协同与任务优化分配，最终形成从智能感知到自主决策的闭环，显著提升作业效率、数据价值与本质安全水平。

（3）流动安全保障

该场景是指企业为确保深水或超深水管道的稳定、连续与安全输送，应对蜡沉积、水合物生成、积液、段塞流等多相流风险，而开展的管道流动状态实时感知、风险智能预测、处置措施模拟决策与智能控制的系统性管理活动。该场景的关键衡量指标涵盖预测预警能力（如水合物/结蜡预测准确率、预警提前时间）、处置效能（如预警处置响应时间、抑制剂用量优化率）、经济性（如产量损失降低率、综合操作成本降低率）以及系统可靠性（如海管运行可用率、清管周期延长幅度）。

该场景主要业务痛点包括：蜡沉积、水合物等风险预警滞后，精准预测难；压力、温度等多源监测数据孤立，难以融合分析整体流动状态；降压、注抑制剂等处置操作依赖人工经验，缺乏量化决策支持；复杂的多相流、起伏地形与低温高压环境进一步加剧了管理难度。

解决方案是构建基于工业互联网的“感知—预测—决策—控制”一体化智能平台：通过集成 SCADA、分布式光纤传感（DAS/DTS）等数据，实现流动状态的实时全景感知与可视化；融合热力学机理与机器学习算法，

构建高精度模型，对结蜡、水合物、段塞流趋势进行实时预测与分级预警；基于实时工况模拟不同处置方案效果，为操作员提供最优策略的智能决策支持，并可通过接口实现控制闭环；利用高保真数字孪生体进行沉浸式培训演练。

16. LNG 接收站领域

(1) LNG 接收站完整性

该场景是指聚焦 LNG 接收站设施完整性管理，涵盖储罐、气化器、装卸臂、管线、泵阀等核心生产设施，以及供配电、通信传输、自控、消防等公用与辅助工程，开展生产设施腐蚀、密封失效、结构损伤及公用设施运行异常等隐患的监测、评估与管控，核心是保障接收站全系统安全稳定运行，防范 LNG 泄漏、爆炸等事故，确保卸船、储存、气化、外输全流程顺畅。关键指标包括：设施腐蚀检出率、密封失效预警准确率、结构缺陷修复合格率、供配电可靠率、消防系统完好率、自控系统准确率、完整性评估合规率、隐患闭环时间、设施运行稳定性、外输中断率。

目前存在的问题：接收站设施种类多、工况复杂，低温环境易导致生产设施密封失效、材料损伤，隐患排查难度大；供配电、消防、自控等公用设施与生产设施管控脱节，数据不互通，难以实现全域统筹；监测手段分散，公用设施运行异常难以及时发现，易引发连锁故障；完整性评估流程繁琐，依赖人工分析，效率低，对公用工程完整性考量不足。

解决方案是构建 LNG 接收站完整性工业互联网一体化平台，整合生产设施、公用设施（供配电、通信传输、自控、消防）的运行参数、监测数据、检修记录等多源信息，搭建统一数据底座，融入适量 AI 技术。通过

部署各类传感器及视频监控，实现生产、公用设施全域实时监测，结合 AI 算法快速识别密封失效、供配电异常、消防隐患、自控失灵等问题并触发预警；利用 AI 模型优化完整性评估流程，统筹考量生产与公用设施，自动生成评估报告。建立标准化隐患处置流程，明确岗位职责，实现隐患闭环管理；联动检修系统，结合 AI 预判隐患发展趋势，制定精准检修计划，推动接收站全系统完整性管理向智能化、精细化转变。

（2）关键设备一键启停

该场景是指将低温泵、BOG 压缩机、再冷凝器、气化器等关键设备的复杂启动与停机流程，通过自主建模与智能控制技术，由以往的人工分步操作固化为标准、自动、可优化的智能操作模式。其关键指标包括操作效能（如平均启停时间缩短率与一键启停成功率）、安全与可靠性（如误操作次数与设备应力风险降低幅度、设备运行平稳度与异常跳车次数）、经济性能（如单次启停能耗降低率）等。

目前主要面临痛点包括设备启停流程复杂、步骤繁多且高度依赖操作人员经验、启动时间长，存在误操作风险，精度控制难以保证，以及作业人员需在现场暴露；各控制系统数据孤立无法为智能决策提供全面信息；启停过程能耗管理存在优化空间等核心问题。

解决方案是通过工业互联网、智能控制等技术构建数字孪生驱动的一键启停系统，对设备进行智能改造，并增加专用通讯模块，实现关键核心设备的快速感知与智能控制；基于产线关键设备数字孪生体，通过流程建模与程序化，将低压泵、高压泵、汽化器等设备之间复杂的联动、先后和互锁关系模型化、程序化，形成标准化的控制逻辑，并通过 AI 技术持续

优化控制逻辑与启停策略；融合压力先进控制策略，通过专家控制与PID调节等先进算法，克服阀门开关、保冷循环等动作对管网压力的干扰，提升控制精度，大幅提升启停效率与站场自动化水平。

(3) 卸料臂流程控制

该场景是指通过传感器、数字孪生与智能算法，实现 LNG 运输船与接收站之间卸料臂自动对接、置换—预冷—卸料—排净吹扫—断臂全过程监控及安全紧急脱离的自动化作业过程。其关键指标涵盖作业效率（如平均对接时间与单船次总卸料时间）、安全与可靠性（如对接碰撞发生率、ERS 误动率以及卸料期间的异常泄漏率）、过程性能（如预冷时间缩短率与 BOG 生成量减少率）以及设备效能（如预测性报警准确率）。

该场景面临业务痛点包括卸料臂对接高度依赖人工经验与默契导致效率低且碰撞风险高，预冷与卸料过程关键参数监控不足易引发气击或超压，紧急脱离系统测试与触发依赖人工而响应缓慢，以及各船次作业数据分散难以用于流程优化与知识沉淀等。

解决方案是通过工业互联网构建智能卸料控制平台，利用高精度感知与数字孪生实现自动对接与路径规划，并深度融合 AI 技术应用计算机视觉与深度学习增强环境感知与决策鲁棒性、借助强化学习优化预冷策略以平衡时间与能耗、通过时序预测模型预判船舶漂移趋势以实现超前安全干预，同时建立全过程数据管理机制持续优化作业标准，最终实现从自动化操作到预测性安全监护的闭环，显著提升作业安全性、效率与经济性。

(4) 槽车充装

该场景是指 LNG 接收站通过自动化装车臂、智能调度与安全联锁系统，实现液化天然气由储罐至运输槽车高效、安全、环保装填的现代化作业流程。其关键指标包括作业效率（如单车充装时间与自动化操作占比）、安全效能（如泄漏率、安全事故发生率与 BOG 回收率）、数据管控效能（如数据自动采集率、作业安全行为监控准确率与溯源信息完整度）以及经济环保效能（如因 BOG 回收带来的能耗节约）。

该场景主要面临业务痛点包括传统充装流程依赖人工操作导致效率低下且易出错，现场人员与车辆管理混乱存在安全隐患，过程缺乏实时监控致使超装与泄漏风险难控，BOG 回收不足造成能源浪费与环保压力，同时，各环节数据孤立难以实现全过程追溯等。

解决方案是通过工业互联网构建“车一场一站”一体化的装车管理控制系统，部署自动装车臂实现全流程一键充装，建立安全闭环管控网络强制联锁校验，并深度融合 AI 能力应用计算机视觉自动识别车辆身份、人员违章行为、作业过程 LNG 异常泄漏联锁、利用机器学习实现设备预测性维护与异常工况诊断、借助运筹优化算法进行智能调度以提升周转效率，同时集成 BOG 回收装置并借助区块链实现全链条可信溯源，最终达成安全、高效与绿色的充装作业目标。

（5）工艺参数优化控制

该场景是指针对 LNG 接收站卸船、储存、气化、外输全业务流程，围绕温度、压力、流量等核心工艺参数开展智能化管控升级，通过技术赋能实现参数精准调控，保障接收站安全稳定运行、提升运营效率与经济效益。

关键指标包括：工艺参数控制精度、气化效率、LNG BOG 回收率、单位处理能耗、设备运行稳定性、故障预警准确率、外输压力/流量达标率等。

目前存在的问题包括工艺参数耦合性强，卸船、气化等环节参数相互影响，人工调节滞后易引发参数波动；能耗管控粗放，缺乏精准优化手段，BOG 回收利用率偏低；故障预判依赖人工巡检，响应不及时，易埋下安全隐患；多工况适配性差，负荷调整时参数优化响应缓慢，难以适配动态运营需求。

解决方案是构建工业互联网一体化管控平台，整合接收站全工艺多源数据，搭建统一的数据采集与管控体系，实现各业务环节参数的实时监测与协同联动。通过机器学习算法破解参数耦合难题，自动分析参数关联关系并优化设定值，避免人工调节滞后；利用预测模型精准预判 BOG 产生量，智能调控回收系统，提升回收利用率；嵌入 AI 故障诊断算法，实时识别设备异常与参数偏差，触发分级预警并联动调控，降低安全隐患；通过自适应模型，动态适配负荷变化等工况调整，精准调控能耗与工艺参数。

17. 储油库领域

(1) 储油库完整性

该场景是指聚焦油气储运行业储油库完整性管理，涵盖储油库储罐、输油管线、装卸设施、泵阀、防渗系统等核心生产设施，以及供配电、通信传输、自控、消防等公用与辅助工程，开展各类设施腐蚀、油品泄漏、液位异常及公用设施运行故障等隐患的监测、评估与管控，核心是保障储油库全系统安全稳定运行，防范油品泄漏、火灾等事故，保障人员安全与油品储存、转运顺畅。关键指标包括：油品泄漏检出准确率、腐蚀修复合

格率、设备老化预警率、供配电稳定性、消防应急响应准确率、自控系统可靠率、完整性评估合规率、隐患闭环时间、安全事故发生率。

目前存在的问题：储油库设施密集，油品易燃易爆、易泄漏，液位与防渗管控要求高，隐患排查难度大；公用设施（供配电、通信、自控、消防）与生产设施管控脱节，易因公用设施故障引发生产安全隐患；监测手段单一，多依赖人工巡检，公用设施运行异常实时性差，易遗漏隐蔽性隐患；完整性评估滞后，对公用工程完整性考量不足，隐患处置响应不及时。

解决方案：构建储油库完整性工业互联网管控平台，整合生产设施与公用设施（供配电、通信传输、自控、消防）的运行参数、油品液位、监测数据、巡检记录等多源信息，搭建统一数据底座，融入适量 AI 技术。通过部署各类传感器及视频监控，实现全系统全域实时监测，结合 AI 图像识别与数据分析，快速识别油品泄漏、腐蚀、供配电异常、消防隐患等问题并触发分级预警；利用 AI 模型优化完整性评估流程，统筹生产与公用设施。建立标准化隐患处置与巡检流程，明确各岗位职责，实现隐患闭环管理；结合 AI 预判隐患发展趋势，制定精准检修计划，保障储油库全系统安全稳定运行。

（2）进库质量控制

该场景是指油库为严把油品入库质量关、减少混油损失并实现高效运营，对进库管线油品进行在线实时监测、质量快速分析、混油界面智能追踪与自动化闭环处置的系统性管理活动。该场景的关键衡量指标涵盖检测效能（如在线检测替代率、分析时间压缩程度）、质量水平（如入库合格

率、混油量减少率)、溯源与管理(如溯源查询响应时间、报告自动生成率)以及经济效能(如质量损失减少带来的收益、检测成本下降额)。

当前该业务面临油品质量检测依赖人工采样与实验室离线分析,时效性差,无法及时指导生产调度;多种油品切换时混油界面不清,易造成损失与质量事故;检测数据分散,缺乏统一管理与可信追溯;同时,对输送过程中的实时质量变化缺乏监测能力。

解决方案是构建基于工业互联网的“端一边一云”协同管控平台。通过安装在线近红外分析仪等智能传感设备,实现关键质量指标的在线实时监测与数据自动采集,大幅替代人工化验;构建管道与储罐数字孪生体,集成流体力学模型,实现混油界面的智能追踪与精准切割指导,最大限度减少混油;应用区块链技术对检测报告等关键信息进行可信存证,构建不可篡改的质量溯源链;并内置质量标准库,实现合格品自动入库、不合格品自动拦截的智能闭环控制。在此过程中,利用机器学习算法快速解析在线光谱数据,实现多种油品性质的实时定量分析;应用时序预测与强化学习动态优化混油界面预测模型,提升切割精度;通过关联规则挖掘进行异常质量的根因分析;基于历史数据对油品在途质量变化进行预测性预警。

(3) 库存动态优化

该场景是指油库为提升资产利用率、加速资金周转并捕捉市场机遇,对多油品、多储罐的实时库存进行智能感知、罐容优化分配、需求协同预测与库存价值主动管理的核心运营活动。该场景的关键衡量指标涵盖库存效率(如罐容利用率、库存周转率)、运营效能(如车辆装卸时间、憋罐

或断供次数）、经济绩效（如单位仓储成本、优化带来的收益）以及数据与决策（如需求预测准确率、智能策略采纳率）。

当前该业务面临库存数据更新依赖人工盘库，无法实时透明；多油品、多罐区调度高度依赖经验，难以快速响应市场与下游需求变化；罐容利用率与周转效率偏低，存在憋罐或断供风险；同时缺乏对油价波动与需求预测的量化分析，难以制定最优的采购、储存与销售策略。

解决方案是构建基于工业互联网的“数据驱动、智能决策”优化平台。通过工业互联网平台自动集成储罐液位、密度、进出厂流量及外部市场数据，实现库存的分钟级计量与全景可视化；构建储罐数字孪生体，并利用运筹优化算法自动生成最优的收油、发油与倒罐方案，实现罐容智能分配与利用率最大化；应用机器学习时序模型精准预测短期与中期需求，驱动采购、排产与发运的高效协同；建立成本与油价预测模型，模拟不同市场场景下的最优策略，实现库存价值主动优化与风险预警。在此过程中，利用算法实现需求精准预测；应用遗传算法、强化学习求解复杂的多目标库存调度方案；通过自然语言处理分析舆情以预测油价趋势；借助无监督学习识别异常库存消耗；在数字孪生中用 AI 代理进行长期策略模拟推演。

（4）智能清罐

该场景是指油库为消除传统人工清罐作业的巨大安全风险，提升清洗效率与质量，通过部署具备环境感知、自主作业与协同控制能力的机器人集群，在操作人员远程监控下完成罐内清洗、油泥回收等全流程作业的无人化、智能化改造活动。该场景的关键衡量指标涵盖安全与环保（如人员进罐次数、安全事故发生率、VOCs 减排量）、作业效能（如单罐清洗时

间、清洗覆盖率）、设备可靠性（如机器人可用率、远程控制延迟）以及经济性（如人工成本下降率、综合清罐成本下降率）。

当前清罐作业面临人员必须进入受限空间，面临中毒、爆炸、窒息等极高安全风险；人工清洗效率低下，工期长，严重影响油库罐容周转；清洗质量依赖工人经验，稳定性差且易有残留；同时作业过程缺乏数据记录，难以优化与追溯。

解决方案是构建“云端智能调度+机器人集群协同”的无人化作业体系，通过机器人搭载的传感器与数字孪生平台，实现云端远程智能监控与作业全景可视化，使操作人员无需进罐；派遣专用机器人集群进入罐内，由云端平台基于三维模型智能规划路径，并通过 AI 视觉识别油污，实现机器人间的自适应协同清洗；系统自动记录全流程数据，实现作业闭环管理与合规报告自动生成；监控机器人本体状态，实现预测性维护，并与油库调度系统智能联动。在此过程中，应用计算机视觉识别油污类型与厚度；利用强化学习算法规划最优清洗路径；基于实时反馈实现清洗参数的自适应动态调整；通过 3D 扫描与 AI 模型预估油泥量；利用运行数据进行机器人健康预测与故障预警。

18. 地下储气库领域

（1）储气库完整性

该场景是指聚焦地下储气库（含盐穴、枯竭气藏等类型）完整性管理，涵盖储层、钻井、注采井、管线等核心设施，开展储层变形、井壁坍塌、管线腐蚀、气体泄漏等隐患的监测、评估与管控，核心是保障储气库安全稳定运行，防范储层破坏、气体泄漏等事故，确保注采气顺畅与储能安全。

关键指标包括：储层变形控制值、井壁坍塌预警准确率、管线腐蚀合格率、气体泄漏检出率、完整性评估周期、注采井运行可靠性、隐患闭环率。

目前存在的问题：地下储气库地质条件复杂，储层变形、井壁坍塌等隐患隐蔽性强，难以精准监测与预判；钻井、注采井等设施深埋地下，检修难度大、成本高；各设施数据碎片化，难以实现全流程统筹评估；完整性管控与注采工况协同不足，易引发设施损伤。

解决方案是构建地下储气库完整性工业互联网管理平台，整合地质数据、储层监测数据、设施运行参数等多源信息，搭建统一管控底座，融入 AI 技术辅助管控。通过部署测井、地质监测设备及气体传感器，实现储层、井壁、管线全域监测，结合 AI 图像识别与数据分析，精准识别储层变形、井壁坍塌、气体泄漏等隐患并预警；利用 AI 模型模拟储层演化趋势，优化注采参数，减少设施损伤。建立动态完整性评估体系，定期更新评估报告，精准划分风险等级；规范检修流程，结合 AI 预判制定针对性检修计划，推动地下储气库完整性管理向数据驱动、智能管控转变。

（2）注采运行优化

该场景是指基于地质动态、市场需求与价格信号，通过模拟仿真与智能算法，对注气、采气速度及库存水平进行动态规划。其核心是在确保库体安全与供气可靠的前提下，最小化运行能耗（如压缩成本），最大化调峰能力与套利收益，实现储气资产的全周期价值最优。其关键指标涵盖四类：调峰性能指标包括调峰指令响应时间、目标库存达成率、最大瞬时采气能力；运行能效指标包含单位注采气量综合电耗、压缩机平均运行效率、谷电利用率；经济指标涵盖运行成本节约率、因优化带来的电费节约额、

设备维修成本下降率；安全与可靠性指标包括工况异常预警准确率、非计划停机次数、水合物等风险事件发生率。

当前该场景存在突出痛点包括方案适应性差，注采运行方案依赖历史经验与静态模型，难以响应电网调峰与气藏动态变化；决策效率低，注采分配、设备启停等依赖人工，决策非最优；工况管控弱，井下盐穴蠕变等复杂工况缺乏精准预测与协同控制；成本优化不足，能耗巨大且未结合电价波动实现成本管控。

解决方案以“气藏—井筒—地面”一体化智能优化平台为核心，深度融合 AI 技术实现全维度提升。构建全域数据集成与数字孪生体系，工业互联网平台整合 SCADA、测井、电价等数据，多场耦合模型构建高保真数字孪生体反演气藏状态；实现智能注采协同，AI 模型预测调峰需求，强化学习算法结合气藏动态与设备约束，滚动计算最优注采分配及设备启停方案并自动执行；开展工况预测与干预，数字孪生体预测盐穴收敛等工况变化，系统自适应调整注采参数或提前注入抑制剂；强化能效与碳管理，实时监控设备效率，基于分时电价优化注气时段，自动核算能耗与碳排放支撑绿色调度。

（3）智能监控与预警

该场景是指作为储气库智能化运行的重要延伸，融合视频 AI、传感器网络和数字孪生技术，构建覆盖储气库全环节的实时监控与风险预警体系，核心是解决传统监控数据分散、预警滞后等问题，实现设备状态、工艺参数和安全风险的分钟级感知与智能预警，提升储气库运行的可靠性和安全性。关键指标包括监控效能指标如数据采集覆盖率、报警准确率和预

警响应时间；安全指标如泄漏检测灵敏度和事故发生率下降比例；效率指标如人工巡检替代率和报警处理自动化率；经济指标如运维成本降低率和能耗优化率。

当前痛点主要集中在监控数据孤岛化，SCADA、视频等系统独立运行，误报率高；预警机制僵化，依赖固定阈值，难以适应工况变化；响应效率低，报警需人工核实，处置延迟。

解决方案以多源数据融合与 AI 智能预警平台为核心，通过构建统一监控中心，集成 DCS、SIS 等多系统数据，利用数字孪生体可视化展示压力、温度等参数，实现一屏统览；部署 AI 算法引擎，应用时序模型预测设备异常趋势，计算视觉识别跑冒滴漏，动态调整报警阈值；建立联动机制，报警触发后自动推送工单至移动端，并联动视频监控实时确认，形成闭环管理，保障储气库连续稳定运行。

19. 城市燃气管网领域

(1) 燃气管网完整性

该场景是指聚焦燃气管网全生命周期完整性管理，覆盖城市燃气管道主干线、支线、庭院管网及阀室、调压站等附属设施，开展管道腐蚀、第三方破坏、燃气泄漏、管道变形、地质灾害等隐患的监测、评估与管控，核心是保障燃气管网全生命周期安全稳定运行，防范燃气泄漏、爆炸等事故事件，保障居民及工业用户用气安全与供气顺畅。关键指标包括：燃气泄漏检出准确率、管网腐蚀合格率、第三方破坏防控率、管道隐患修复率、完整性评价率、隐患闭环时间、供气中断率、阀室运行可靠性、同类隐患复发率。

目前存在的问题：燃气管网分布广、部分埋地敷设，隐患隐蔽性强，泄漏、腐蚀等问题难以快速发现；第三方施工、管线老化易引发管网损伤，防控难度大；缺乏系统性管控架构，管网数据碎片化，管道及附属设施全生命周期各阶段数据不互通，难以统筹管控；人工巡检，效率低、覆盖面有限，智能化管控水平不足。

解决方案是构建燃气管网完整性工业互联网管控平台，整合管网基础数据、监测数据、巡检记录、施工报备等多源信息，搭建统一数据底座，融入 AI 技术，实施燃气管网风险识别与评价，建立城燃管网风险评价模型，推进风险识别与评估智能化，强化管道失效管理，提升风险评估准确性，保障管道安全运行。通过部署埋地泄漏传感器、视频监控、腐蚀监测设备，结合无人机等智能巡检设备，实现管网全域覆盖监测，利用 AI 技术快速识别第三方施工破坏、管网腐蚀及泄漏隐患并触发分级预警。借助 AI 算法分析管网运行数据，预判腐蚀、老化趋势，优化完整性评价流程；建立第三方施工智能预警机制，联动施工报备数据实现提前防控，规范巡检与隐患处置流程，实现闭环管理，搭建 PDCA 持续优化体系，基于运行数据动态迭代管控策略，推动燃气管网完整性管理向数据驱动、智能管控转变。

（2）调压智能控制

该场景是指燃气企业为保障用户端供气压力稳定、提升管网安全与经济运行水平，对门站、区域站及楼栋调压箱等多级调压设施进行协同感知、预测性调节与优化控制的系统性管理活动。该场景的关键评价指标涵盖控制性能（如用户端压力合格率、超压/欠压次数）、系统效能（如协同控

制投用率、负荷预测准确率)、可靠性(如调压设备故障率、预测性维护准确率)以及经济性(如压力优化减少的泄漏量、维护成本下降率)。

该场景主要面临业务痛点为:各级调压站压力控制独立,缺乏协同优化,难以应对用气量剧烈波动;压力调节依赖人工经验或简单PID控制,响应迟缓,易导致末端压力不稳定;设备状态监测不足,故障无法提前预警;缺乏基于负荷预测的主动调压策略等。

解决方案是通过在城市燃气管网的关键节点(如门站、区域调压站、楼栋调压箱)部署智能传感器构建全域压力、流量、温度等感知系统,实时采集压力、流量、温度及设备状态数据,并借助5G/NB-IoT等网络统一传输至工业互联网平台;平台集成监测数据及其他外部数据形成燃气管网调压体系数字孪生,实现压力分布全景可视化,并应用模型预测控制(MPC)等先进算法,实现以用户端安全用气、压力稳定和总能耗最低为目标的分级协同优化控制;基于燃气供需动态变化,利用机器学习模型预测短期用气负荷,实现对各级调压装置的前馈式协同控制与自适应调节,生成预测性调压策略;通过AI调压器故障分析模型分析调压器运行参数,实现设备预测性维护等。

(3) 用气管理

该场景是指燃气企业为提升安全运营水平、优化服务质量与挖掘需求侧价值,对终端用户的用气数据进行自动化采集、异常行为智能诊断、需求精准预测并提供个性化服务的核心客户运营活动。该场景的关键衡量指标涵盖计量与收费(如自动抄表成功率、结算及时率)、安全效能(如异

常用气识别准确率、安全事故发生率）、服务质量（如用户投诉率、满意度）以及运营效率（如抄表成本下降率、需求侧响应参与度）。

该场景主要面临痛点包括：传统人工抄表效率低下、成本高昂；异常用气（如泄漏、偷盗气、私自改造）发现严重滞后，安全隐患大；缺乏对用户用气行为的深度洞察，无法提供差异化服务；户内安检领域隐患识别精度低、合规管控标准化不足、隐患整改闭环不完整、风险防御存在滞后性等核心痛点；同时，调峰保供压力大，缺乏有效的需求侧响应手段。

解决方案是构建“感知-预警-处置-服务”全链路管控体系，规模部署物联网智能燃气表，实现用气数据的远程自动采集与高精度计量；基于历史数据利用机器学习算法为每户建立用气行为基线模型，实现微小泄漏、未关火、私自改造等异常模式的智能诊断与实时预警；通过大数据分析对用户进行分群画像，并融合大语言模型等技术，为燃气用户提供个性化的能效报告、节能建议、缴费提示与智能客服，实现精准、高效的客户服务；基于海量用户数据，利用 AI 模型精准预测区域用气负荷，并设计需求侧响应项目引导用户错峰用气，增强调峰能力。利用视觉语言大模型、智能体、计算机视觉模型等前沿技术，聚焦城燃户内安全业务全场景，实现多源数据融合隐患识别、规范性自动检测、隐患整改闭环、主动防御；形成一套适配城燃户内安检实际需求的智能化技术体系与解决方案，实现入户安检效率及规范性的提升，达成安全隐患检测和风险主动防御的智能化、自动化升级。

（4）用户端设备管理

该场景是指燃气企业为突破传统计量局限，将传统物联网智能燃气表升级为集高频数据采集、安全主动预警、用户双向互动与自身健康管理于一体的“智能服务终端”，从而实现户内安全精准监护、运营效率提升与客户体验优化。该场景的关键衡量指标涵盖计量与连接性能（如自动抄表成功率、表具在线率）、安全效能（如异常识别准确率、误报率、耗电能效）、服务质量（如用户 APP 活跃度、线上业务办理比例）以及运维效能（如表具故障预测准确率、被动维修率下降）。

传统智能燃气表主要面临不足包括，表具功能单一，仅实现远程抄表，海量数据价值未挖掘；对微小泄漏、偷盗气等异常用气的识别精度低、误报率高；表具作为沉默终端，与用户缺乏有效互动，无法提供个性化服务；同时，表具自身状态（如电池、故障）监测不足，运维模式被动。

解决方案是通过部署支持高频数据采集的新一代物联网智能表具，并打通后端业务系统，实现全要素连接。在云端，利用 AI 智能算法构建用户用气行为异常识别模型，实现对燃气表具多种复杂异常模式的精准智能诊断与双向预警，将安全屏障前移至用户户内；通过分析表具自身状态数据，基于时序预测等模型实现表具电池寿命与故障风险的预测性运维；借助 NLP 技术实现用户的智能客服交互，从而将智能表具从单一的计量器具，转变为集安全卫士、服务触点与数据节点于一体的智能化、网络化终端。

（三）数字化管理

油气储运行业企业基于工业互联网平台，通过全要素数据融合、智能分析与协同决策，重构传统管理流程，实现运营管控的标准化、精细化、

透明化和智能化。其本质是以数据为驱动、以平台为枢纽、以价值为核心的管理模式变革，覆盖安全、设备、人员、能效、合规等核心管理维度，实现油气储运企业从“职能驱动”向“数据驱动”跃迁，最终实现“无人干预的自主管理闭环”。

20. 供应链管理

(1) 供应商数字化管理

该场景是指企业为构建敏捷、可靠、高效的供应链，运用工业互联网技术对供应商的资质、绩效、物流与风险信息进行统一整合，实现从寻源、协同到绩效评估的全流程在线化、数据化与智能化管控的核心采购管理活动。该场景的关键衡量指标涵盖协同效率（如订单确认时间、数据自动同步率）、质量绩效（如来料质量合格率、供应商 PPM）、供应风险（如高风险供应商占比、风险预警准确率）以及总拥有成本 TCO（如采购价格波动率、库存周转率）。

当前该业务面临供应商信息分散于不同系统，缺乏统一动态档案；采购、物流、库存数据孤立，协同效率低下；交货进度与质量状况不透明，风险预警滞后；同时缺乏对供应商全生命周期的量化评价与闭环管理等问题。

解决方案是构建“供应商关系管理（SRM）+工业互联网平台”的数字化体系，通过工业互联网平台打通 ERP、SRM、QMS 等系统，自动整合多源数据，为每个供应商构建动态更新的 360° 数字画像与档案；建立在线协同平台，将订单、质量、物流信息与供应商实时同步，实现从订单到付款的全流程可视化追溯与智能协同；基于平台数据建立量化绩效模型（含安

全资质合规、特种设备溯源、绿色生产达标等油气行业特色维度），并利用机器学习算法分析多维数据，实现供应商潜在风险（含安全合规风险、特种设备质量风险）的智能预警与主动管控，同步建立供应商安全资质动态核验与更新机制。基于 AI 预测物料需求，通过优化算法智能推荐最优采购方案与寻源策略。在此过程中，利用自然语言处理（NLP）分析公开信息以预警供应商财务与运营风险；应用时间序列算法提升需求预测精度；通过优化算法与强化学习推荐多目标约束下的最优采购决策；借助关联规则挖掘进行质量问题的根因分析。

（2）供应链物流智能配送

该场景是指企业为实现运输过程透明可控、成本与效率最优、安全主动保障，运用物联网与智能算法对运输车辆、在途物资及外部环境进行全域状态感知、动态路径规划、智能配载调度与主动安全预警的一体化、智能化物流运营活动。该场景的关键衡量指标涵盖运输效率（如车辆满载率、准时交付率、单位运输成本）、资源利用率（如车辆周转率、空驶率）、安全与质量（如运输事故率、安全预警准确率、温压控标率）以及可视化水平（如状态数据实时采集率、全程可视化覆盖率）。

当前该业务面临运输车辆状态与在途物资信息不透明；配送路线固定僵化，无法动态响应路况与紧急订单；调度高度依赖人工经验，车辆空驶率高，整体运效低下；同时危险品运输安全监管难度大，应急响应滞后等问题。

解决方案是通过为车辆加装 IoT 传感器与视频设备，实现运输全过程状态的实时感知与数字孪生映射，达成透明化管理；集成实时路况、天气

等多维数据，利用运筹优化与强化学习算法，实现以成本最低、交付准时为目标的智能路径规划与动态调度；自动匹配订单与运力资源，实现智能配载与运力协同，最大化车辆装载率与周转效率；通过设定安全阈值与AI实时监测，实现异常预警、司机行为分析及应急联动，保障运输安全。在此过程中，利用机器学习实现更精准的预测性到达时间；应用强化学习算法持续优化动态路径；通过计算机视觉实时监控驾驶行为与道路风险；基于历史数据智能预测运输需求与进行成本模拟报价。

(3) 供应链风险预警与调度

该场景是指企业为应对多环节、多来源的潜在中断威胁，提升供应链韧性，对从供应商到客户的全链条风险进行集成监控、智能预测、模拟仿真与协同决策，以实现风险超前管控与自适应恢复的核心管理活动。该场景的关键衡量指标涵盖预警效能（如风险预警准确率、预警提前时间）、响应效能（如应急响应启动时间、决策方案生成时间）、韧性指标（如供应链恢复时间、总体拥有成本TCO波动率）以及协同效率（如跨部门协同任务完成率）。

当前该业务面临供应链风险分散于各环节，缺乏统一监控与协同预警体系；风险识别多依赖事后报表，无法实现事前预测；应急响应以低效的人工协调为主；同时调度决策缺乏数据支撑，难以在复杂约束下快速制定最优恢复方案等问题。

解决方案是通过工业互联网平台集成内外部多源数据，构建供应链全链条数字孪生体，实现风险的动态映射与可视化监控；基于历史与实时数据，利用机器学习算法建立多维度风险预测模型，实现对供应商、物流、

需求及外部风险的智能评估与超前预警；当风险发生时，平台在数字孪生体中快速模拟仿真不同应对策略的影响，并基于多目标优化算法推荐综合最优方案，自动生成调度指令；关联应急预案库，实现从预警到执行反馈的闭环管理。在此过程中，利用机器学习融合多源数据构建预测模型；通过因果推断与图算法进行中断事件的快速根因分析；应用强化学习在数字孪生中自主探索最优恢复策略；借助自然语言处理自动解析外部信息以提取风险事件；基于案例库学习新增风险智能推荐应对预案。

（4）采购计划优化协同

该场景是指企业为打破“产、购、存”间的信息壁垒，以总拥有成本（TCO）最优为目标，运用工业互联网与数据智能技术，实现物料需求精准预测、跨部门计划自动协同、供应商高效联动与采购策略动态优化的核心计划管理活动。该场景的关键衡量指标涵盖计划效能（如需求预测准确率、计划制订周期）、库存绩效（如库存周转率、呆滞库存比率）、协同效率（如订单确认时长、紧急采购占比）以及成本绩效（如TCO下降率、采购价格波动率）。

当前该业务面临采购计划与生产、库存计划脱节，存在“信息孤岛”；需求预测依赖历史经验，难以精准应对市场波动与检修安排；与供应商协同不足，导致交货周期长且不稳定；同时缺乏对价格趋势、物流等综合成本的分析能力，难以制定最优采购策略。

解决方案是通过工业互联网平台打通ERP、MES及市场数据，利用机器学习时序算法实现物料需求的精准预测；建立“产—购—存”协同优化模型，自动平衡需求、库存与供应约束，一键生成智能采购计划；通过供

应商门户实现计划与进度的实时共享与协同，并集成物流平台进行在途可视化管理，增强供应链敏捷性与韧性；内置综合成本模型，基于市场数据与优化算法推荐最佳采购时机与组合，实现总拥有成本（TCO）的持续优化。在此过程中，应用深度学习算法提升需求预测精度；利用推荐系统算法智能匹配最佳供应商；通过自然语言处理（NLP）与时序模型预测价格趋势，建议最优采购窗口；借助机器学习进行供应链风险模拟与预警，并基于历史交易数据为采购谈判提供智能支持。

（5）智能招采

该场景是指企业为提升采购效率、透明度与战略价值，对招标采购全流程进行在线化、自动化重构，并利用数据智能技术实现供应商精准寻源、评标量化分析与成本动态优化的核心战略采购活动。该场景的关键衡量指标涵盖流程效率（如采购订单处理周期、流程自动化率）、成本绩效（如采购成本节约率、整体拥有成本 TCO）、供应商绩效（如优质供应商占比、交货准时率）以及合规与风险（如采购合规率、风险预警准确率）。

当前该业务面临招采流程冗长，依赖纸质文件与人工操作，效率低下；供应商信息分散，资质审核与绩效评估缺乏数据支撑；评标过程主观性强，缺乏量化分析工具；采购价格与市场行情脱节，难以实现最优采购；同时缺乏对全流程的实时监控与风险预警。

解决方案是构建数字化招采平台，将需求提报、招标、评标到合同签订等全流程在线化、无纸化，并利用 RPA 等技术实现流程自动化，大幅缩短周期；集成内外部数据为供应商构建 360° 全景画像与信用评级，基于算法模型实现精准智能寻源；在评标环节提供多维度量化分析工具，自动

计算综合得分，并利用 AI 识别报价异常，辅助科学定标；接入市场数据并利用 AI 预测价格趋势，为成本分析与谈判提供智能支持。在此过程中，利用自然语言处理分析舆情与财报，实现供应商风险智能预警；通过自然语言理解自动解析招标文件，进行智能符合性检查；应用机器学习模型辅助评标与权重设置；基于时序数据预测价格走势，模拟谈判策略；借助 AI 自动审查合同条款与风险。

（6）智能仓储

该场景是指企业为提升仓库运营的精准性、效率与安全性，通过部署物联网、自动化设备与数字孪生技术，实现对库存、作业、环境及设备的实时感知、自动调度与智能优化，从而达成库存高精度可视、作业全流程自动化、管理持续精益化的现代化仓储管理模式。该场景的关键衡量指标涵盖库存管理（如库存准确率、盘点效率）、作业效能（如订单履约率、出入库效率）、空间与资源（如空间利用率、库存周转率）以及安全与成本（如安全事故率、仓储运营成本）。

当前该业务面临库存数据更新依赖人工盘点，账实不符率高；仓储出入库、移库等作业依赖人工作业，效率低且差错多；对危险品等特殊物料的状态监控不足，存在安全隐患；同时仓储空间利用率与物料周转率偏低。

解决方案是构建基于工业互联网的“感知—执行—优化”一体化智能仓储系统，通过部署 RFID、智能货架、AGV 及环境传感器，实现库存、位置与环境的全域实时感知，并构建数字孪生模型实现全面可视化；集成 WMS/WCS 系统，自动调度 AGV、堆垛机等设备，并引导人员通过 AR/PDA 进行精准作业，实现“货到人”等高效自动化流程；利用 AI 算法分析物

料特性，动态优化库位分配与盘点计划，提升空间利用与作业效率；对自动化设备进行预测性维护，并对环境异常实现主动安全预警与联动控制。在此过程中，利用机器学习预测物料需求，实现智能补货；通过强化学习在数字孪生中进行仓库策略仿真与优化；应用计算机视觉识别人员行为与货物堆放合规性；借助多智能体强化学习实现大规模 AGV 集群的协同调度；利用无监督学习从数据中发现潜在异常模式。

（7）工程物资管理

工程物资管理协同指油气储运工程建设期，管材、阀门、清管器、压缩机等储运工程物资从设备、采购、生产、仓储物流、施工安装全过程中，联动业主、总包/分包单位、物资供应商、物流服务商等多方主体，打破跨主体、跨环节的数据与管理壁垒，实现工程物资全链路信息共享、需求协同、资源调配与过程管控的一体化管理场景。关键衡量指标包括物资需求协同响应时效、跨主体物资数据对接准确率、工程物资供应及时率、物资配套到位率、仓储协同周转率、现场物资领用核销闭环率、跨主体结算协同效率、物流配送精准率、工程物资库存积压率、物资质量追溯协同覆盖率等。

该场景主要面临以下痛点：工程物资管理全流程涉及多主体、多环节、多系统，数据实时共享交互困难；部分物资管理多以批次、车次为单位，精细化管理不足；部分场景存在人工录入、重复录入等情况，效率低下且易出现数据错误；物资数据分散，难以实现物资全流程精准追溯与闭环管控；全流程海量业务数据价值挖掘不充分等。

基于工业互联网的工程物资管理协同融合方案如下：依托油气储运行业标识解析二级节点，为钢管、压缩机、阀门等上游物资生产企业建立标识解析企业节点；基于物资特性及行业、企业规范，建立工程物资标识编码规则，对物资个体赋予唯一身份标识编码，实现“一物一码”；利用标识码的全流程唯一、跨环节穿透等优势，通过标识码串联工程物资采购、物流、仓储、施工等各业务环节，构建数据互联共享机制，推动跨环节、跨主体、跨系统业务协同与数据穿透，基于标识码快速实现数据共享交互，实现物资全生命周期状态实时追踪、智能预警、供需协同、过程管控，为缩短生产及交付周期、提高物资周转率、降低资金占用及运营成本等提供支撑。

21. 营销管理

(1) 管输/仓储服务合同管理

管输/仓储服务合同智能管理场景，是指油气储运企业为保障服务收入、控制履约风险并提升客户体验，对各类服务合同的数字化签署、结构化解析、履约过程自动监控、费用智能结算与客户价值分析进行全生命周期数字化运营的核心营销管理活动。该场景的关键衡量指标涵盖管理效率（如合同审批周期、计费结算周期）、履约质量（如合同履约率、输量偏差预警准确率）、财务效能（如应收账款周转天数、计费差错率）以及客户满意度（如客户门户使用率、账单异议率）。

当前该业务面临合同版本繁多、条款变更频繁，缺乏统一管理 with 审批流程；关键数据依赖人工提取，效率低且易错；合同履行情况与生产系统

数据脱节，缺乏自动监控与预警；同时计费结算大量依赖手工，周期长、易引发争议等问题。

解决方案是构建合同全链条数字化管理平台，通过建立标准模板库，并利用 OCR 与 NLP 技术实现合同的数字化与关键条款的结构化解析，确保版本唯一与权责清晰；通过 API 集成生产系统，自动采集并实时比对实际输量、库存等数据与合同约定值，实现履约情况的自动监控与风险预警；基于结构化条款与实时数据，系统自动生成精准费用计算单，并推送至客户门户，无缝对接财务系统完成结算；汇聚全量数据支持客户价值分析与商业洞察。在此过程中，应用 NLP 技术精准解析合同文本；利用时间序列预测模型实现更早期的履约风险预警；通过 AI 快速定位相关条款与数据，智能辅助处理账单争议；基于客户行为数据预测流失风险；分析历史数据为优化定价策略提供建议。

(2) 客户管理与关系维护

该场景是指通过系统化分析客户用气特性、需求偏好与信用风险，提供更加优质的仓储、运输与调峰服务方案。其核心在于建立长期战略合作，通过专业服务、动态合同与增值信息共享，增强客户黏性，实现从单纯资源销售向综合能源服务解决方案的转型，提升客户价值与公司收益。该场景的关键衡量指标涵盖客户洞察（如客户数据完整率、分层准确率）、服务质量（如客户满意度 NPS/CSAT、主动服务触发率）、客户价值（如高价值客户保有率、流失率）以及管理效率（如客户经理人效、营销活动 ROI）。

当前该业务面临客户信息分散于 CRM、ERP、SCADA 等不同系统，缺乏统一的 360° 视图；服务模式被动响应，无法基于客户行为预测需求并提供主动服务；客户分级与价值评估缺乏数据支撑，难以实现差异化服务；同时客户流失预警滞后，满意度提升缺乏有效手段等问题。

解决方案是融合多源客户数据，构建动态更新的客户 360° 全景画像；基于画像与实时数据监控，在预测或监测到异常时主动触发预警与服务，变被动为主动，并开通客户自助门户提升体验；建立多维度价值评估模型，自动对客户进行精准分层，并匹配差异化服务与营销策略；通过机器学习分析历史数据，实现客户流失风险预测与主动干预，提升忠诚度。在此过程中，AI 技术是驱动智能化的核心：利用机器学习分类算法精准预测客户流失风险；分析历史输量与行业动态，预测需求并挖掘销售机会；部署 AI 聊天机器人实现智能客服；通过自然语言处理进行情感分析与舆情监控；并基于客户画像与行为，为经理推荐“下一个最佳行动”，从而将客户管理从信息割裂、服务被动、经验判断的传统模式，升级为数据融合、服务主动、智能决策的客户关系运营新模式。

(3) 容量分配与优化

该场景是指企业为最大化管道输送能力与储罐库存等核心资产的经济价值，运用工业互联网平台对全网剩余容量资源进行实时感知、可视化与价值评估，并通过智能算法实现长期合同与短期现货容量的动态优化分配、在线交易与自动协同执行的高级资产运营活动。该场景的关键衡量指标涵盖资产效率（如管容/库容综合利用率、现货容量占比）、经济效益（如容量相关总收入、动态定价收益贡献）、客户与市场（如长期合同履

约率、现货交易成交率)以及运营效能(如容量分配决策时间、提名到计划下达的自动化率)。

当前该业务面临管容/库容分配依赖人工经验和简单规则,难以实现资产收益最大化;供需匹配效率低,缺乏实时交易与动态调整机制;现有容量利用率不透明,存在资源闲置与瓶颈并存的现象;同时缺乏对市场需求的精准预测,难以指导科学的长期容量规划。

解决方案是通过工业互联网平台实时集成 SCADA 等系统数据,在数字孪生体中实现容量资源的动态可视化与全景感知;基于实时数据、客户合同与市场需求,构建以整体收益最大化为目标的优化模型,应用运筹学与 AI 算法自动计算最优分配方案,并对剩余容量实施动态定价;建立在线容量交易平台,实现客户提名的自动撮合,并将确认的计划自动下发至生产系统执行,达成交易与物理操作的无缝协同;利用机器学习模型预测中长期需求,模拟不同投资策略的影响,并为容量透支风险提供早期预警。在此过程中,利用时间序列与机器学习算法精准预测短期与中长期容量需求;应用强化学习算法根据实时供需关系优化动态定价策略;运用进化算法在复杂约束下求解海量提名的最优分配组合;通过无监督学习识别容量使用中的异常模式;在数字孪生体中利用 AI 代理进行长期战略模拟。

22. 企业经营决策

(1) 规划与投资决策优化

该场景是指企业为应对复杂多变的内外部环境,在制定重大发展战略与资本性支出计划时,运用数据分析与智能算法对海量内外部数据进行融合分析、多情景动态模拟与多目标协同优化,以支持项目全生命周期价值

精准评估与风险量化管理的战略性决策活动。其关键衡量指标涵盖决策质量（如项目预期与实际 IRR 偏差率、投资决策周期）、风险控制（如风险价值 VaR、压力测试通过率）、经济效益（如全投资内部收益率 IRR、净现值 NPV）以及战略协同（如战略目标达成度、碳排放强度下降率）。

当前该业务面临规划与投资决策多依赖历史数据和静态模型，难以精准模拟市场、政策与技术演进等多重不确定性；各业务板块数据孤立，缺乏协同优化；项目经济评价维度单一，难以量化战略价值与潜在风险；同时，决策过程主观性强，缺乏对海量数据的智能分析能力等问题。

解决方案是利用工业互联网平台整合内外部数据，通过自然语言处理（NLP）技术分析政策与舆情，形成全面的市场洞察；构建覆盖“资源—管网—市场”的宏观数字孪生体，通过数以万次的蒙特卡洛模拟，动态量化评估不同场景下的经济效益与风险分布；建立综合考虑经济、战略、风险与合规的多目标优化模型，应用遗传算法、强化学习等 AI 算法自动搜索并推荐最优解集；对入选方案进行全生命周期成本精细化核算，并追踪实际运营数据以持续校准模型，形成“决策—执行—反馈—优化”的闭环。在此过程中，利用时间序列模型与 NLP 预测关键外部变量；应用进化算法、强化学习在复杂条件下高效搜索最优投资组合；通过机器学习模型实现风险的智能定价与量化；借助无监督学习发现已投运项目的异常效益模式；利用 NLP 自动生成模拟分析报告与决策建议。

（2）可持续性发展分析

该场景是指企业为应对日益严苛的环保法规、资本市场与利益相关方的要求，将环境（E）、社会（S）与治理（G）因素融入核心战略与运营，

通过工业互联网技术实现 ESG 数据自动采集、碳足迹精准核算、可持续性量化决策与可信报告自动生成的系统性管理活动。其关键衡量指标涵盖环境绩效（如单位周转量碳排放强度、绿电占比）、社会绩效（如可记录工伤事故率、社区投资）、治理与合规（如 ESG 数据披露率、绿色融资规模）以及综合价值（如可持续发展项目投资回报率、碳风险价值）。

当前该业务面临 ESG 数据分散于不同系统，缺乏统一测量与整合；碳足迹等关键指标核算依赖手工与周期性报告，时效性与准确性差；可持续发展目标与日常经营决策脱节，难以量化措施的实际效益；同时面临碳关税、绿色融资等外部压力，合规与披露挑战巨大等问题。

解决方案是利用工业互联网平台自动采集能耗、排放、安全及供应链等全维度 ESG 源数据，构建统一数字底座；基于国际标准内置核算模型，实现从范围一到范围三的碳足迹实时精准核算与可视化，并利用数字孪生技术模拟减排技术潜力；将碳成本等 ESG 因素纳入传统经济模型，通过模拟分析不同策略的综合价值，推荐综合最优的低碳转型路径，驱动可持续发展从“成本中心”向“价值中心”转变；平台自动生成符合主流框架的 ESG 报告，并利用区块链技术确保数据可信与可审计，支撑绿色金融对接。在此过程中，利用时间序列模型预测短期碳排放趋势；应用强化学习探索成本最优的长期减排路径；通过自然语言处理分析政策舆情，实现 ESG 风险智能预警；借助 AI 分析优化绿色投资组合；基于供应商 ESG 数据实现智能寻源，从而将可持续发展管理从分散、滞后、被动的合规负担，升级为集成、前瞻、创造价值的战略性智能管理体系。

（3）市场预测与自动化交易

该场景是指企业为应对复杂多变的市场环境、捕捉交易机会并管理风险，基于大数据与人工智能模型，对海量内外部数据进行融合分析、多维度市场预测，并在此基础上实现交易策略与实物运营（库存、物流）的协同优化、自动化执行及实时风险管控的高级交易与决策活动。该场景的关键衡量指标涵盖预测性能（如价格预测准确率 MAPE、方向预测准确率）、交易绩效（如年化收益率 ARR、夏普比率）、运营协同（如期现结合收益贡献、物流成本优化率）以及风险控制（如风险价值 VaR、止损指令执行率）。

当前该业务面临市场预测多依赖经验与简单模型，难以刻画油气价格、需求与政策的复杂非线性关系；交易决策与生产、库存、物流等实物运营数据脱节，无法实现全局价值优化；交易执行依赖人工，效率低下且易错失市场时机；同时缺乏有效的实时风险监控与智能化对冲手段等问题。

解决方案是构建“预测—决策—执行—风控”一体化智能交易平台，整合内部运营与外部市场、舆情等多源数据，并通过自然语言处理（NLP）解析文本信息，形成统一的市场洞察；应用机器学习与时间序列模型，实现短期与中期的多维度市场预测与情景模拟；建立交易与实物资产的联合优化模型，由 AI 自动生成以整体利润最大化为目标的最优交易策略，并通过 API 接口实现自动化执行；平台实时监控所有头寸与市场风险，设定阈值并支持自动触发应对指令，实现动态风险管控与智能对冲。在此过程中，利用深度学习与集成学习构建高阶预测模型；应用强化学习自主进化

交易策略；通过 NLP 深度分析市场情绪与事件冲击；借助无监督学习识别异常交易模式；基于 AI 模型实时优化动态对冲策略。

23. 人力资源管理

(1) 人员技能数字化培训

该场景是指企业为提升培训实效、保障作业安全并加速人才发展，运用扩展现实（XR）、知识图谱与人工智能等技术，构建沉浸式模拟实操、在线知识学习与个性化技能评估于一体的新型培训体系，旨在实现培训内容与现场无缝对接、技能评估数据化与学习路径自适应的核心人才发展活动。该场景的关键衡量指标涵盖培训效果（如技能达标率、事故演练成功率）、培训效率（如培训周期缩短率、线上培训覆盖率）、运营效能（如高技能人才占比、岗位适任率）以及业务影响（如操作差错下降率、应急响应时间提升率）。

当前该业务面临传统集中式培训成本高、效率低，且与生产现场严重脱节；培训内容更新缓慢，难以跟上新技术与新工艺的发展；培训效果难以量化评估，无法精准匹配岗位技能缺口；同时，高风险作业的实操培训机会少、风险大等问题。

解决方案是利用 VR/AR/MR 技术构建高仿真作业场景，实现高风险作业的沉浸式、安全化反复演练与 AR 现场辅助；建立云端知识库与微课平台，将脱敏的实时生产数据转化为鲜活案例，支持碎片化学习；为每位员工建立“技能数字护照”，通过 AI 分析绘制个人技能画像，实现学习内容的个性化精准推荐；通过管理驾驶舱进行大数据分析，量化评估培训效果与投资回报。在此过程中，利用机器学习为员工生成并动态调整个性化

学习路径；在 VR 模拟中充当智能教练，实时纠错与自动评分；通过自然语言处理构建智能问答助手，即时响应员工疑问；基于最新文档自动生成培训内容，加速知识更新。

（2）柔性排班

该场景是指企业为应对动态的生产需求与复杂的人力资源约束，运用工业互联网与智能优化算法，实现排班计划与生产任务自动匹配、多目标协同优化、异常情况弹性响应及员工疲劳与合规风险智能管控的现代化人力资源管理活动。该场景的关键衡量指标涵盖排班效率（如排班计划制定时长、异常调整响应时间）、资源效能（如人力利用率、加班工时占比）、合规与安全（如工时合规率、疲劳度预警准确率）以及员工满意度（如班次偏好满足率、换班申请成功率）。

当前该业务面临传统排班方式僵化，无法快速响应生产波动与突发需求；班次安排依赖人工经验，难以兼顾法规、技能、疲劳度与个人偏好；多地点、多工种协同排班复杂度高；同时，缺勤、调班等异常情况频发，计划调整效率低下。

解决方案是实时集成生产系统（MES/SCADA）的未来任务数据与 HR 系统的员工技能、偏好及工时数据，形成完整的排班决策基础；基于运筹优化与 AI 算法，在以生产需求为首要目标的同时，综合考虑法规、成本与员工满意度等多重约束，自动生成最优班次计划；通过员工移动端与实时人力库，实现请假、换班申请的快速弹性响应与动态调整；系统持续追踪员工工时与休息情况，利用算法模型评估疲劳风险并提前预警。在此过程中，利用时间序列模型预测生产负荷；应用遗传算法、强化学习在复杂

约束下求解最优排班方案；基于机器学习预测员工缺勤风险；通过分析历史选择学习员工个性化偏好；借助自然语言处理技术实现智能沟通。

（四）网络化协同

油气储运行业企业打通内外部组织边界，通过建立跨企业数据共享的安全边界与权限划分规则，构建跨地域、跨企业、跨专业的基于工业互联网的动态协作网络，实现产业链上中下游（勘探开发、储运、炼化、销售）及配套服务商的高效协同与价值共创。同时，依托行业公共服务平台，推动建立中小企业参与网络化协同的轻量化路径，形成以平台为纽带、数据为血液、智能为引擎的面向全行业的弹性价值网络。

24. 智慧能源网络协同

智慧能源网络协同场景是指在“双碳”目标与构建新型电力系统的背景下，推动能源管理从企业内部单点优化向跨流程、跨网络、跨组织、多能源协同演进的高级形态。其核心不仅在于实现企业内部“源—网—荷—储”全业务流程的数据贯通与智能调度，更在于深化多能融合，整合油气储运企业（如 LNG 接收站、储气库）的大型储能、柔性负荷资源及行业专属多能潜力（LNG 冷能回收、储运设施余热利用等），实现电、气、热、冷多能源协同互补，将其转化为电网侧优质调节资源，同时通过平台化模式连接产业链上下游、电网及综合能源服务商，构建数据驱动、价值共享、动态优化、多能互补的区域性能源产业生态。该场景的关键衡量指标包含企业内协同指标（如业务流程线上化率、单位产值综合能耗）、物理—信息网融合与电网响应指标（如 AGC/调频指令响应时间、爬坡速率、网络可靠性）、跨企业及绿电消纳指标（如跨企业级能效提升率、绿电/绿证

交易量、支撑可再生能源消纳电量、降低弃风弃光率）、多能融合指标（如多能互补调度成功率、LNG 冷能回收利用率、余热/余冷综合利用效率）以及平台生态指标（如平台接入的多元化主体数量、辅助服务市场收益、基于平台的创新应用数量）。

当前该领域面临多重壁垒，企业内部能源管理流程割裂，生产、设备管理与销售部门数据协同不充分，且电、气、热、冷多能源管理各自独立，未实现多能协同调度；物理能源网络与信息网络分离，难以实现实时互动与精准控制，多能源品类的计量、调控标准不统一，融合难度大；传统油气储运设施作为纯粹的能源用户，其用能计划与电网需求、新能源波动及多能源互补需求脱节，缺乏对市场、新能源出力及多能供需的超前感知与预测能力；同时，企业间存在信息与信任壁垒，缺乏开放平台支持余能（余热、余冷、余电）交易与负荷聚合，多能资源难以实现跨主体高效调配，难以形成规模化、多能融合的能源生态。

解决方案是构建一个多层递进、生态开放、多能融合的智慧能源运营平台。第一层（内部贯通）打通 ERP、MES、SCADA 及能源计量系统，整合电、气、热、冷等多能源计量数据，构建企业级多能数字孪生，实现全流程、多能源智能化管控与协同；同步挖掘 LNG 接收站冷能、储运设施余热等专属多能资源，纳入内部能源协同体系。第二层（物理—信息融合）部署边缘智能网关，实现多能源设备（冷能回收、余热利用、储能、变电等）广泛接入与柔性控制，支撑需求侧秒级响应，打破不同能源品类的调控壁垒。第三层（三元协同与多能互补）构建“电网—新能源场站—储运设施—多能终端”智能服务中台，利用 AI 协同决策引擎进行新能源出力、多

能源供需高精度预测，并通过多目标优化算法求解最优调峰调频、多能互补策略，实现生产调度、电网指令与多能源协同的安全高效衔接，推动LNG冷能用于区域供冷、余热用于供暖/发电等多能梯次利用。第四层（生态开放）提供标准化接口，支持多企业接入开展余热/冷/电/气多能交易，开放能力吸引金融机构、综合能源服务商入驻，共同开发绿色电力聚合采购、碳资产管理、多能互补聚合服务等创新应用，推动多能资源跨主体、跨领域高效流转，实现能源价值最大化与生态共赢。

（五）服务化延伸

油气储运行业企业基于工业互联网的数据聚合与智能分析能力，将传统设备销售、管道运输服务或油气仓储，向高附加值、全生命周期的数字化服务模式转型，通过数据驱动的创新服务创造增量价值。

25. 油气保供服务

该场景是指企业依托其管网、储库、接收站等实体资产网络 and 专业化运营能力，面向城市、区域或重点客户，在极端天气、基础设施故障、市场剧烈波动等突发情况下，提供快速响应、资源高效协同、供应稳定可靠的能源保障服务。其核心是将被动的应急响应转变为主动的、可预测、可调度的服务能力。该场景的关键衡量指标包括响应速度（如应急启动至资源调度的决策时间）、执行效能（如应急保供计划完成率、峰值供应能力达成率）、资源效率（如应急资源利用率、单位保供成本）以及服务可靠度（如保供承诺履约率、客户满意度）。

当前主要面临的挑战包括预见性不足，对可能引发供应中断的风险（如极端天气、地质灾害、突发性管网故障）缺乏有效的早期预警和系统

性评估，往往“事后响应”；协同效率较低，应急状态下，可用资源（管存、库容、备用运输工具、替代气源/油源）信息分散，跨部门、跨企业的调度指挥依赖电话、邮件和经验，难以快速形成并执行最优方案；过程不透明，从指令下达到资源抵达，服务链条不透明，客户无法实时掌握保供进展，影响信任与协同。

解决方案是构建应急保供指挥与协同平台，整合内外部数据，将气象预警、地质灾害监测信息、管网实时运行数据、储罐库存、运输工具位置及客户需求侧信息汇集到统一视图中，形成完整的保供态势图；利用数据分析模型评估风险等级和潜在影响，生成预警，实现智能辅助决策与协同调度；在应急启动后，系统能根据预设规则和优化算法，快速模拟多种资源调配方案，为指挥人员提供清晰、量化的决策建议。同时，平台提供可视化指挥界面，调度指令可一键下发并跟踪执行状态，并通过移动端应用将关键进展同步给相关内部人员和客户端，实现信息透明与高效协同。

26. 设备远程运维服务

该场景是指供应商为油气管道泵机组、压缩机、智能控制阀门等核心设备提供的覆盖设备实时监控、故障诊断、健康管理、维修保养以及全生命周期管理等设备运维全流程专业化服务，实现设备供应商从卖产品向卖服务转型。该场景的关键评价指标包括设备运行可靠度（如平均无故障运行时间、故障停机率、设备健康度评分等）、运维服务效率（如故障响应时间、平均故障修复时间、远程诊断解决率等）、智能化运维指标（如设备远程监控覆盖率、故障预测准确率、模型适配度等）、成本管控指标（如备件库存周转率、运维/巡检成本降低率、预测性维护成本占比等）。

该场景面临的主要问题包括储运设备分布范围广（覆盖陆上长输管道站场、地下储库等场景），传统人工巡检模式成本高、效率低且存在安全盲区，难以实时掌握设备运行状态；设备故障多为事后抢修，缺乏提前预警机制，易引发油气泄漏等安全事故及停产损失；设备类型多，涵盖泵机组、压缩机、阀门、站控系统等多类型设备，且不同供应商的设备数据格式不统一，供应商与业主之间易出现数据孤岛，难以实现故障的精准溯源与远程诊断；备件管理存在供需错配问题，传统基于经验的备件储备模式易造成库存积压或缺货停机。

解决方案是供应商可基于工业互联网搭建一体化的远程运维平台，为业主提供远程运维服务。通过在泵、压缩机、阀门等设备上部署传感器，实时采集温度、压力、振动、阀门开关频次等运行数据，依托平台的大数据分析与 AI 算法，构建设备故障预测模型，实现潜在故障的提前预警与精准诊断，将被动抢修转化为预测性维护，并为产品优化提供数据支撑；利用数字孪生技术构建设备的虚拟映射，模拟不同工况下的设备运行状态，为远程调试、故障复现及维保方案优化提供支撑；采集各类设备耗能数据（电耗、燃气耗、燃油耗），构建设备能碳监测中台，提供能耗可视化监测、能碳核算、能碳优化等个性化服务；打通与业主设备管理平台的数据接口，建立跨主体的协同运维体系，实现设备运行及故障信息的实时共享与联合处置；基于设备运行数据与故障规律，构建智能备件管理模型，实现备件需求的精准预测与动态调配，降低库存成本与缺货风险；提供基于设备标识码的售后服务，通过扫码实现故障反馈、远程售后支持等个性化服务支撑。

（六）个性化定制

油气储运行业企业正利用工业互联网技术加速向‘个性化定制’模式转型。通过大数据、数字孪生等技术与制造服务的深度融合，打破传统标准化产品的局限—装备制造企业通过 C2M 模式实现特种储运装备柔性制造，技术服务企业提供定制化运维方案，燃气企业打造‘千人千面’服务体系，多主体协同推动产品与服务匹配度显著提升了产品与服务的匹配度。

27. 中小客户定制化服务

该场景是指面向区域型加油站、LPG 站、CNG 站、LNG 加注站、加氢站、小型化工园区等中小客户，结合其产能规模有限、资金实力薄弱、区域市场特点鲜明的核心特征，提供适配的油气储运定制化服务，涵盖小型储罐设计与建设、短途油气配送、灵活运维服务等内容的业务场景。该场景核心解决“中小客户难以承担大型标准化储运装备投入、个性化需求无法被满足”的痛点，旨在为中小客户提供低成本、高适配、快响应的储运服务。关键衡量指标包括储运成本（适配中小客户资金预算，降低初期投入与运维成本）、服务响应速度、方案设计周期、设备交付周期、储运安全性（储罐泄漏、油气挥发控制）及运营灵活性（销量动态调整储运规模）。

当前该业务面临的挑战包括中小客户产能小、资金有限，传统标准化大型储运装备初期投入高，超出其预算承受范围，准入门槛高；中小客户需求分散且个性化强，如不同县域的运输路线差异、储罐安装场地限制等，传统标准化服务难以精准适配；中小客户自身运维能力薄弱，缺乏专业的设备监测与故障处理团队，设备运维保障不足，易影响正常运营；区域市

场需求波动大，中小客户固定的储运规模易出现资源浪费或供应不足的情况，运营效率低下。

解决方案是搭建基于工业互联网的中小客户油气储运定制化服务平台，以轻量化、模块化、智能化服务破解痛点。平台提供轻量化、模块化的定制化方案，通过小型标准化储罐、短途灵活配送等核心模块的灵活组合，降低初期投入成本，降低中小客户准入门槛；搭建快速响应的需求对接与方案设计平台，制定模块化组件统一兼容标准，明确接口协议（如 OPC UA）、数据交换格式（JSON），要求模块供应商遵循该标准适配，降低中小客户集成成本；利用平台沉淀的区域市场数据优化方案适配性，实现方案快速设计与设备快速交付；基于工业互联网实现储运设备的远程监测与智能运维，提供在线故障诊断服务，联动就近运维团队快速响应，弥补中小客户运维能力不足的短板；通过平台大数据分析区域市场需求波动规律，为中小客户提供柔性储运调度方案，实现运力与需求的精准匹配，提升运营效率。

28. 个性化燃气用户服务

该场景是指燃气企业利用物联网与大数据技术，打破传统标准化供气与被动式管理，构建以用户为中心的差异化服务体系。其核心是实现从“单一供应”向个性化定制服务的转变，通过精准识别用户特征，为居民和工商用户提供涵盖安全用气、能效优化及便捷交互的定制化体验，满足不同群体的多元化需求。其关键衡量指标包括服务个性化指标（如用户画像精准度、个性化建议采纳率）、运营效率指标（如线上服务渗透率、智能客服分流率）、价值创造指标（如工商用户平均节能降本金额、居民用气安

全预警准确率) 以及用户满意度指标 (如服务响应时效、用户体验 NPS 值)。

当前该业务面临多重核心挑战。传统模式下, 居民用户面临缴费不便、缺乏基于自身用气习惯的定制化安全指导与节能建议, 安全检查缺乏针对性且存在盲目性; 工商用户受限于粗放的计费方式, 无法获取详尽的能效分析报告, 难以优化能源成本结构; 此外, 线下服务响应慢、渠道单一, 导致整体用户体验不佳, 难以适应市场精细化服务的要求。

解决方案是依托“端-云协同”架构, 打造燃气用户个性化定制方案; 利用智能感知技术精准“把脉”, 规模化部署 NB-IoT 智能燃气表, 高频采集实时用能数据, 通过 5G 网络上传, 实现远程阀控与异常预警, 为个性化服务奠定数据基础。构建全渠道协同服务矩阵, 集成 APP、小程序及 NLP 驱动的 AI 客服, 实现 7×24 小时智能问答与精准工单调度。深化大数据分析实现精准画像, 基于数据为工商用户推送定制化能效诊断以辅助降本增效, 为居民提供个性化安全用气指导和差异化节能建议。应用数据安全技术保障隐私, 通过加密与权限管控, 支撑个性化服务的安全、可靠运行。

(七) 精细化投融

油气储运行业企业依托工业互联网具备的实时数据聚合、AI 预测与数字孪生仿真等核心能力, 对投资项目实施全生命周期穿透式管理, 实现资产配置精细化、风险定价精准化、收益动态优化和资产价值最大化, 其本质是将“数据驱动”理念贯穿投融决策全流程, 破解传统模式中“信息

不对称、评估滞后、风控粗放”的痛点，重构“募、投、管、退”全业务链条。

29. 供应商融资及保理

该场景是指核心企业（如管道公司、大型油服公司）为稳固供应链体系、提升生态竞争优势，联合金融机构为其上下游供应商提供基于真实贸易数据的在线融资与保理服务的业务形态。该场景以破解中小企业融资难题为核心目标，关键衡量指标涵盖融资效率（如融资申请至放款平均时长、线上自动化审批率）、融资成本（如综合融资成本降低百分比）、风险控制（如贸易背景虚假率、坏账率）以及业务规模（如供应链金融业务规模、中小供应商融资覆盖率）。

当前该领域的痛点包括由于信息不对称，金融机构难以核查贸易背景真实性，致使中小供应商融资门槛高、成本较高；融资流程依赖线下纸质单据，运作效率低下；对资金流向及应收账款状态缺乏有效监控手段，风险管控存在滞后性。

解决方案是构建“数据增信、流程驱动、风险可控”的数字化金融平台，通过 API 对接核心企业 ERP、SRM 等管理系统，自动抓取真实贸易数据，借助区块链技术保障数据不可篡改，形成可信的“数字信用凭证”或“电子债权凭证”，从根源上解决债权确权与主体信任问题。在此基础上，实现融资申请线上化提交、自动化匹配与审批，将放款周期从周缩短至小时；构建覆盖贷前资质审核、贷中动态监控、贷后风险处置的全流程智能风控体系，实现资金闭环管理与动态风险预警。在此过程中，利用机器学习模型融合多源数据开展智能信用评级与风险定价；运用图神经网络与自

然语言处理技术识别复杂关联交易与欺诈风险；应用预测模型提前预判供应商资金需求与核心企业付款风险；借助 RPA 机器人实现流程自动化；推动供应链金融从依赖抵押担保、流程繁琐、风险被动应对的传统模式，升级为数据驱动、高效透明、智能风控的产融协同模式。

30. 碳资产融资与交易

该场景是指企业为挖掘油气储运行业全链条碳减排资产价值潜力，联合金融机构依托工业互联网、碳监测核算及区块链存证等技术，实现碳资产数字化建档、减排量精准核算、融资需求与金融资源智能匹配及碳配额/核证自愿减排量（CCER）高效交易的核心业务形态。其核心围绕“减少能源消耗、控制温室气体泄漏、替代化石能源、优化运行效率”四大方向，通过“物理设施+技术系统”协同发力，助力企业对接绿色金融资源、挖掘碳资产增值空间，实现低碳转型与经济效益双赢发展。该场景的关键衡量指标主要包括碳资产价值指标（如碳减排量核算准确率、碳资产估值偏差率、CCER/碳配额交易收益率）、融资效率指标（如线上自动化审批率）、交易运营指标（如碳配额交易达成周期）及风险控制指标（如碳资产价值波动风险预警率、政策合规达标率）。

当前该领域存在的痛点包括碳资产价值评估尚未形成统一标准体系与精准核算方法，直接影响融资授信额度与交易定价合理性；碳资产管理呈分散化状态，无法满足融资交易对数据时效性的要求；碳价周期性波动、政策法规调整、“洗绿”行为识别等关键风险，缺乏全流程管控手段，制约碳资产流动性。

解决方案是构建“碳资产数字化管理+融资交易撮合+全流程智能风控”一体化平台，整合物联网、碳足迹追踪等技术，对储罐减排改造设施等各类碳减排资产实施全域数字化建档，实时采集能耗、泄漏量等核心数据，构建碳资产“数字镜像”，保障数据真实可溯；搭建线上融资交易撮合模块，对接金融机构绿色信贷、碳资产质押融资、碳回购等产品及全国碳交易市场，实现融资需求、金融资源与碳资产的智能匹配；构建碳资产价值评估模型，实现减排量精准核算与碳资产动态估值，为融资定价与交易报价提供科学支撑；构建覆盖碳资产开发、融资、交易全生命周期的智能风控体系，实现对碳价波动预警、“洗绿”风险识别等全流程管控。在此过程中，借助机器学习算法融合行业政策、碳市场价格、项目运营数据，实现碳价波动趋势精准预测与碳资产价值动态测算；融合卫星遥感与区块链存证技术核查碳减排项目资料真实性，精准识别虚假减排等“洗绿”风险；通过 AI 驱动的 RPA 机器人实现碳减排数据自动采集、核算报告生成、融资材料申报等流程自动化处理，夯实低碳转型的支撑基础。

31. 油气资产证券化

该场景是指企业为盘活长输管道、LNG 接收站等核心资产价值，运用稳定现金流资产，融入长期低成本资金的核心业务形态。其核心目标是破解行业重资产盘活难、融资成本高的痛点，优化企业债务结构，吸引长期机构投资者，构建产融协同生态。该场景的关键衡量指标主要包括资产筛选质量指标（如基础资产利用达标率、现金流波动控制率）、发行融资效能指标（如融资成本降低幅度、超额认购倍数）、存续期管理质量指标（如

设备可用率、现金流覆盖倍数)及风险控制指标(如违约率、“真实出售”确权准确率)。

当前该领域存在的痛点包括基础资产筛选与估值难,油气储运资产易受能源价格波动、政策调整等因素影响,估值偏差较大;风险隔离架构搭建复杂,“真实出售”与破产隔离的法律与操作难度高;市场认知不足,机构投资者对油气储运资产运营稳定性存疑;存续期管理难度大,资产运营周期长(5—15年)。

解决方案是构建“全流程数字化管控+风险分层隔离+技术赋能增信”的一体化资产证券化平台。依托工业互联网技术开展基础资产精准筛选与估值,锚定“利用率 $\geq 80\%$ 、近3年收入波动 $\leq 10\%$ ”的优质资产范围;搭建标准化风险隔离架构,优先采用资产支持专项计划模式设立SPV,确保资产与原始权益人风险有效剥离;实施内外部协同信用增级与专业评级,内部通过优先/次级分层、超额现金流覆盖(≥ 1.2 倍)等手段筑牢风险防线,外部引入国有担保机构差额补足与专项保险保障;对接长期机构投资者,通过平台展示资产实时运营数据,提升发行认购热度;构建技术赋能的存续期全流程管控体系,依托数字技术实现资产状态实时监控。在此过程中,借助机器学习算法融合能源价格、运输量等多源数据,优化现金流预测模型,提升估值精准度;运用图神经网络技术梳理资产权属关系,保障风险隔离架构合规性;基于强化学习算法匹配最优信用增级组合方案与投资者画像,提升发行销售效率;通过AI驱动的RPA机器人实现资产筛选资料审核、评级报告撰写、信息披露文件生成等流程自动化,降低人

工误差；依托数字孪生与 AI 预警模型实时监测管道压力、储罐状态等核心指标，保障资产运营稳定持续可控。

32. 资产租赁

该场景是指企业通过租赁方式获取 LNG 罐箱、特种压力设备、槽车等关键资产的使用权。该模式可帮助客户轻资产运营，灵活配置资源，以应对季节性需求或特定项目需求，同时降低购置成本与维护负担，实现高效、安全的油气物流与仓储服务。该场景的关键衡量指标主要包括资产利用指标（如资产利用率、里程利用率）、经济性能指标（如单位资产租赁收入、结算自动化率）、运营质量指标（如订单履约准时率、安全预警准确率）以及资产价值指标（如资产残值预估准确率）。

当前该领域的痛点包括资产位置与状态不透明，导致调度效率低、安全风险偏高；资产闲置与空驶现象突出，缺乏全局优化调控手段；租赁计费规则复杂，依赖人工结算易产生误差且周期长；缺乏基于实时数据的资产价值评估模型，定价环节过度依赖经验判断。

解决方案是构建“透明化管理、智能化调度、金融化服务”的一体化平台，通过为资产加装 GPS 与 IoT 传感器，实现资产位置、状态与健康数据的实时可信采集与“数字镜像”构建，解决监管透明度不足问题；基于全域数据与订单需求，利用算法进行智能匹配与拼单推荐，优化调度策略以最大限度降低空驶率与闲置率；内置计费规则引擎，依据自动上传的使用数据实时生成账单并完成在线结算，实现财务流程自动化；基于历史使用数据与工况数据构建数据驱动的资产价值评估模型，为科学定价与残值管理提供支撑。在此过程中，借助机器学习算法预测区域需求波动，实现

动态定价与收益精细化管理；运用强化学习算法求解复杂约束下的全局最优调度与路径规划方案；基于传感器采集数据开展预测性维护，降低租期内资产故障风险；通过分析承租方行为数据构建风险画像，为信用租赁模式落地提供依据。

（八）可视化治理

油气储运行业企业建立工业互联网可视化治理平台与现有业务系统的数据对接规范，融合数字孪生、三维建模、GIS、大数据可视化和AI分析技术，将物理世界的设备状态、工艺流程、风险态势及管理流程转化为动态、可交互、可操作的“透明化数字镜像”。企业的可视化治理主要实现企业内全要素的实时透视、异常智能预警、决策协同指挥与治理效能提升，用“看得见的数据”驱动管理，以“可操作的视图”赋能治理，解决传统治理中“看不见、管不全、响应慢”的痛点。行业的可视化治理主要实现全行业油气储运网络的全域统筹可视与协同管控，构建跨区域、跨企业、全产业链的“行业级透明化数字镜像”，将分散在不同企业、不同区域的储运管网、枢纽场站、运输通道、终端站点等核心资源，以及油气流量流向、介质参数、设备健康、安全风险等关键数据进行一体化整合与可视化呈现。

33. 装备制造全流程数据可视化

该场景是指制造企业为提升压缩机、储罐、钢管等核心装备生产过程的精细化管理水平，通过平台打通设计、计划、生产、质量、物流等环节数据，并构建数字孪生模型，实现生产进度、设备状态、物料流转与质量信息的三维实时可视化监控、智能预警与数据驱动决策的核心管理活动。

该场景的关键衡量指标涵盖数据治理（如数据接入率、数据准确率）、生产过程（如设备综合效率 OEE、订单准时交付率 OTD）、质量水平（如一次检验合格率 FTQ、质量追溯时长）以及管理效能（如异常响应时间）等。

当前该业务面临设计、生产、质量等系统间数据孤岛林立，领导缺少全局视图，难以实时掌握精准生产状况，问题发生难追溯，无法快速定位根源等问题；同时缺乏利用数据进行流程优化与科学决策的能力。

解决方案是构建“数据驱动、虚实映射”的制造可视化智能中枢。利用工业互联网平台全域集成 PLM、ERP、MES、QMS 及物联网数据，构建关键装备的数字孪生体，形成统一数据底座；基于数字孪生技术在三维虚拟车间中实现生产全要素的实时可视化监控与感知；通过设定阈值实现智能预警，并利用数据关联分析快速追溯问题根源；基于多维度数据分析驱动排产、工艺等环节的持续优化。在此过程中融合 AI 能力，利用机器学习实现设备异常诊断与质量预测；应用强化学习算法实现智能排产与调度；通过关联规则挖掘与因果分析实现根因自动分析，从而将装备制造管理从数据割裂、信息不透明、被动响应的传统模式，提升为全局透明、主动预警、数据驱动的智能管控新模式。

34. 油气储运全环节可视化管控

该场景是指企业为提升对海底管道、长输管线、城镇燃气管网、LNG 接收站、油库及储气库等各类核心资产的全局掌控力与决策效率，通过整合多源数据并构建数字孪生模型，实现资产状态、运行风险、应急态势与业务绩效的三维全景可视化、智能预警与协同指挥的一体化综合管理活动。该场景的关键衡量指标是一个复合体系，涵盖监测与预警能力（如数

据采集覆盖率、风险预警准确率）、安全与可靠性（如管道失效频率、设备非计划停机时长、应急响应时间）、运营效率与经济性（如单位能耗、库存周转率、综合运行成本下降率）以及服务与决策效能（如决策响应时间、模拟推演准确率）等多个维度。

当前该领域面临普遍挑战包括数据分散于各独立系统，呈现碎片化，缺乏业务关联的全局视图；监测手段传统或滞后，风险预警依赖固定阈值与人工经验，对设备性能衰退、地质灾害、微小泄漏等缺乏综合预测能力；“监”与“控”脱节，难以进行模拟推演与优化干预；应急协同效率低下，决策支持略显薄弱。

解决方案是通过工业互联网平台集成 SCADA、GIS、物联网传感器、卫星遥感、视频监控等多维数据，为海底管道、长输管线、燃气管网、LNG 接收站、油库及储气库等构建从地质构造、海底环境到地面工艺设备的全链路透明化与三维可视化的数字孪生体；利用机理模型与机器学习算法，对腐蚀、悬跨、地质灾害、第三方入侵、设备故障、泄漏等风险进行早期预测与精准定位，实现智能预警与协同优化；通过优化算法对调峰、注采、卸船、库存等进行协同调度与模拟推演；在应急场景下快速模拟后果、一键调配资源并提供“一张图”指挥支持。在此过程中，利用计算机视觉自动识别视频与图像中的风险；通过自然语言处理实现智能交互与报告生成；并借助图神经网络挖掘复杂事件关联与根因，从而将油气储运全环节管理从分散监视、被动响应、经验决策的传统模式，彻底升级为全域感知、主动预警、智能优化与协同指挥的智能管控模式。

35. 网络安全运维可视化

该场景是指在油气储运行业工业互联网环境，行业核心工业控制系统，包括 LNG 接收站 PLC/SCADA 系统、管道调控、储运终端系统等，针对 IT、OT、IoT 网络空间及行业专属工业控制系统开展一体化安全监测、智能威胁分析、攻击影响评估与自动化响应处置，核心目标是保障油气储运工业控制系统及生产系统连续性、安全性，构建主动防御体系。关键指标包括：资产发现率、数据采集覆盖率、威胁检测准确率、平均检测时间 MTTD、平均响应时间 MTTR、自动化执行率、安全风险指数、高危漏洞修复率，新增系统漏洞发现及时率、设备非法接入拦截率。

当前该业务面临的问题包括安全数据在 IT、OT、IoT 以及油气储运工业控制系统内孤立，态势感知碎片化，无法形成统一威胁视图；海量警报易引发人员疲劳且误报率高，缺乏智能关联分析能力；难以快速评估网络攻击对核心生产业务的实际影响；响应处置依赖人工，针对攻击隐蔽性强的威胁，处置难度大、效率低。

解决方案是构建“主动防御、智能分析、自动响应”态势感知平台，针对核心工业控制系统，部署专用安全探针，实现 PLC、SCADA、DCS 等设备的资产梳理与行为监测，结合工业互联网平台实现全域安全数据采集，基于攻击链模型进行跨域关联分析，形成完整攻击图谱。利用机器学习建立设备与生产业务行为基线，实现 AI 驱动的正常检测与未知威胁狩猎，通过可视化技术将攻击路径与受影响的设备、生产资产、控制回路（如 LNG 接收站气化调控回路）关联，直观评估业务影响。预设处置剧本，实

现分钟级自动化响应与跨部门协同，针对非法接入、恶意调控指令等场景快速阻断。

36. 数据治理全生命周期可视化

该场景是指围绕行业全业务链核心数据，构建覆盖数据采集、存储、治理、应用、归档、销毁全生命周期的体系化、标准化、智能化管理体系，涵盖 LNG 接收站工艺参数、管道调控数据、储运计量数据、工业控制系统运行数据、安全监测数据及供应链数据等核心数据资源，通过全域发现、质量监控、血缘追溯与安全管控，释放数据资产价值、保障数据驱动决策可靠性，构建透明、可信、可管理的数据资产体系。关键指标包括数据资产目录编制率、元数据完备率、数据质量得分、问题数据闭环率、数据标准符合率、主数据一致率、合规审计通过率，关键数据资产覆盖率、工艺/计量数据质量达标率、数据血缘追溯准确率等。

当前该业务面临的问题包括油气储运关键数据资产底数不清，工艺、计量、采集等核心数据分布碎片化，形成大量“数据孤岛”，与通用业务数据割裂；关键数据质量问题（如工艺参数偏差、计量数据不准）发现滞后，缺乏主动监控；核心数据血缘关系不明，难以追溯工艺数据、安全数据的流转路径、问题源头及影响范围；关键数据安全与权限管理不透明，敏感工艺数据、运行数据的访问管控缺失，存在合规与数据泄露风险。

解决方案是构建“采、存、管、用、销”一体化的数据全生命周期平台，聚焦核心数据全流程管控，通过自动扫描技术实现核心数据全域发现，构建可视化数据资产地图，完成全周期数据资产统一盘点与标准化接入，筑牢管控底座；定义行业专属数据质量规则，应用机器学习模型预测关键

数据质量趋势，智能推荐修复建议；通过自动解析任务脚本生成端到端数据血缘关系图，实现工艺、工控、安全等核心数据全链路追溯；利用 AI 技术实现行业专属数据智能分类分级与打标，通过可视化手段集中管控敏感数据全周期分布、访问权限与风险行为，智能识别异常访问行为，防范数据泄露，保障全流程合规；通过分析数据使用日志实现行业关键数据智能推荐与关联发现，深度赋能核心业务场景及大模型应用，同时基于业务应用反馈反向优化全周期管控规则，形成“数据管理-业务应用-优化迭代”的闭环，持续释放数据资产价值。

第四章 供给保障

（一）基础设施建设

围绕油气储运行业工业互联网基础设施建设，梳理了网络、标识、数据、安全四方面的建设现状、建设需求与全层级落地部署路径。当前行业基础网络架构初步成型，标识解析体系规模化落地，分层算力体系逐步构建，全链路纵深安全防护能力持续提升，但仍存在偏远区域网络覆盖不足、产业链数据互通有壁垒、跨主体协同能力有待加强等问题。建设全过程需全面融入信创体系，推动工业网络设备、工控系统、算力集群、国密安全体系的自主可控替代，构建全栈国产化的基础设施支撑能力，旨在打造高可靠、广覆盖、强安全、可协同的行业新型基础设施，为油气储运行业数智化转型与全产业链高质量协同筑牢底座。

1. 网络基础设施建设

（1）建设现状

一是基础网络架构初步成型。行业内已逐步构建起覆盖长输管道、场站、储库等核心场景的基础通信网络，形成“骨干—汇聚—接入”三级基础网络架构；其中，多数骨干管道采用 OTN（光传送网）组网，核心节点配备冗余保护链路，可实现单链故障时自动倒换，保障跨区域大容量业务稳定传输；场站及阀室通过 OTN/IP 组网完成业务汇聚，兼容传统 SDH 业务与新型以太业务，实现对原有通信系统的平滑升级。

二是新兴技术融合应用加速。5G 专网在油气储运场景的部署逐步扩大，部分企业已完成重点场站 5G SA 模式覆盖，部署工业级 5G 基站超 300 座，实现设备数据回传，远程阀门操控及全域 4K 视频监控等应用；边缘

计算节点部署量持续增长，采用边缘网关+边缘服务器架构，就近处理管道泄漏检测、设备振动分析等实时性需求强的业务，减少核心网传输压力。

三是网络覆盖仍存在薄弱环节。偏远地区网络覆盖不足，受地理环境限制，有线通信铺设成本高、维护难度大，无线信号衰减严重，部分建成超过 20 年的老旧管道配套的通信系统仍采用低速率设备，存在带宽窄、时延高的问题，无法满足新型智能设备的接入需求；同时，部分中小型企业存在生产网、办公网等多网隔离不彻底的情况，采用简单的 VLAN 划分替代物理隔离，存在业务数据泄露和网络攻击渗透的风险。

(2) 建设需求

一是保障网络高可靠低时延。油气储运生产业务对数据传输的可靠性和实时性要求严苛，其中远程操控、应急调度等关键业务对传输时延、网络可用性有极高要求；针对管道泄漏检测等极端敏感业务，需构建双路由冗余保护机制，确保单点故障不影响业务连续性，同时须具备抗电磁干扰、抗恶劣天气能力，适应油气储运野外作业的复杂环境。

二是实现全场景网络覆盖。需要弥补偏远地区网络覆盖短板，构建“有线+无线+卫星”多方式协同的立体网络。其中，长输管道沿线优先采用工业光网覆盖，站场内部部署工业 Wi-Fi 6、5G 等实现设备互联，偏远阀室采用低功耗广域网（LoRa、NB-IoT）接入，海上平台及沙漠无人区补充高通量卫星通信覆盖；同时需实现多网络制式的无缝切换，保障物联网设备全域稳定接入。

三是强化网络安全与隔离。需建立分级分类的网络安全防护体系，依据《工业控制系统信息安全防护指南》要求，实现生产网、办公网、生产

辅助网的物理隔离，部署工业防火墙、入侵检测/防御系统（IDS/IPS）、工业主机安全防护系统等设备，形成“边界防护—区域防护—终端防护”的纵深防御体系；针对 5G 专网，需部署网络切片安全网关，确保不同业务切片的隔离性，防范跨切片攻击；同时需建立网络安全应急响应机制，定期开展渗透测试和应急演练，提升网络安全事件处置能力。

（3）建设部署

构建高融合、高可靠、可扩展的信息通信网络体系，推动设备层、场站层、企业层和行业层的协同互联，并深化 5G、TSN、边缘计算等新技术的应用。

1. 设备层：统一通信标准，增强设备互联与边缘智能

针对设备协议多样、互联互通难的问题，构建高融合、可扩展的边缘网络：

（1）制定终端通信规范，按业务类型细分终端（如生产控制类：PLC/RTU；采集监测类：压力/温度传感器；安全类：泄漏检测设备），明确每类终端的通信技术标准（如 OPC UA、MQTT 为统一数据接口）。推动老旧设备升级，增加兼容性通信模块（如支持 IPv6 的工业网关），实现协议转换（如 HART 转 MQTT）；针对长距离沿线分散部署的阀室、监测终端，通过工业级光纤收发器实现光纤直连接入，保障偏远点位通信的高可靠与低时延。

（2）新型设备叠加接入，对于智能巡检机器人、无人机管线巡查、AR 远程维护等新业务，采用 5G、TSN（时间敏感网络）、工业 PON 等技术

叠加建设专用网络，避免改造原有控制网络（如基于 Profibus 的 SCADA 系统）。

（3）功能升级模式，对现有设备（如泵机、阀门控制器）增加通信接口（如 5G 模组或边缘计算节点），支持数据本地预处理和实时上传。

2. 场站层：引入 TSN 与 5G，构建智能融合网络

提升场站（油库、储气库、泵站、压缩机站、LNG 接收站、燃气门站、燃气分配站）网络的确定性、可靠性和业务承载能力：

（1）TSN 技术升级工业以太网，采用 TSN 与传统工业以太网的“混合组网”模式，在核心控制链路部署 TSN 交换机，边缘链路通过协议转换器适配传统设备，分阶段完成升级，降低迭代成本；同时实现亚微秒级时间同步和多业务共网传输（如控制指令、视频监控、设备状态数据）。通过 SDN 实现资源动态调度，保障关键业务（如紧急关断控制）的确定性和低延迟（毫秒级响应）。减少光纤依赖，采用单纤环网架构降低 30% 布线成本和 50% 能耗。

（2）5G+边缘计算增强无线覆盖与处理能力：部署 5G 专网（自建或运营商合作），覆盖场站区域，支持高清视频监控（如罐区安全）、传感器数据回传（如管道压力监测）。在场站侧部署边缘计算节点，实现数据本地分析（如振动数据用于预测性维护），减少上行带宽压力。

（3）冗余与安全设计：网络拓扑采用双环冗余（如 PRP/HSR 协议），结合 VLAN 和防火墙隔离不同业务分区（控制区/监控区）。

3. 企业层：打通数据孤岛，构建云-边协同体系

遵循“安全分区、网络专用”原则，优化企业级网络架构：

(1) 扩展网络分区与安全接入：在生产控制区（SCADA/DCS）、管理信息区（ERP/SCM）基础上，新增互联网公共服务区（如远程运维平台），通过网闸、防火墙实现可控数据交换。设置安全接入网关，对 5G、VPN、专线接入的终端（如第三方维护设备）进行身份认证和安全检测。

(2) 5G 虚拟专网与边缘计算协同：利用 5G 虚拟专网（基于 SA 架构）承载高可靠业务（如远程阀门控制），通过 UPF 下沉和网络切片实现业务隔离。

(3) 构建“边缘—云”算力网络：边缘节点处理实时数据（如设备健康状态），中心云统筹全局优化（如库存调度）。

(4) 物联网平台集成：部署企业级物联网核心节点，整合 5G、有线网络数据，支持全链数据共享（如从管线传感器到供应链系统）。

4. 行业层：建设协同网络平台，促进行业互联

针对监管、社会服务和企业协同需求，构建行业级网络通道：

(1) 监管协同：通过专线连接国家能源局、国资委等机构，安全上报运行数据（如管线压力、应急事件）和政策接收。

(2) 社会服务协同：通过互联网+安全防护（如加密 API 网关）支持油气交易平台、碳追踪等公共服务。

(3) 企业间协同：依托国家工业互联网大数据中心或能源行业平台，建设油气储运二级节点，通过专线/互联网实现跨企业数据共享（如储运能力协同、应急资源调度）。制定数据权属与安全标准（如区块链存证），保障企业利益。

5. 深化 5G 应用，推动控制类业务创新

针对油气储运高风险、高要求场景，推进 5G 深度应用：

（1）网络架构：采用 5G SA 端到端硬切片（基于 RB 资源预留、FlexE 承载、UPF 下沉），为不同业务（如控制类、监控类）提供隔离通道。

（2）关键能力应用：低时延控制：通过 URLLC 技术实现远程阀门调节、泵机启停（毫秒级响应）。大带宽传输：利用超级上行技术支持 4K/AR 巡检视频实时回传。高并发连接：支持海量传感器（温度、压力、流量）数据采集。安全与可靠性：通过专网冗余、空口授时（微秒级同步）、抗干扰技术保障业务连续性。

（3）创新场景：推广 5G+数字孪生（管线动态仿真）、5G+智能机器人（罐内检测）、5G+氢能储运监控等应用。

2. 标识解析体系建设

（1）建设现状

一是顶级节点建设完善。我国已构建起“五大国家顶级节点（北京、上海、广州、武汉、重庆）+两大灾备节点（南京、成都）”的高可靠骨干架构，标识解析体系核心枢纽能力持续强化，实现全国范围的稳定运行与高效覆盖；截至 2025 年 11 月，累计标识注册量突破 7000 亿个，标识解析量超 342 亿次，支撑 46 个重点行业的标识解析应用，实现工业大类全覆盖。同时在技术层面，国家顶级节点持续强化智能化与协同化能力，提升公共服务水平与数据可信交互能力，逐步演进为具备认知能力的智能基础设施。

二是二级节点建设规模化落地。全国二级节点建设已实现规模化落地，396 个二级节点已实现与国家顶级节点稳定互联，成为连接国家顶级

节点与企业节点的关键枢纽；在行业分布上，二级节点已深度渗透能源、制造、交通、生物医药等重点领域，在区域布局上，呈现“东部集聚、全国延伸”态势，但仍存在区域发展不均衡、跨行业协同不足、部分节点应用深度不够等问题。

三是油气储运行业标识解析应用取得积极进展。依托国家管网集团建设的油气储运行业标识解析二级节点已为 60 余家上中下游企业服务，其中管道运输类 20 家，油气仓储类 14 家，工程建设类企业 8 家，装备制造类 15，其他服务类企业 5 家，实现油气管道核心设备、高后果区、高风险作业等场景应用落地。同时与中石油、中石化、中海油同步推进二级节点对接，共同推动油气储运行业上中下游数据贯通与场景深化。

（2）建设需求

一是推动行业上下游、各业务环节、各业务系统数据互联互通。通过对产品、物料、设备、人员、环境等各类业务对象进行标识编码，并基于标识对象间的业务逻辑关系，建立标识对象及其背后数据的拓扑关系。将各类业务数据接入行业标识解析二级节点，通过标识解析体系的数据互联、共享机制，打通油气储运行业内部及与相关产业（如化工、能源、物流）的数据链，实现跨环节、跨主体高效数据互操作与信息联通。

二是打造基于工业互联网标识解析的统一解析体系，实现异构编码体系的兼容。主要针对行业覆盖范围广、产业链企业多、编码标准不统一所导致的数据兼容难、共享难等问题，通过构建统一的异构编码映射关联机制，建立一套适用于油气储运行业的公共解析体系，实现不同厂家、不同

产品、不同标准体系间的互联互通与数据统一解析，实现异构编码互通、互认，破除数据流通障碍。

三是以数据贯通推动业务贯通，推动标识规模化应用。将标识解析与油气储运行业实际业务场景深度融合，通过标识解析推动物资管理、安全管理、能碳管理等行业重点领域的数据共享与高效协同，构建覆盖人、机、物、法、环的全业务流程、全生命周期管理体系，打造行业标杆应用，切实提升行业物资管理效率与安全生产水平，推动行业绿色低碳转型升级，促进行业上下游协同发展。

(3) 建设部署

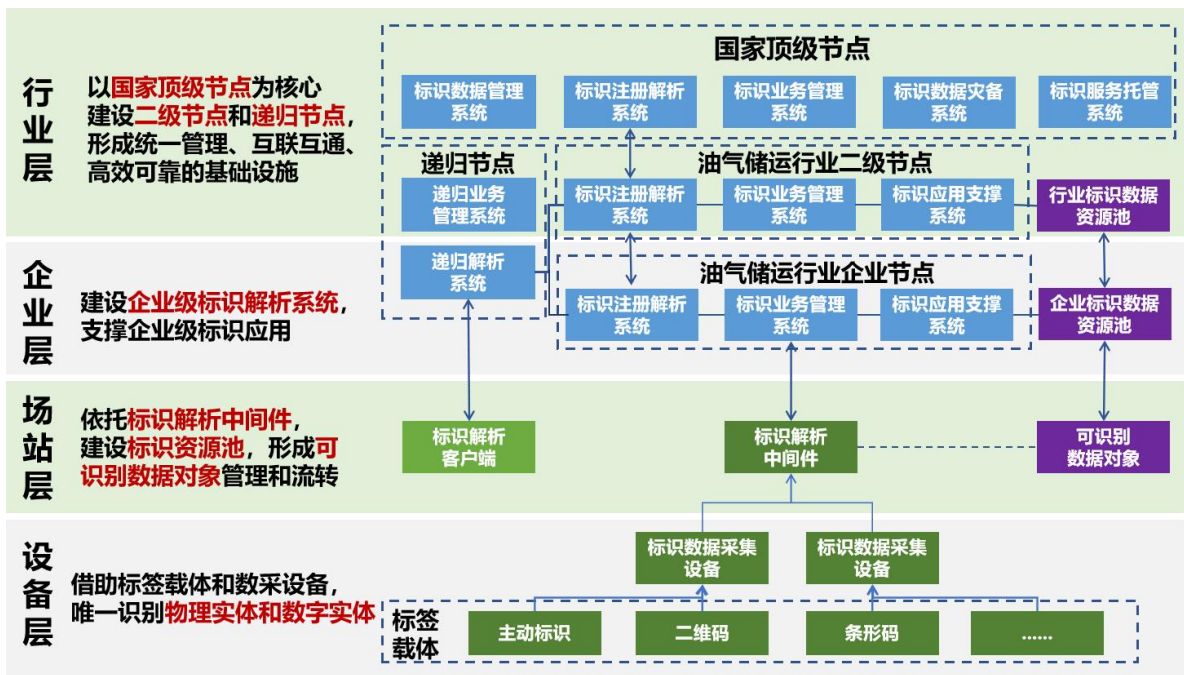


图 4-1 工业互联网标识与油气储运行业融合应用架构图

1. 设备层

借助标签载体和数采设备，依托标识解析企业节点标识注册功能，对产业链全流程中唯一识别的物理实体和虚拟实体进行“一物一码”标识，

部署标识解析中间件，形成可识别数据对象的管理和流转能力，同时与工控软件实现接口对接，协助企业提供标识注册、解析功能，快速实现工业互联网标识应用能力。主要提供标识解析、数据传输、安全认证等能力。

(1) 标识解析：将油气储运设备的标识进行解析，包括设备的唯一标识、设备的位置信息、设备的功能描述等，以便于进行设备的访问和管理。

(2) 数据传输：提供可靠的数据传输通道，实现设备与云平台之间的数据交互。中间件可以支持多种通信协议，如 MQTT、CoAP 等，以适应不同设备的通信需求。

(3) 安全认证：保障设备与云平台之间的安全通信。中间件可以提供数据加密、身份认证、权限管理等安全机制，防止数据被篡改或未经授权访问。

(4) 设备管理：提供设备的注册、在线状态监测、配置管理等功能，方便对电力设备进行集中管理和运维。

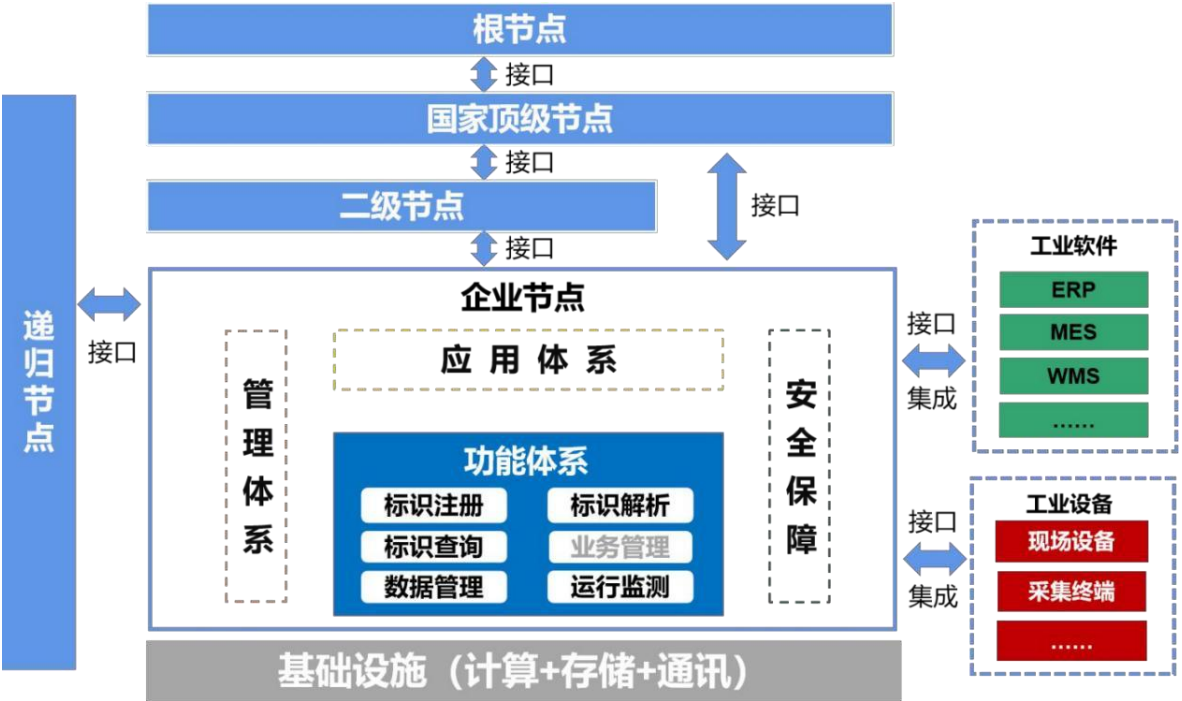
3. 企业层

产业链上下游及相关企业应以独立建设或托管建设的方式，建设标识解析企业节点并接入标识解析二级节点。标识解析企业节点应依托设备层与场（厂）站层建设的能力，与企业内部工业软件、工业互联网平台实现横向对接打通，为企业提供工业互联网标识应用所需的注册、解析、统计、数据存储等基础能力。

企业节点实现编码的标识注册、标识解析、数据管理、运行监测等功能，根据需要提供异构标识的翻译和映射等功能，企业节点的管理体系、应用体系和安全保障能力可以根据企业的实际需求构建。企业节点需要与二级节点和递归节点对接，实时上传关键数据（如设备故障、标识变更），非关键数据按小时批量同步，二级节点定期（每日）校验数据一致性，并满足相应的接口规范等要求。

4. 行业层

油气储运行业头部企业或具备相关服务能力的行业企业可申请建设标识解析二级节点，负责建设和运营标识解析二级节点系统，面向企业或者个人提供标识注册、解析和数据管理等服务，起到承上启下的关键作用。与标识解析国家顶级节点对接，实现分级管理、全网解析。标识解析二级



节点应充分发挥行业龙头的带动作用，利用其行业上下游辐射能力，实施行业级工业互联网标识应用。

工业互联网标识解析二级节点建设涉及标识编码分配和管理、信息系统建设和运营、标识应用对接和推广等工作，整体架构可划分为管理、功能、应用和安全保障四大体系。

管理体系主要用于规范二级节点建设与运营相关的管理要求，包括编码规则、技术标准、管理规范 and 运营规范等；功能体系主要从信息系统建设的角度，在具备基础设施的前提下，界定二级节点应提供的核心系统功能，包括标识注册、标识解析、标识查询、数据管理、业务管理、运行监测等；应用体系主要包括为标识应用提供的应用支撑能力以促进标识应用开发；安全保障主要是保障标识解析二级节点的安全、稳定、可靠运行。



图 4-4 行业层工业互联网标识总体架构图

3. 数据基础设施建设

(1) 建设现状

一是国家层面已构建起超算互联网与一体化数据中心协同发展的国家数据基础设施骨干架构，规模与技术水平位居全球前列。其中超算中心层面，国家超算互联网建设加速推进，目前已接入国家超级计算太原中心、

武汉国家网安基地算力中心、青岛“海之心”人工智能计算中心等 30 家骨干节点型算力中心，形成覆盖全国的超算资源网络。数据中心层面，全国一体化算力网络布局持续优化，2025 年全国智能算力规模突破 1590EFlops，建成万卡智算集群 42 个，投资规模与建设速度稳步提升，核心数据中心整体向绿色低碳转型。

二是区域数据基础设施呈现“东数西算、协同联动”格局。西部区域依托能源、气候、地质等先天优势，成为国家算力枢纽核心承载区。东部及中部区域聚焦算力应用与高端服务，京津冀、长三角、粤港澳大湾区等核心区域，依托密集的产业需求，重点布局智算中心与边缘数据中心，聚焦低时延、高可靠算力服务，支撑数字经济核心产业发展。同时，国家数据局布局建设 7 个区域功能节点、25 个城市业务节点，覆盖 16 个省（区、市），实现数据“一点发布、全域可见”、应用“跨区通用”，进一步强化区域数据基础设施协同联动能力。

三是行业数据基础设施普遍由行业龙头企业牵头建设。国家管网集团、中国石油等龙头企业均构建了“集团主数据中心算力支撑、区域数据中心算力承接、边缘节点算力下沉”的分层算力体系。主中心配置 CPU+GPU+FPGA 混合算力集群，存储各类生产运维数据，支撑油气储运数字孪生仿真、大规模 AI 模型训练等重算力需求；区域中心聚焦区域内业务管理需求，实现区域内生产单位协同联动；边缘节点适配场站、阀室等场景，支撑管道压力监测、泄漏预警、安全作业等业务的实时处理。国家管网集团作为油气储运产业链主企业建设行业可信数据空间，探索数据共享业务模式。

(2) 建设需求

一是构建协同算力体系。行业龙头企业整合行业内算力资源，搭建行业级算力调度平台，实现“主中心算力调度+区域算力支撑+边缘算力下沉”的全域算力协同，主中心聚焦重算力需求，区域中心承接中等算力业务，边缘节点支撑低时延实时推理，形成算力供需匹配的分层协同格局；建立算力共享机制，鼓励龙头企业依托行业级平台开放闲置算力，为中小企业提供低成本算力服务，提升算力资源复用率。

二是提高数据供给质量。突破行业数据“采”“集”“用”瓶颈，实现“人机料法环”全要素数据的采集与异构融合。同时，以管道完整性管理、站场无人值守、生产调度优化、设备预测性维护、安全应急响应等高价业务场景为牵引，以智能化应用为目标，构建高质量数据资源可持续供给能力，为行业大模型与工业智能体落地应用提供高质量数据保障。

三是强化智算赋能应用。围绕安全生产、绿色低碳、高效运维等核心业务场景，依托协同算力体系、可信共享机制与高质量数据集底座，开发AI模型，形成“算力—数据—应用”价值闭环；针对管道泄漏预警、设备故障预测等场景，开发高精度AI推理模型，依托边缘算力实现实时预警；针对管网调度优化、碳足迹追踪等场景，开发大规模数据分析模型，依托主中心与区域中心算力支撑决策优化；建立模型迭代机制，结合实际业务数据持续优化模型精度，提升算力与数据的融合赋能效果，充分释放数据价值，支撑行业智能化转型。

(3) 建设部署

一是算力层。搭建主中心算力调度平台，整合主数据中心、区域数据中心、边缘节点的全域算力资源，实时监测算力负载状态，按照业务优先级与算力需求实现按需分配与动态调度；主中心配置 CPU+GPU+FPGA 混合算力集群，支撑大规模 AI 模型训练、数字孪生仿真、全行业大数据分析等重算力业务；区域中心算力集群承接区域内中等算力需求，如区域管网运行优化、批量数据处理等；边缘节点 AI 算力池聚焦低时延实时推理业务，支撑管道泄漏预警、设备故障诊断等场景；边云协同调度引擎实现算力资源在主中心、区域中心、边缘节点之间的灵活调度与动态扩容，确保算力供需精准匹配。

二是数据层。由行业龙头企业牵头，搭建油气储运行业数据可信互联平台，衔接国家区域功能节点，实现行业数据安全共享、全流程可追溯管控。聚焦关键场景，构建高质量、可流通的核心数据集，形成油气储运行业统一数据标准。通过自动化数据采集、清洗、标注、校验等治理流程，保障数据完整性、准确性与时效性。依托隐私计算技术实现数据“可用不可见”，破解跨企业、跨区域数据共享中的隐私保护瓶颈；通过区块链技术完成使用追溯与行为留痕，配套“分级定价—收益分配—风险共担”的市场化机制与细粒度权限管控体系，明确数据权属与使用边界，筑牢合规共享、安全可控的数据底座，为算力层调度与应用层赋能提供高质量数据支撑。

三是应用层。聚焦行业核心业务场景，开发高价值应用及 AI 智能体，充分释放算力与数据价值。如管道泄漏预警模型基于海量巡检数据、运行数据训练，提升检测准确率，提前预警管道泄漏并定位故障点，降低误报

率；管道调度优化系统结合实时运行数据与历史数据，通过大数据分析 with AI 算法优化管网负荷分配，降低输送能耗；碳足迹追踪依托全流程数据与算力支撑，实现油气开采、输送、储存全环节碳排放精准核算与追踪，为绿色低碳发展提供数据支撑。

4. 安全基础设施建设

(1) 建设现状

一是在国家层面，国家—省—企业三级技术保障平台体系初步建成。构建了多部门协同、各负其责、企业主体、政府监管的安全管理体系，通过监督检查和威胁信息通报等举措，企业的安全责任意识进一步增强；建设国家—省—企业三级联动安全监测体系，服务 9 万多家工业企业、135 个工业互联网平台，协同处置多起安全事件，基本形成工业互联网安全监测处置能力。通过试点示范等，带动一批企业提升了安全技术攻关创新与应用能力。

二是能源基础设施保障层面，夯实国家安全基础保障，确保能源资源重大基础设施安全。国务院国资委连续部署中央企业网络安全专项行动，强制要求保障安全投入比例。指导企业对标网络安全能力成熟度模型，加强对能源企业进行常态化攻防演练（红蓝对抗）以及工业控制系统安全防护等关键领域监督检查；同时，随着工业互联网规模化发展，网络安全风险向油气储运行业渗透蔓延，可能造成大规模数据泄露，影响工业经济运行。工业和信息化部 2024 年印发实施《工业互联网安全分类分级管理办法》和相关国家标准，明确工作机制和管理要求，推动提升企业网络安全防护水平。

三是企业层面安全防护能力持续强化，龙头示范效应显著。行业龙头企业普遍构建了“纵深防御+动态管控”的全链路安全防护体系，实现安全能力与业务场景的深度融合。在网络架构隔离上，严格落实生产控制网、办公网、物联网三网物理隔离要求，在核心场站及阀室部署工业级防火墙、入侵监测等，可精准识别并阻断针对工业控制系统的恶意流量与攻击行为，针对主干管道 OTN 组网、5G 专网等传输链路，采用加密算法传输，配套冗余设计，确保数据传输不中断、不泄露。同时建成企业级网络安全态势感知平台，与国家、省级平台实现三级联动，为行业树立了安全防护标杆。

(2) 建设需求

一是构建全流程防护体系。覆盖终端、网络、数据、应用全环节，构建一体化安全体系；终端层面强化设备加固，网络层面实现精准隔离，数据层面保障全生命周期安全，应用层面强化权限管控；深度融合零信任架构，摒弃“一次认证终身可信”模式，实现“身份为核心、持续认证、最小权限”的全流程管控；结合企业规模、业务范围、应用工业互联网的程度、运营重要系统的程度、掌握重要数据的程度、对行业发展和产业链供应链安全的重要程度以及发生网络安全事件的影响后果等要素，指导油气储运行业企业开展自主定级。

二是强化技术迭代与适配。聚焦油气储运行业野外、高风险、长距离的场景特点，开发耐高低温、抗风沙、抗电磁干扰的工业级安全设备，支持国密 SM2/SM4/SM9 算法，确保与现有工业控制系统、物联网设备的兼容

性；加快零信任、隐私计算等前沿技术的场景化迭代，开发轻量化隐私计算模块适配边缘节点，解决偏远区域设备安全管理难题。

三是建立行业协同机制。搭建油气储运行业安全态势共享平台，整合各企业安全监测数据、攻击威胁信息，实现安全威胁实时预警、协同研判与快速处置；制定统一行业安全标准与应急处置流程，明确各企业安全责任与协同义务；建立常态化安全演练与复盘机制，跨企业、跨区域联合安全演练，提升行业整体应急处置能力，形成联防联控的安全格局。

（3）建设部署

一是终端安全层。工业主机部署专用安全防护软件，具备恶意代码查杀、主机入侵检测、漏洞扫描修复等功能，定期开展固件升级与安全加固；传感器、RTU 等物联网终端进行固件安全加固，关闭冗余端口与服务，防范恶意入侵与控制；部署终端准入控制系统，对所有接入网络的终端设备进行身份认证、安全状态检查，仅允许合规设备接入，同时适配野外无人值守场景的自动化准入需求，阻止非法设备接入引发安全风险。

二是网络安全层。基于零信任架构构建身份认证体系，对终端、用户、应用进行统一身份标识与分级授权，实现全流程持续认证，即使终端接入内网也需验证权限；在核心链路部署工业防火墙、IPS 入侵防御系统，精准识别并阻断针对工业控制系统的特殊攻击行为；采用网络切片技术为生产控制、办公管理、视频监控等业务划分独立切片，实现切片间物理隔离，确保生产控制业务不受其他业务干扰，防范跨切片攻击与数据泄露。

三是数据安全层。搭建隐私计算平台，集成 MPC 多方安全计算、联邦学习等技术，实现多主体数据“可用不可见”，既保障跨企业数据共享需

求，又保护企业核心数据隐私；部署国密算法加密网关，采用 SM2/SM4 国密算法对数据传输、存储全环节加密，替代传统加密算法，符合国家安全合规要求；搭建区块链数据溯源平台，对生产数据、运维数据、安全事件数据等进行上链存证，确保数据不可篡改、可追溯，为故障排查、责任认定提供支撑。

四是应用安全层。定期开展应用漏洞扫描与渗透测试，及时修复高危漏洞，防范应用层面攻击；建立细粒度业务权限管控体系，按“岗位适配权限、最小必要授权”原则划分应用权限，实现权限动态调整与操作全程审计；部署操作行为审计系统，对应用系统的登录、操作、数据访问等行为进行全量记录，异常行为自动告警；安全管理体系配套完善的安全制度与应急预案，搭建行业安全态势共享平台，持续优化安全防护策略。依据 GB/T 44462.1-2024 等相关标准，分类分级落实设备安全、控制安全、网络安全、应用平台安全、物理和环境安全、安全管理等方面的防护要求，按照初始级、基本级、增强级三个不同级别适配相应的安全措施。

（二）工业互联网产品

指南按照工业互联网“五大体系”及油气储运行业专业化软硬件工具，将相关工业互联网产品分为 6 大类，并选取 500 余家代表性产品厂商。

1. 网络

类别	产品名称	产品厂商
工业总线	现场总线 (PROFIBUS/CANopen/ Modbus/HART 等)	北京鼎实创新科技股份有限公司
		广州致远电子股份有限公司
		河南邦信防腐材料有限公司
		南京德克威尔自动化有限公司
		青岛雅合科技发展有限公司
		上海泗博自动化技术有限公司

类别	产品名称	产品厂商
		沈阳中科博微科技股份有限公司
		深圳市钜铗技术有限公司
		重庆川仪自动化股份有限公司
		浙江中控技术股份有限公司
	工业以太网 (Profinet/EtherCAT /EtherNet/IP/Modbus TCP 等)	广州科美智控科技有限公司
		青岛三旺通信股份有限公司
		上海兆越通讯技术有限公司
		台湾研华科技股份有限公司
		无锡耐特森通信技术有限公司
		武汉矿发信息科技有限责任公司
		西安启望机电科技有限公司
		浙江禾川科技股份有限公司
		浙江兆龙互连科技股份有限公司
	TSN 芯片	北京智芯微电子科技有限公司
		北京东土科技股份有限公司
		南京奕泰微电子技术有限公司
		中国电子科技集团公司五十八所
	TSN 网卡	北京纵横机电科技有限公司
		中车大连电力牵引研发中心有限公司
	TSN 网关	深圳市盛博科技
		北京邮电大学
	TSN 交换机	摩莎科技(上海)有限公司
		华为技术有限公司
		北京东土科技股份有限公司
		南京未来网络产业创新有限公司
		河北远东通信系统工程有限公司
		北京东土科技股份有限公司
		深圳市三旺通信股份有限公司
		深圳市光路在线科技有限公司
		华为技术有限公司
		武汉迈威通信股份有限公司
		新华三技术有限公司
中车青岛四方车辆研究所有限公司		
北京纵横机电科技有限公司		
北京交通大学下一代互联网互联设备国家工程实验室		
北京源山信创科技有限公司		
鹏城实验室		
西安云维智联科技有限公司		
TSN 网络控制器	新华三技术有限公司	
	网络通信与安全紫金山实验室	

类别	产品名称	产品厂商
		北京邮电大学
	TSN PLC	杭州优稳自动化系统有限公司
工业 5G	工业 5G 终端	深圳艾灵网络有限公司
		摩莎科技（上海）有限公司
		大唐移动通信设备有限公司
		广州广哈通信股份有限公司
	工业 5G 芯片	展讯通信（上海）有限公司
		北京东土科技股份有限公司
	工业 5G 通信模组	深圳市广和通无线股份有限公司
		芯讯通无限科技（上海）有限公司
		上海移远通信技术股份有限公司
	工业 5G MEC	锐捷网络股份有限公司
华为技术有限公司		
工业 5G 一体机	中兴通讯股份有限公司	
边缘计算	工业边缘服务器/一体机	新华三技术有限公司
		曙光网络科技有限公司
		深圳华龙讯达信息技术股份有限公司
		深圳华龙讯达信息技术股份有限公司
		浪潮云信息技术股份公司
		研华科技
		新华三技术有限公司
		华为技术有限公司
		深圳艾灵网络有限公司
		浙江九州量子信息技术有限公司
		广州新科佳都科技有限公司
	边缘计算平台	西门子（中国）有限公司
		苏州麦杰工业大数据产业研究院有限公司
		深信服科技股份有限公司
		西门子（中国）有限公司
	边缘控制器	罗克韦尔自动化（中国）有限公司
		深圳华龙讯达信息技术股份有限公司
		东方电气集团科学技术研究院有限公司
		联想（北京）有限公司
		北京东土科技股份有限公司
上海玉贲智能科技有限公司		
深圳华龙讯达信息技术股份有限公司		
杭州电子科技大学		
信息模型	服务型信息模型库	中科斯欧（合肥）科技股份有限公司
		中国科学院沈阳自动化研究所
		北京博途智联科技有限公司

类别	产品名称	产品厂商
		树根互联股份有限公司
		新元星字数联通信技术有限公司
		腾讯云计算（北京）有限责任公司
		上海宝信软件股份有限公司
		广东贝迪机器人有限公司
		广域铭岛数字科技有限公司
		深圳前海禾盈科技有限公司
		东莞市国昊电子设备有限公司
		海目星激光科技集团股份有限公司
		珠海市华亚智能科技有限公司
		深圳市劲拓自动化设备股份有限公司
		苏州矩子智能科技有限公司
		东莞市凯格精机股份有限公司
		浙江舜云互联技术有限公司
		深圳市轴心自控技术有限公司
		机械工业仪器仪表综合技术经济研究所
		皇虎测试科技（深圳）有限公司
		广州睿帆科技有限公司
开放自动化	开放自动化平台	福州大学
		零点自动化
实时虚拟化	边缘网关	索提斯云智控科技（上海）有限公司
		航天云网科技发展有限责任公司
		华为技术有限公司
		文思海辉元辉科技（无锡）有限公司
		联想（北京）有限公司
		新华三技术有限公司
		北京华电众信技术股份有限公司
		山东旋几工业自动化有限公司
		上海上实龙创智能科技股份有限公司
		北京易华录信息技术股份有限公司
		广州得一物联科技有限公司
		无锡专心智制科技有限公司
		华夏天信物联科技有限公司
		成都万创科技股份有限公司
		北京东土科技股份有限公司
		清控数联（山西）工业技术有限公司
		联想（北京）有限公司
		苏州麦杰工业大数据产业研究院有限公司
	中国移动通信有限公司	
工业实时操作系统	超聚变数字技术有限公司	

类别	产品名称	产品厂商
		河南昆仑技术有限公司
		深圳华龙讯达信息技术股份有限公司

2. 标识

类别	产品名称	产品厂商
标识解析二级节点建设	MA	中关村工信二维码研究院
		中国工业互联网研究院
	VAA	中国信息通信研究院
		北京泰尔英福科技有限公司
		迈迪信息技术有限公司
	Ecode	中国物品编码中心
		北京理工大学
		青岛海尔工业智能研究院有限公司
		烟台东方瑞创达电子科技有限公司
	Handle	国家工业信息安全发展研究中心
		网根科技（北京）有限公司
	OID	中国电子技术标准化研究院
		中兴通讯股份有限公司
		阿里云计算有限公司
	GS1/EPC	中国物品编码中心
	标识解析硬件设备	标识载体
厦门信达物联科技有限公司		
上海英内物联网科技股份有限公司		
航天信息股份有限公司		
紫光展锐（上海）科技股份有限公司		
上海移远通信技术股份有限公司		
龙芯中科技术股份有限公司		
深圳市广和通无线股份有限公司		
华大半导体有限公司		
标识识读设备		新大陆科技集团有限公司
		深圳市民德电子科技有限公司
		东集技术股份有限公司
		深圳市优博讯科技股份有限公司
		杭州海康威视数字技术股份有限公司
		广东奥普特科技股份有限公司
		浙江华睿科技股份有限公司
		基恩士（中国）有限公司
研祥高科技控股集团有限公司		
标识打印/写入设备		深圳市博思得科技发展有限公司
		厦门汉印股份有限公司

类别	产品名称	产品厂商
		山东新北洋信息技术股份有限公司
		大族激光科技产业集团股份有限公司

3. 平台

类别	产品名称	产品厂商
平台	工业 PaaS	中国石油天然气集团有限公司梦想云平台
		中国石油化工集团有限公司石化智云平台
		中国海洋石油集团有限公司海能云平台
		国家石油天然气管网集团有限公司
		海尔卡奥斯物联生态科技有限公司
		树根互联股份有限公司
		浙江中控技术股份有限公司
		航天云网科技发展有限责任公司
		华为云计算技术有限公司
		山东胜软科技股份有限公司
		浪潮云信息技术股份公司
		工业 SaaS
	浙江中控技术股份有限公司	
	昆仑数智科技有限责任公司	
	朗坤智慧科技股份有限公司	
	北京智网数数技术有限公司	
	北京侏罗纪软件股份有限公司	
	安东石油技术（集团）有限公司	
	西安三浦测控技术有限责任公司	
	成都恒博科技发展有限公司	
	工业 APP 商店运营	中国石油天然气集团有限公司
		石化盈科信息技术有限责任公司
		海尔卡奥斯物联生态科技有限公司
		浙江中控技术股份有限公司
		树根互联股份有限公司
		航天云网科技发展有限责任公司
		华为云计算技术有限公司
		浪潮云信息技术股份公司
		中国石油和化工工业联合会
		国能日新科技股份有限公司
	边缘计算平台	杭州映云科技有限公司
		白山科技股份有限公司
		华为云计算技术有限公司
		中兴通讯股份有限公司
		研华科技（中国）有限公司

类别	产品名称	产品厂商
		中油管道科技控股有限责任公司
		北京东土科技股份有限公司
		基康仪器股份有限公司
		廊坊中油龙慧科技有限公司
		北京东方国信科技股份有限公司
		广州机智云物联网科技有限公司
	系统集成	石化盈科信息技术有限责任公司
		北京智网数科技术有限公司
		上海宝信软件股份有限公司
		浙江中控技术股份有限公司
		东华软件股份公司
		中国石油集团工程股份有限公司
		和利时科技集团有限公司
		浙大网新科技股份有限公司
		北京达美盛软件股份有限公司
		航天信息股份有限公司
		国电南瑞科技股份有限公司

4. 数据

类别	产品名称	产品厂商
数据	数据基础设施	华为技术有限公司
		腾讯云计算（深圳）有限责任公司
		新华三集团
		浪潮电子信息产业股份有限公司
		北京东方国信科技股份有限公司
		中兴通讯股份有限公司
		天翼云科技有限公司
		移动云科技有限公司
		联通云科技有限公司
		北京字节跳动
		曙光信息产业股份有限公司
	数据治理	帆软软件有限公司
		思迈特软件股份有限公司
		观远数据有限公司
		石化盈科信息技术有限责任公司
		永洪科技股份有限公司
		数之能科技有限公司
		宇动源（北京）信息技术有限公司
		北京滴普科技有限公司
		用友网络科技股份有限公司

类别	产品名称	产品厂商
	工业大数据分析服务	金蝶国际软件集团有限公司
		国家管网集团储运技术有限公司
		石化盈科信息技术有限责任公司
		昆仑数智科技有限责任公司
		西安三浦测控技术有限责任公司
		北京达美盛软件股份有限公司
		海康威视数字技术股份有限公司
		中控技术股份有限公司
		山东胜软科技股份有限公司
		美林数据技术股份有限公司
	AI 技术	华为技术有限公司
		阿里巴巴集团控股有限公司
		北京智谱华章科技有限公司
		科大讯飞股份有限公司
		腾讯云计算（深圳）有限责任公司
		杭州深度求索人工智能基础技术研究有限公司
		海康威视数字技术股份有限公司
		北京天泽智云科技有限公司
		廊坊中油龙慧科技有限公司
		北京华控智加科技有限公司
		上海商汤智能科技有限公司

5. 安全

类别	产品名称	产品厂商
安全	网络安全	华为技术有限公司
		新华三技术有限公司
		迪普科技股份有限公司
		奇安信科技集团股份有限公司
		天融信科技集团
		深信服科技股份有限公司
		绿盟科技集团股份有限公司
		启明星辰信息技术集团股份有限公司
		山石网科通信技术股份有限公司
		北京天地和兴科技股份有限公司
		亚信安全科技股份有限公司
	数据安全	阿里巴巴集团
		华为技术有限公司
		奇安信科技集团股份有限公司
		启明星辰信息技术集团股份有限公司
		北京天空卫士网络安全技术有限公司

类别	产品名称	产品厂商
		北京炼石网络技术有限公司
		海光信息技术股份有限公司
		明朝万达科技股份有限公司
		北京数盾信息科技有限公司
		格尔软件股份有限公司
		北京天地和兴科技股份有限公司
		杭州美创科技股份有限公司
	工控安全	北京威努特技术有限公司
		天地和兴科技有限公司
		奇安信科技集团股份有限公司
		启明星辰信息技术集团股份有限公司
		烽台科技（北京）有限公司
		北京天地和兴科技股份有限公司
		海光信息技术股份有限公司
		北京六方云信息技术有限公司
		长扬科技（北京）股份有限公司
		浙江木链物联网科技有限公司
		上海二零卫士信息安全有限公司
		华为技术有限公司
	终端安全	奇安信科技集团股份有限公司
		深信服科技股份有限公司
		亚信安全科技股份有限公司
		北京北信源软件股份有限公司
		海光信息技术股份有限公司
		腾讯云计算（北京）有限责任公司
		360 数字安全科技集团有限公司
		瑞星网络安全股份有限公司
		北京安天网络安全技术有限公司
		江民新科技术有限公司
		北京鸿腾智能科技有限公司
	态势感知及平台管理	奇安信科技集团股份有限公司
		启明星辰信息技术集团股份有限公司
		华为技术有限公司
		安恒信息技术股份有限公司
		绿盟科技集团股份有限公司
		新华三技术有限公司
北京天地和兴科技股份有限公司		
海光信息技术股份有限公司		
长扬科技（北京）股份有限公司		
知道创宇信息技术股份有限公司		
北京微步在线科技有限公司		

类别	产品名称	产品厂商
安全服务	安全服务	北京凌天智能装备集团股份有限公司
		国家工业信息安全发展研究中心
		公安部第三研究所
		奇安信科技集团股份有限公司
		启明星辰信息技术集团股份有限公司
		绿盟科技集团股份有限公司
		安恒信息技术股份有限公司
		北京天地和兴科技股份有限公司
		天融信科技集团
		深信服科技股份有限公司
		中国电信集团有限公司
		上海三零卫士信息安全有限公司

6. 行业工具及硬件设施

类别	产品名称	产品厂商
工具软件	GIS	北京超图软件股份有限公司
		武大吉奥信息技术有限公司
		武汉中地数码科技有限公司
		航天宏图信息技术股份有限公司
		北京数字政通科技股份有限公司
		正元地理信息集团股份有限公司
		广东南方数码科技股份有限公司
		北京山海经纬信息技术有限公司
		南京星云图信息技术有限公司
		积成电子股份有限公司
	CAD/CAE/工程设计类	广州中望龙腾软件股份有限公司
		苏州浩辰软件股份有限公司
		山东山大华天软件有限公司
		安世亚太科技股份有限公司
		大连英特工程仿真技术有限公司
		北京数码大方科技股份有限公司
		北京华大九天科技股份有限公司
		北京中科辅龙科技股份有限公司
		北京毕普创新科技有限公司
		深圳市斯维尔科技股份有限公司
	仿真软件	中国石油管道局工程有限公司投产运行分公司
		国家管网储能技术公司
		中仿智能科技（上海）股份有限公司
		上海蓝鸟信息科技有限公司
		和利时科技集团有限公司

类别	产品名称	产品厂商
		北京华力创通科技股份有限公司
		北京东方仿真集团
		北京恒和大风软件技术有限公司
	低代码平台	廊坊中油龙慧科技有限公司
		用友网络科技股份有限公司
		金蝶软件（中国）有限公司
		浪潮通用软件有限公司
		深圳奥哲网络科技有限公司
		帆软软件有限公司旗下产品
		北京炎黄盈动科技发展有限责任公司
		上海爱湃斯科技有限公司
		上海得帆信息技术有限公司
		上海易校信息科技有限公司
万企明道软件有限公司		
智能传感器	压力/温度/流量/振动 传感器	麦克传感器股份有限公司
		北京昆仑海岸传感技术有限公司
		中国石油管道局工程有限公司投产运行分公司
		上海威尔泰工业自动化股份有限公司
		中环天仪股份有限公司
		中控技术股份有限公司旗下
		安徽天康（集团）股份有限公司
		上海自动化仪表有限公司
		上海横河电机有限公司
		重庆川仪自动化股份有限公司
		沈阳仪表科学研究所
		苏州敏芯微电子技术股份有限公司
		腐蚀监测传感器
	武汉柯普防腐工程有限公司	
	山东奥科防腐工程有限公司	
	北京清诚声发射科技有限公司	
	中国电子科技集团公司	
	河南邦信防腐科技有限公司	
	上海柯林布瑞智能科技有限公司	
	智腐科创（北京）科技有限公司	
	天津华仪电气设备有限公司	
	武汉华敏测控技术股份有限公司	
	泄漏监测传感器	汉威科技集团股份有限公司
		无锡格林通安全装备有限公司
		博锐尚格科技股份有限公司
		北京科力恒安全设备有限责任公司
		深圳市特安电子有限公司

类别	产品名称	产品厂商
		北京金科顺达技术有限公司
		苏州纽克斯电子有限公司
	液位/储量传感器	廊坊中油龙慧科技有限公司
		合肥金星智控科技股份有限公司
		西安定华电子股份有限公司
		大连博控自动化技术有限公司
		北京均友欣业科技有限公司
		北京古大仪表有限公司
		上海凡宜科技电子有限公司
	振动传感器	北京京仪集团有限责任公司
		上海北智传感技术有限公司
		北京晶测电子设备有限公司
		苏州鹏程科技股份有限公司
		江苏东华测试技术股份有限公司
	智能阀门	浙江力诺流体控制科技股份有限公司
		吴忠仪表有限责任公司
		天津精通控制仪表技术有限公司
		重庆川仪自动化股份有限公司
		常州电站辅机股份有限公司
		扬州恒春电子有限公司
	智能阴保桩	上海自动化仪表有限公司
		北京安科腐蚀技术有限公司
		北京凯斯托普科技有限公司
		河南邦信防腐材料有限公司
		焦作市弘坤阴极保护防腐材料有限公司
		青岛雅合科技发展有限公司
		山东奥科防腐工程有限公司
		陕西施普石油科技有限公司
东营华拓防腐工程有限公司		
徐州金桥石化管道输送技术有限公司		
智能巡检设备	防爆巡检机器人	浙江国自机器人技术股份有限公司
		中国石油管道局工程有限公司投产运行分公司
		亿嘉和科技股份有限公司
		中信重工开诚智能装备有限公司
		杭州海康机器人股份有限公司
		深圳市大疆创新科技有限公司
		杭州申昊科技股份有限公司
		深圳朗驰欣创科技股份有限公司
		上海高仙自动化科技发展有限公司
		中国石油北斗运营服务中心
		七腾机器人有限公司

类别	产品名称	产品厂商
	巡检无人机	中科慧拓（北京）科技有限公司
		深圳市大疆创新科技有限公司
		纵横股份（成都）工业无人机系统股份有限公司
		深圳科比特航空科技有限公司
		西安天茂数码科技有限公司
		中科灵动航空科技成都有限公司
		云圣智能科技有限责任公司
		四川傲势科技有限公司
		山东智航智能装备有限公司
		西安因诺航空科技有限公司
		一飞智控（天津）科技有限公司
		AUV/ROV
	深之蓝海洋科技股份有限公司	
	天津瀚海蓝帆海洋科技有限公司	
	上海查湃智能科技有限公司	
	博雅工道（北京）机器人科技有限公司	
	遨海科技有限公司	
	武汉中科瑞华海洋工程有限公司	
	哈尔滨工程大学	
	中国科学院沈阳自动化研究所	
	智能安全帽	
		杭州海康威视数字技术股份有限公司
		华测导航技术股份有限公司
		北斗星通导航技术股份有限公司
		中国石油北斗运营服务中心
		润得科技发展有限公司
		达辰威（深圳）科技有限公司
		金能电力股份有限公司
		深圳壹秘科技有限公司
		北京四维图新科技股份有限公司
		大华股份有限公司
	AR 眼镜	伴科技（杭州）有限公司
		亮风台（上海）信息科技有限公司
		深圳增强现实技术有限公司
		雷鸟创新（深圳）科技有限公司
		太若科技（上海）有限公司
		影目科技（深圳）有限公司
		光粒科技（北京）有限公司
		北京灵犀微光科技有限公司
		华为技术有限公司

(三) 场景解决方案商

按照油气储运研发设计、装备制造、工程建设、生产运行、经营管理六大环节选取代表性解决方案 50 余家。

序号	解决方案商	解决方案简介
一、研发设计阶段		
1.	中国石油天然气管道工程有限公司（管道设计院）	基于 BIM+GIS+AI 融合技术，构建覆盖长输管道、大型储罐、LNG 接收站的全流程数字化设计体系。平台集成初步设计、施工图设计、工艺仿真、工程量统计、数字化移交等核心模块，支持多专业异地协同设计（管道、土建、电气、仪表等），可自动完成管道应力分析、储罐抗震计算、管线路由优化等关键设计环节。同时适配 ISO 15926 国际标准，实现设计数据与后续采购、施工、运维阶段的全生命周期贯通，生成包含三维模型、属性数据、文档资料的数字化交付包，大幅降低设计误差，缩短项目设计周期。
2.	中国石化工程建设有限公司（SEI）	以 ISO 15926 数据标准为核心，构建覆盖设计、采购、施工、调试全流程的数字化交付体系。集成三维协同设计系统、采购管理系统、施工进度管理系统、调试验收系统，实现设计数据、设备数据、施工数据的实时同步与共享。设计阶段可完成大型 LNG 储罐、炼化一体化储运系统的三维建模与碰撞检测；采购阶段可基于设计模型自动生成设备材料清单并对接供应商管理系统；施工阶段支持施工进度与三维模型的联动可视化，实时追踪施工节点完成情况；调试阶段可实现调试数据的自动采集与验收文档的数字化生成。平台具备强大的数据整合与分析能力，为项目全生命周期管理提供数据支撑。
3.	中国石油规划总院（CPPEI）	主要包括“战略规划、科技研发、信息化”3 大核心业务和“技术经济、工程造价、节能节水、咨询评估、后评价、环境评估、标准规范、设计论证”8 大支撑业务。聚焦油气储运全产业链规划设计，提供数字化规划、工艺仿真、安全评估及智能设计解决方案，融合 BIM+GIS 技术优化设计流程，实现规划与设计一体化衔接。
4.	中石油华东设计院有限公司	提供油气田地面工程、长输管道等研发设计解决方案，持有工程设计综合甲级资质。集成地质建模、工艺仿真、安全评估等技术，实现管道线路优化、站场工艺设计与安全环保一体化，帮助客户降低工程投资，提高项目可行性与经济效益。
5.	中石化石油工程设计有限公司	依托中石化行业资源，构建覆盖长输管道、海上平台、LNG 项目、油气水处理的全场景研发设计体系。核心开展三维数字化设计、管道完整性设计、绿色低碳工艺研发等业务，

序号	解决方案商	解决方案简介
		自主研发的高频聚结分水技术达到国际领先水平，可实现海上油气“就地处理、就地回注”，大幅提升处理效率并降低能耗；参与川气东送、德阳 LNG 等重点项目设计，形成复杂地形管道选线、大口径管道穿跨越、LNG 液化工艺等核心技术，采用 BIM 协同设计模式，实现多专业高效联动，确保设计成果适配现场施工与长期运维需求。
6.	广州中望龙腾软件股份有限公司	中望 CAD/CAM 油气储运专用模块基于自主 Overdrive 内核，开发油气储运行业专用设计模块，涵盖三维管道设计、储罐参数化建模、设备装配体设计等核心功能。模块支持油气管道的坡度设计、弯头选型、支吊架布置等细节设计，可自动计算管道阻力损失；储罐建模模块支持球形罐、立式圆筒形储罐等多种类型储罐的快速建模，内置储罐壁厚计算、抗压强度校核等工具。软件兼容 AutoCAD 等主流设计软件的文件格式，方便设计成果的交互与复用；支持与 CAE 仿真软件无缝对接，实现设计与仿真的一体化流程。同时提供国产化适配服务，可适配麒麟、统信等国产操作系统及国产芯片
7.	国家管网集团工程技术创新有限公司	研发国产液体管道仿真软件，填补国内工业级管网仿真空白。采用高效数值模拟与 CPU/GPU 并行计算技术，实现管道运行状态快速仿真，融合智能优化技术提供智能决策支持，帮助客户优化管道设计参数，可降低能耗，提升输送效率。
8.	中国石油昆仑工程公司	提供油气储运设施数字化设计与智能化改造解决方案，前身为中国纺织工业设计院，2009 年转型而来。采用 BIM 技术与数字孪生理念，实现油气储库、管道站场全生命周期数字化管理，提升设计精度与协同效率，降低后期运维成本 20%。
9.	北京智网数科技术有限公司	成立于 2022 年 4 月，是国家石油天然气管网集团有限公司（简称国家管网集团）旗下唯一从事数字化转型工作的专业公司，属于央企二级子企业。公司肩负国家管网集团科技数字化战略落实施落地任务，涵盖智慧管网建设、人工智能大模型研发、数据开发利用、数字平台搭建、网络安全建设、企业架构设计等主营业务，近年来完成智慧管网平台 V3.0 升级，新增 AI 大模型故障诊断功能。
二、装备制造阶段		
1.	中石化机械装备有限公司	作为中石化唯一的油气装备研发制造服务中心，聚焦油气储运装备全产业链布局，主营天然气压缩机、集输钢管、阀门、钻头钻具等核心产品，覆盖陆地、海洋油气储运全场景。打造智能化生产线，建成压缩机、集输钢管等多条智能生产线，搭载自主研发的 SOFELink 智能控制系统，实现装备生产全生命周期数字化管控；研发的高抗硫天然气压缩机打破技术垄断，集输钢管服务西气东输、川气东送

序号	解决方案商	解决方案简介
		等国家重点工程，同步布局氢能装备、CCUS 用压缩机等新能源装备，提供装备研发、制造、租赁、运维一站式服务，可精准适配中石化上下游及各类油气储运企业需求。
2.	重庆川仪自动化股份有限公司	打造油气储运装备智能制造系统，构建集 DCS（分布式控制系统）、MES（制造执行系统）、WMS（仓库管理系统）于一体的智能制造体系，覆盖智能阀门、智能仪表等油气储运关键装备的全生产流程。系统通过工业互联网平台实现生产设备、检测设备、物流设备的互联互通，实时采集生产过程中的加工参数、质量数据、设备状态等信息。MES 系统负责生产计划调度、工序管理、质量追溯，可根据订单需求实现柔性生产；内置 AI 质量检测模块，通过机器视觉技术检测阀门密封面、仪表传感器等关键部件的缺陷，检测精度达 99.5% 以上；WMS 系统实现原材料与成品的精准管理，支持物料追溯。系统可生成全生命周期质量追溯报告，确保产品质量符合油气行业防爆、防腐等严格要求
3.	苏州纽威阀门股份有限公司	以 AI 故障诊断技术为核心，构建覆盖阀门设计、加工、装配、检测、出厂全流程的制造管理平台。平台集成三维设计系统、CNC 加工控制系统、装配管理系统、智能检测系统等模块。设计阶段通过 AI 算法优化阀门结构，提升阀门耐腐蚀性与密封性；加工阶段实时监控 CNC 设备的加工参数，确保加工精度；装配阶段采用可视化指导系统，规范装配流程；检测阶段集成压力测试、泄漏测试、寿命测试等多种检测模块，通过 AI 分析检测数据，预测阀门潜在故障风险。平台实现阀门制造过程的全数据追溯，每个阀门配备唯一的身份标识，记录从原材料到出厂的全生命周期数据，方便后续运维管理
4.	博思特能源装备（天津）股份有限公司	油气调压计量撬装设备智能制造方案：构建模块化设计与柔性生产相结合的智能制造体系，专门针对油气调压计量撬装设备的制造需求。方案包括模块化设计平台、柔性生产线、智能检测系统三大核心模块。模块化设计平台将撬装设备拆解为标准化模块，支持根据客户需求快速组合配置，缩短设计周期；柔性生产线配备可快速切换的工装夹具与自动化加工设备，可实现不同规格撬装设备的高效生产；智能检测系统集成压力、流量、泄漏等多项检测功能，可对撬装设备的整体性能进行全面检测，检测数据自动上传至制造管理平台。同时提供撬装设备的数字化孪生模型，实现生产过程的可视化监控与后续运维的提前预判
5.	沈阳鼓风机集团股份有限公司	油气输送压缩机智能设计与制造系统：集成 CFD（计算流体动力学）仿真与智能制造技术，构建油气输送压缩机的全流程解决方案。设计阶段通过 CFD 仿真优化压缩机流道结构，提升压缩效率与稳定性；制造阶段采用高精度数控加工设备加工压缩机转子、叶轮等核心部件，实时监控加

序号	解决方案商	解决方案简介
		工参数，确保加工精度；装配阶段采用精密装配技术与智能检测设备，保障装配质量；内置压缩机性能测试平台，可模拟实际工况对压缩机的流量、压力、效率等性能参数进行全面测试。系统实现设计数据、制造数据、测试数据的全流程贯通，通过数据分析优化生产工艺，提升压缩机产品的可靠性与使用寿命。同时提供压缩机的远程监控接口，为后续运维提供数据支撑
6.	江苏神通阀门股份有限公司	针对油气高危工况需求，构建核级与工业级智能阀门的专用制造平台，集成核级材料加工技术、精密制造技术、智能检测技术等核心技术，覆盖阀门的设计、加工、装配、检测全流程。采用专用的核级材料加工工艺，确保阀门材料的耐腐蚀性与强度；加工阶段采用五轴联动数控加工设备，提升阀门密封面、阀座等关键部件的加工精度；装配阶段实行严格的洁净室装配标准，避免杂质影响阀门性能；检测阶段进行高温、高压、低温等极端工况的性能测试，以及疲劳寿命测试、泄漏测试等多项检测。平台配备完善的质量追溯系统，每个阀门的制造过程与检测数据均可追溯，确保产品符合核级与工业级的严格安全标准
7.	浙江中控技术股份有限公司	专门针对智能传感器、控制阀门、执行器等油气储运装备的出厂检测需求，构建全自动化的智能测试解决方案。系统集成多种测试模块，可实现压力、流量、温度、泄漏、振动等多项性能参数的同步检测。采用高精度的测试仪器与数据采集设备，确保测试数据的准确性；通过工业软件实现测试流程的自动化控制，支持不同规格、不同类型装备的快速测试切换；内置测试数据分析模块，可自动判断产品是否合格，并生成详细的测试报告；支持测试数据的存储与追溯，方便后续质量查询与问题追溯。系统可与装备制造的MES系统无缝对接，实现测试数据与生产数据的协同管理，提升制造效率与产品质量
8.	大连华锐重工集团股份有限公司	针对大型油气储罐的制造需求，构建覆盖储罐钢板加工、成型、焊接、组装全流程的专用制造系统。系统配备大型钢板开平机、卷板机、自动焊接机器人、储罐组装工装等专用设备，实现储罐制造关键工序的自动化。钢板加工阶段采用高精度开平与卷板技术，确保钢板尺寸与弧度的精度；焊接阶段采用埋弧焊、气体保护焊等多种焊接工艺，结合自动焊接机器人，提升焊接效率与焊接质量，焊接合格率达99.8%以上；组装阶段采用模块化组装技术，缩短现场组装周期。系统集成焊接质量检测模块，通过超声波探伤等技术检测焊接缺陷；配备生产管理系统，实时监控生产进度与质量状态，确保储罐制造过程的有序推进
9.	宝鸡石油机械有限责任公司	以数字孪生技术为核心，构建油气储运装备（如管道铺设设备、储罐施工设备、油气输送泵等）的制造平台。平台

序号	解决方案商	解决方案简介
		为每台装备构建全生命周期的数字孪生模型，实现设计、制造、装配、测试等环节的数字化模拟与可视化监控。制造阶段通过数字孪生模型模拟加工过程，提前预判加工风险；实时采集生产设备的运行数据与加工参数，与数字孪生模型进行对比分析，优化加工工艺；装配阶段基于数字孪生模型进行可视化指导，提升装配精度与效率；测试阶段通过数字孪生模型模拟实际工况，验证装备性能。平台实现制造过程的全数据追溯与智能化管控，提升装备制造质量与效率，同时为后续运维提供数字孪生支撑
10.	上海高创电脑技术工程有限公司	专门针对油气装车撬装设备（如原油装车撬、LNG 装车撬等）的制造需求，构建自动化生产线解决方案。生产线集成自动下料、焊接、装配、检测、喷涂等多个自动化工序，实现撬装设备的高效制造。采用机器人焊接技术，提升焊接质量与效率；配备自动化装配工装，规范装配流程；集成装车系统性能测试模块，可模拟实际装车工况，测试装车流量、计量精度、安全联锁等性能参数；采用自动化喷涂设备，提升设备防腐性能。生产线配备 MES 系统，负责生产计划管理、工序调度、质量控制，实时监控生产过程中的各项数据；支持不同规格装车撬装设备的柔性生产，可快速响应客户的定制化需求
三、生产管理阶段		
1.	浙江中控技术股份有限公司	集成 SCADA（数据采集与监控系统）、DCS、MES、设备健康管理系统等核心模块，构建覆盖油气长输管道、油库、站场的全流程智能生产管理体系。通过部署在现场的智能传感器、智能仪表等设备，实时采集压力、温度、流量、液位、泄漏等生产数据，以及设备振动、腐蚀等状态数据。SCADA 系统实现生产过程的实时监控与远程操控；MES 系统负责生产计划执行、工序管理、能耗管理、质量追溯；设备健康管理系统基于 AI 算法分析设备状态数据，预测设备故障，提前发出维护预警；内置安全联锁系统，当出现超压、泄漏等异常情况时，自动触发紧急停车、切断阀门等联锁动作。平台支持生产数据的可视化展示与数据分析，为生产决策提供数据支撑，实现站场“全面感知、远程操控、趋势预测、智能决策”
2.	昆仑数智有限责任公司	管道生产运行管理系统严格遵循信创标准自主研发，为长输油气管道、液化天然气接收站、储气库等关键能源基础设施提供专业的调控、计量和能耗等业务数字化支撑手段。采用微服务结构，实现高可用、高保障、灵活扩展；研发油气管道运行管理专属的敏捷开发通用平台，支持业务发展与变化的快速响应；为油气管网公平开放服务业务、油气管道完整性管理业务提供支撑；支持多种 SCADA 系统、中间数据库和工业产品集成应用，实现业务及数据拉通；

序号	解决方案商	解决方案简介
		支持企业数据湖应用，满足决策分析。
3.	华为技术有限公司	基于“云+网+端+AI”全栈技术架构，构建油气储运生产云平台，实现生产数据的汇聚、分析与智能应用。平台采用5G+边缘计算技术，解决偏远地区管道阀室、站场的数据传输问题，实现生产数据的实时上传；通过物联网平台接入海量现场设备（传感器、仪表、机器人等），实现设备的统一管理与监控；基于华为云构建大数据分析平台，集成AI算法模型，对生产数据进行深度分析，实现泄漏预测、设备故障诊断、能耗优化等智能应用；提供可视化的生产监控界面，支持多终端访问，方便管理人员实时掌握生产状态。平台具备强大的弹性扩展能力，可根据业务需求灵活扩展功能模块；采用多重安全防护技术，保障生产数据的安全可靠
4.	北京亚控科技发展有限公司	基于 KingSCADA 核心平台，开发油气储运行业专用的监控与管理解决方案，覆盖长输管道、油库、城市燃气管道等场景。系统具备强大的分布式数据采集能力，可接入不同厂家的传感器、仪表、PLC 等设备，支持多种通信协议（Modbus、OPC、IEC 61850 等）；提供灵活的画面组态功能，可自定义生产监控界面，实现生产数据的可视化展示；具备完善的报警管理功能，可对超压、超温、泄漏、设备故障等异常情况进行分级报警，并记录报警日志；支持远程操控功能，可实现阀门开关、泵启停等远程操作；内置数据统计与报表生成模块，可自动生成生产日报、月报等报表。系统具备良好的稳定性与可靠性，可适应油气储运恶劣的现场环境
5.	达基捷能科技（北京）有限公司	Omega 油库自动化管理系统作为壳牌指定的三大油库自动化系统之一，专门针对大型油库的生产管理需求，构建覆盖油罐计量、发油控制、安防联动、能耗管理的全流程解决方案。系统集成高精度油罐计量模块，通过雷达液位计、温度传感器等设备实时采集油罐液位、温度数据，精准计算油罐储量；发油控制模块支持定量发油、批量发油等多种发油模式，具备防溢油、防静电、防超压等安全连锁功能；安防联动模块集成视频监控、红外报警、气体检测等设备，当出现安全异常时，自动联动照明、报警、消防等系统；能耗管理模块实时采集水、电、气等能耗数据，分析能耗趋势，提出节能建议。系统具备完善的权限管理与操作日志功能，确保操作安全与责任追溯
6.	上海高创电脑技术工程有限公司	基于近 30 年的油气库区自动化经验，构建一站式库区自动化管控解决方案，覆盖油罐监测、装车/卸车控制、安防监控、应急管理为核心环节。平台集成油罐液位、温度、压力等参数的实时监测模块，实现油罐状态的全面掌控；装车/卸车控制模块采用自动化控制系统，实现装卸过程的无

序号	解决方案商	解决方案简介
		人化操作，配备精准的计量系统与安全连锁装置；安防监控模块集成高清视频监控、周界防范、气体泄漏检测等设备，实现库区全方位安防覆盖；应急管理模块内置应急预案库，当发生泄漏、火灾等突发事件时，自动触发应急响应流程，指导现场人员开展应急处置。平台支持与企业ERP、MES等系统数据对接，实现库区管理与企业整体管理的协同
7.	深圳市奥图威尔科技有限公司	基于云计算、物联网与数字孪生技术，构建危化品（油气）储运的智能生产管理平台，覆盖站场生产、安全监管、环保监测、运维管理等全流程。平台构建站场的数字孪生模型，实现生产过程的可视化监控与模拟仿真；通过物联网设备实时采集生产数据与设备状态数据，基于AI算法进行故障预测与安全风险预警；环保监测模块实时采集废气、废水排放数据，确保排放符合环保标准；运维管理模块实现运维工单的生成、派发、跟踪与闭环管理，提升运维效率。平台支持移动端应用，管理人员可随时随地查看生产状态、处理报警信息、审批运维工单；具备强大的数据分析能力，为生产优化与管理决策提供支撑
8.	北京东方国信科技股份有限公司	基于大数据与AI技术，构建油气储运生产数据的深度分析与应用平台，助力企业实现生产优化与智能决策。平台汇聚长输管道、站场、油库等全场景的生产数据（压力、流量、温度等）、设备数据（振动、腐蚀、运行时长等）、环境数据（气象、地形等），通过数据清洗、转换、整合等处理，形成标准化的数据资产。内置多个AI分析模型，包括管道泄漏预测模型、设备故障诊断模型、输送能耗优化模型、储罐液位预测模型等，可实现异常情况的提前预警与生产参数的优化建议。平台提供灵活的数据分析工具与可视化报表，支持管理人员自定义分析维度，挖掘数据价值；支持与生产监控系统、运维管理系统无缝对接，实现分析结果的落地应用
9.	天津华仪电气设备有限公司	专注于油气储运设备的健康管理，构建覆盖设备状态监测、故障诊断、维护预警的全流程解决方案。系统通过在泵、压缩机、阀门、管道等关键设备上部署振动传感器、温度传感器、腐蚀传感器等设备，实时采集设备运行状态数据。数据通过工业网络传输至诊断中心，基于振动分析、油液分析、腐蚀分析等技术，结合AI算法，对设备状态进行评估，诊断设备潜在故障（如轴承磨损、阀门卡涩、管道腐蚀等），并预测故障发展趋势，提前发出维护预警。系统支持维护工单的生成与跟踪，记录维护过程与效果，形成设备维护档案；提供设备状态的可视化展示，方便管理人员实时掌握设备健康状况
10.	沈阳中科韦尔腐蚀控制技	针对油气储运设备的腐蚀问题，构建覆盖管道、储罐、设

序号	解决方案商	解决方案简介
	术有限公司	备的全范围腐蚀智能监测解决方案。系统部署电化学腐蚀传感器、电阻探针、腐蚀挂片等多种腐蚀监测设备，实时采集腐蚀速率、腐蚀电位等数据；通过无线通信技术（5G、NB-IoT）将数据传输至监控中心，避免复杂的布线施工；内置腐蚀数据分析模块，结合介质特性、环境条件等数据，分析腐蚀规律，预测腐蚀发展趋势；当腐蚀速率超过预警阈值时，自动发出报警信息，并提出针对性的防腐建议（如调整阴极保护参数、更换防腐涂层等）。系统支持与生产管理平台、设备管理系统数据对接，实现腐蚀管理与生产管理、设备管理的协同
四、工程施工阶段		
1.	中国石油管道局工程有限公司	构建覆盖长输管道施工全流程的智能管控体系，集成施工进度管理、质量管控、安全监管、数据追溯四大核心模块。方案通过在施工现场部署智能安全帽、防爆巡检机器人、无人机、焊接参数采集仪等智能设备，实时采集施工人员位置、焊接参数、施工工序等数据。施工进度管理模块基于BIM模型与施工计划，实现施工节点的可视化监控与进度偏差预警；质量管控模块重点监控管道焊接、防腐、回填等关键工序，通过AI图像分析技术检测焊接缺陷，自动记录质量检测数据；安全监管模块集成视频监控、周界防范、危险气体检测等设备，实现施工现场的全方位安全监控，对违规操作自动报警；数据追溯模块实现施工过程的全数据记录，形成完整的施工档案，为工程验收与后续运维提供数据支撑
2.	中国石化石油工程技术服务有限公司	针对大型油气储运EPC项目（如LNG接收站、炼化一体化储运系统）的管理需求，构建覆盖设计、采购、施工、调试、验收全流程的数字化管理平台。平台集成设计管理模块，实现设计图纸的在线审核与变更管理；采购管理模块对接供应商资源，实现设备材料的采购计划、招标、到货验收全流程管理；施工管理模块基于BIM模型实现施工工序的可视化指导与进度管控，实时监控施工质量与安全；调试验收模块实现调试方案的制定、调试数据的自动采集与验收文档的数字化生成。平台实现各环节数据的无缝对接与共享，支持多参与方（业主、设计、施工、监理）的协同工作，提升项目管理效率与决策科学性
3.	天津大港油田集团工程建设有限责任公司	始建于1964年，是新中国成立后，伴随大港油田、辽河油田、华北油田、冀东油田等开发建设而发展壮大的国内大型企业，隶属中国石油天然气集团总公司。公司以管道储运工程、油田地面建设、海洋石油工程、市政公用工程为主营业务，具有国内外先进的设施装备，掌握领先的高新特色技术，现已成为国际知名工程总承包商。拥有石油天然气（海洋石油）行业和市政行业设计资质；拥有国家化

序号	解决方案商	解决方案简介
		工石油工程、市政公用工程总承包壹级，管道工程专业承包壹级，海洋石油工程专业承包贰级，防腐保温工程专业承包贰级，送变电工程专业承包叁级，预拌商品混凝土工程专业承包叁级、对外承包工程和对外贸易经营资质等多项资质和许可证。
4.	中油龙慧自动化工程有限公司	聚焦管道领域，构建覆盖设计、施工、运营、维护全生命周期的可视化管理体系。平台基于 BIM+GIS 融合技术，实现管道三维模型与实际运行数据的实时联动，直观展示管道腐蚀状态、阴极保护效果、设备运行参数等关键信息。支持管道完整性管理可视化，自动生成完整性评价报告；具备管道巡检轨迹可视化跟踪功能，确保巡检工作规范开展；应急处置模块可快速调取事故区域三维模型，辅助制定处置方案
5.	北京凌天智能装备集团股份有限公司	集成防爆巡检机器人、无人机、智能安全帽、气体检测仪等多种智能施工装备，构建油气工程施工现场的智能管控解决方案。防爆巡检机器人可在高危施工区域（如储罐区、站场施工区）进行自动巡检，实时监测危险气体浓度与施工安全状况；无人机用于施工现场的全景监控、管线路由勘察、施工进度航拍等；智能安全帽实现施工人员的定位、语音通信与安全报警，当人员进入危险区域或遇到危险时自动报警；气体检测仪实时监测施工现场的可燃、有毒气体浓度，数据实时上传至管理平台。管理平台实现所有智能装备数据的汇聚与可视化展示，对安全异常情况自动触发报警与应急联动
6.	广州中海达卫星导航技术股份有限公司	基于北斗高精度卫星导航技术，构建油气管道施工的精准定位与测量解决方案，覆盖管线路由勘察、管道铺设定位、阴极保护测试桩安装等关键环节。方案提供厘米级精度的定位设备（RTK 接收机、GNSS 平板等），实时获取施工现场的位置坐标；管线路由勘察模块通过定位设备与 GIS 系统结合，精准绘制管线路由图，为施工设计提供基础数据；管道铺设定位模块确保管道焊接、对接的精准定位，避免管道偏移；阴极保护测试桩安装定位模块确保测试桩位置符合设计要求，保障阴极保护系统的有效性。系统支持定位数据的实时上传与存储，形成施工定位档案，方便质量追溯与工程验收
7.	中石化石油工程建设有限公司	拥有逾 60 年国内外石油工程建设经验，具备从规划、勘察、施工到投产运营的全生命周期 EPC 总承包能力。核心承接长输管道、LNG 接收站、大型油库、海上油气储运设施等建设项目，掌握 X80 高钢级大口径管道施工、复杂地形穿跨越、CCUS 全流程建设等核心技术；参与川气东送、巴西天然气管道、肯尼亚地热管道等国内外重点项目，建立完善的 QHSE 管理体系，可适配陆地、海洋、海外等多场景施

序号	解决方案商	解决方案简介
		工需求，同步提供施工技术研发与成果转化服务，确保工程质量与建设效率。
8.	华测导航技术股份有限公司	集成 RTK 高精度定位、激光雷达、无人机等技术，构建油气工程施工全流程的测量与巡检解决方案。施工测量模块提供高精度的地形测量、管线路由测量、施工放样等功能，确保施工位置的精准性；无人机巡检模块通过搭载高清相机、激光雷达等设备，实现施工现场的全景巡检，快速发现施工隐患与进度偏差；激光雷达扫描模块可快速构建施工现场的三维模型，与 BIM 设计模型进行对比，检测施工偏差。系统支持测量数据与巡检数据的实时处理与分析，生成详细的测量报告与巡检报告；支持与施工管理平台数据对接，实现测量数据与施工管理的协同
9.	上海建工集团股份有限公司	专门针对 27 万立方米级超大型 LNG 储罐的施工需求，构建覆盖储罐基础施工、罐壁焊接、罐顶安装、绝热层施工等关键工序的智能管理系统。系统集成大型储罐施工专用的智能装备（如自动焊接机器人、智能吊装设备、激光定位设备等），实时采集施工参数与设备状态数据。罐壁焊接管理模块通过 AI 图像分析技术检测焊接缺陷，确保焊接质量；罐顶安装管理模块基于 BIM 模型与激光定位技术，实现罐顶构件的精准安装；绝热层施工管理模块监控绝热材料的铺设厚度与质量，确保储罐的绝热性能。系统实现施工过程的全数据追溯与可视化监控，保障超大型 LNG 储罐施工的安全与质量
10.	中国石油天然气管道工程有限公司	针对高钢级管道施工的严苛要求，构建覆盖施工质量、安全、环境的完整性管理解决方案。系统重点关注管道材料验收、焊接质量、防腐质量、回填质量等关键环节，通过智能检测设备与 AI 分析技术，实现施工质量的全方位管控。材料验收模块对管道、管件等原材料进行严格的质量检测，确保材料符合设计要求；焊接质量管控模块实时采集焊接参数，通过焊缝外观检测与内部探伤，确保焊接质量；防腐质量管控模块检测管道外防腐涂层的厚度、附着力的性能，避免防腐失效；回填质量管控模块确保回填土的压实度符合要求，保护管道安全。系统实现施工过程的全数据记录与分析，形成管道施工完整性报告，为管道全生命周期管理奠定基础
五、经营管理阶段		
1.	中国石油管道局工程有限公司投产运行分公司	油气场站智能全感知系统深度融合机器人、AI 与 AR 技术，为油气场站提供全天候、全流程的智能巡检与风险预警，实现安全、高效、无人化的智慧运营；长输管线智能安防针对跨国管线面临的恐怖袭击与非法入侵风险，构建了以长航时无人机为核心、“前端预警—空中侦察—多方处置”闭环联动的智能安防体系。通过“多机多站”部署与“属

序号	解决方案商	解决方案简介
		地操作+远程监控”创新运营模式，实现了高风险区段的全天候、高效率巡护，成功阻止多起破坏事件，保障了能源运输安全；SmartGO 智行完工管理系统专为油气、新能源、化工等大型工业项目打造，实现从施工收尾到移交的全过程数字化管理。该系统以结构化知识库与智能流程驱动，破解传统管理碎片化、效率低等难题，助力项目高效协同、进度可视、高质量交付
2.	昆仑数智有限责任公司	油气管网公平开放服务及交易平台是适应我国油气管网向第三方公平开放服务需要，创新业务模式，打造集客户管理、合同签订、经营计划、产品管理、交易管理、合同执行、服务结算、售后服务为一体的服务型平台，为托运商提供“一站式”服务。
3.	顺丰科技有限公司	打造油气储运供应链管理平台，依托大数据、物联网及智能协同技术，整合管网运营全链条供应链资源，打通采购、仓储、运输、运维物料供应各环节数据壁垒，实现供应链计划、执行、监控、优化一体化管理。助力其实现供应链协同高效、成本可控、风险可防，帮助降低供应链运营成本，提升跨环节协同效率
4.	浪潮集团有限公司	基于浪潮云 ERP 构建，聚焦油气储运企业数字化经营转型需求。核心功能涵盖资源管理、预算管理、资金管理、风险管理等，支持油气储运项目全生命周期成本管控，从项目立项、投资估算到竣工结算全程追溯。通过物联网技术对接仓储、运输设备，实现物资消耗实时统计与成本自动归集；内置风险预警模型，可识别价格波动、供应链中断等经营风险并提供应对方案。平台支持国产化软硬件适配，保障数据安全可控
5.	用友网络科技股份有限公司	以用友 BIP 为核心，构建“财务+业务+供应链”一体化经营管理体系。方案支持油气储运企业的客户关系管理、合同管理、物流调度与结算管理，实现从客户签约到费用结算的全流程闭环。通过大数据分析用户需求趋势，优化资源配置；集成电子发票、税务申报功能，提升财务处理效率；提供经营驾驶舱，直观展示营收、利润、成本等核心指标，支持管理层实时决策
6.	国投（洋浦）油气储运有限公司	聚焦绿色能源储运领域，构建涵盖绿色能源仓储、运输、贸易全链条的经营管理体系。方案核心包括绿色能源资源调度优化、碳足迹追踪、低碳运营成本核算等模块，可实现生物航煤、绿色甲醇等新能源产品的储运流程规范化管理。通过数字化平台整合上下游资源，优化运输路线与仓储布局，降低运营成本；建立碳交易数据对接接口，助力企业参与碳市场交易，提升绿色能源业务竞争力
7.	上海华能电子商务有限公司	专注于油气储运行业物资采购领域，构建集供应商管理、招标采购、合同履行、物流跟踪于一体的供应链经营解决

序号	解决方案商	解决方案简介
		方案。平台实现采购需求自动汇总、供应商智能匹配、招标流程数字化，降低采购成本；通过物联网技术跟踪物资运输状态，确保物资及时到位；建立供应商评价体系，优化供应链资源；集成财务结算功能，实现采购与付款的闭环管理
8.	中国石化销售股份有限公司	聚焦油气储运终端环节（油库、加油站、LNG加注站），构建终端经营一体化管理体系。系统集成销售管理、库存管理、客户管理、现场运营等功能，支持终端销售数据实时采集与分析，优化产品进销存策略；通过会员管理系统提升客户黏性；实现现场运营标准化管理，保障终端服务质量；提供终端经营数据分析报告，为终端网点优化布局提供决策支持
9.	山东能源集团有限公司	面向综合能源企业，构建油气与煤炭、电力等多能源协同储运的经营管理体系。平台实现多能源资源统一调度、经营数据集中管理、跨能源品种效益分析，支持油气与其他能源的互补储运与优化配置。通过大数据分析多能源市场价格走势，优化经营策略；建立多能源协同成本核算模型，降低综合运营成本；保障多能源储运业务合规运营，提升企业综合能源服务能力
10.	杭州海康威视数字技术股份有限公司	融合安防技术与经营管理需求，构建“安全+经营”一体化管理体系。方案通过AI视频分析、物联网传感等技术保障储运设施安全运营，减少安全事故损失；集成经营数据采集与分析功能，实现安全投入与经营效益的平衡分析；提供安全合规管理模块，确保经营活动符合安全监管要求；通过可视化平台展示安全与经营关键指标，支持协同决策

六、可视化治理阶段

1.	北京超图软件股份有限公司	基于 SuperMap GIS 核心技术，构建油气储运全场景时空数字底座。平台整合基础地理数据、管道三维模型、设备运行数据、环境监测数据等多源信息，实现管道、站场、储罐等设施的二三维一体化可视化展示。支持管道沿线地形地貌、周边敏感区域的空间分析，为规划设计提供支撑；通过实时数据映射实现生产工况动态可视化，异常情况快速定位；具备应急指挥可视化功能，可模拟泄漏扩散、火灾等场景，辅助应急决策。平台适配国产化信创环境，保障数据安全
2.	中油龙慧自动化工程有限公司	聚焦管道领域，构建覆盖设计、施工、运营、维护全生命周期的可视化管理体系。平台基于 BIM+GIS 融合技术，实现管道三维模型与实际运行数据的实时联动，直观展示管道腐蚀状态、阴极保护效果、设备运行参数等关键信息。支持管道完整性管理可视化，自动生成完整性评价报告；具备管道巡检轨迹可视化跟踪功能，确保巡检工作规范开展；应急处置模块可快速调取事故区域三维模型，辅助制

序号	解决方案商	解决方案简介
		定处置方案
3.	北京汉王智远科技有限公司	以深度学习算法为核心，将自主研发的人脸及生物特征识别、视频智能分析、人形识别、图像识别等人工智能技术与行业应用深度融合，形成静态人证核验+动态视频分析相结合的核心业务链条。同时公司积极响应市场、打造多元化的产品形态以及开放的生态平台，为客户提供更精准高效的服务，在智慧城市、智慧油田、智慧工地等工业生产领域取得了令人瞩目的成绩。
4.	北京达美盛软件股份有限公司	以自主轻量化核心技术构建工业数字孪生底座，实现油气储运设施的高精度可视化建模与治理。平台支持工程图纸自动转化为三维模型，保留完整的工程属性信息；通过物联网技术接入设备实时数据，实现模型与实体的动态同步；具备模型碰撞检测、空间分析等功能，辅助施工与运维阶段的问题排查；提供可视化报表生成工具，将复杂经营管理数据转化为直观图表，支持治理决策
5.	华为技术有限公司	基于华为云与鸿蒙操作系统构建，融合 5G、AI、数字孪生技术，实现油气储运全场景可视化管控。平台支持大规模三维场景实时渲染，可接入海量设备数据实现工况动态展示；通过 AI 算法自动识别异常工况并可视化预警；具备多终端协同可视化能力，支持大屏、移动端、AR/VR 设备的多端适配，方便管理人员随时随地掌握治理状态；提供开放接口，可与现有管理系统无缝对接
6.	海康威视数字技术股份有限公司	整合 AI 视频分析与物联网技术，构建“安防+运营”一体化可视化治理方案。平台通过高清摄像头、红外热成像仪等设备实现现场场景实时可视化监控，AI 算法自动识别违规操作、入侵行为、设备异常等问题并实时预警；集成设备运行数据、环境监测数据的可视化展示功能，实现安防状态与运营工况的联动分析；支持应急处置可视化指挥，快速调取现场视频与相关数据，辅助应急响应
7.	北京天地和兴科技股份有限公司	针对油气管网 SCADA 系统实际需求，建设一套稳定、先进、高效、可靠的工控安全监测防护体系，集中展现整体工控安全态势，提升整体工控安全监管水平和防御能力，以“一个中心、三重防护”为整体防护思想，构建油气管网 SCADA 系统网络安全防护技术体系；分布式场景数采及安全解决方案无需改变原有业务网络架构，拥有数据采集、威胁实时报警、违规行为阻断、数据加密、抗暴力破解等功能。硬件能适配不同应用场景，支持各种主流物联网接入协议和物理接口。商用密码安全防护解决方案针对业务系统“轻量化改造”基于行业海量终端，通过综合安全网关客户端结合智能密码钥匙，实现数字证书身份认证和与应用层之间 SSL 通信加密。重点危险区域“基于光谱视频气体泄漏检测”解决方案协同傅里叶红外、激光光谱、声纹成像、

序号	解决方案商	解决方案简介
		机器人、无人机等先进技术手段，打造空地一体化的危险气体探测网，为企业安全风险管控提供智能监测预警解决方案。
8.	北京亚控科技发展有限公司	基于 KingView/KingSCADA 核心平台，构建生产过程可视化治理体系。平台支持自定义可视化界面，可灵活配置生产工况、设备状态、报警信息等展示内容；具备强大的数据采集与处理能力，实现生产数据的实时可视化呈现与历史趋势分析；支持多源数据融合可视化，整合 SCADA、MES、EAM 等系统数据，为生产治理决策提供全面支撑；系统稳定性高，可适应恶劣工业环境
9.	浙江中控技术股份有限公司	集成 DCS、SCADA、数字孪生技术，构建覆盖生产、安全、运维全流程的可视化治理平台。平台实现油气储运各环节关键参数的集中可视化展示，支持生产流程动态模拟与优化；通过三维可视化模型实现设备内部结构与运行状态的直观呈现，辅助运维检修；具备安全风险分区可视化功能，明确风险等级与管控措施；提供可视化报表与分析工具，助力运营治理决策优化
10.	阿里云智能集团	基于阿里云大数据技术，构建油气储运海量数据可视化分析与治理方案。平台支持经营、生产、安全、环境等多维度数据的汇聚与整合，通过可视化图表、热力图、分布图等多种形式直观展示数据规律；具备自定义分析模型功能，可针对不同治理需求开展专项数据分析；支持大数据驱动的可视化预警，提前识别治理风险；提供云端协同可视化能力，方便多部门共享治理数据与分析结果
七、新模式新业态		
1.	数商云信息科技有限公司	搭建“炼-储-运-销”全链条产业互联网平台，整合上游炼化企业、中游储运场站、下游销售终端全链路资源，依托数据中台实现供需数据实时归集与动态匹配，支持订单智能拆分与资源精准分配，助力企业提升产业链协同效率 40%，降低库存积压成本 25%
2.	中移国际有限公司	基于 5G 专网技术构建油气全链路智能互联体系，支撑偏远区域分散井站、管线仪表及生产设备数据实时稳定回传，破解“数据孤岛”问题，配套边缘计算节点实现数据本地预处理，为产业链资源整合与协同决策提供低时延数据支撑
3.	郑州云飞扬信息技术有限公司	智慧油库协同系统打通油库、加油站与运输企业数据链路，整合库存实时数据、销售需求数据与物流调度数据，实现油品精准配送规划与库存动态补给，提升供应链协同效率 40%，增强企业市场响应能力 30%
4.	北京天地和兴科技股份有限公司	基于 AI 的网络安全智能化分析平台建设通过构建基于 AI 的网络安全智能分析平台，可实现告警信息的自动归并、降噪与智能研判，并依托自然语言处理技术赋能威胁深度

序号	解决方案商	解决方案简介
		分析，大幅提升安全运营效率，显著压缩威胁检测与响应周期。同时，平台支持自定义威胁运营报表配置，为企业输出可视化、全景式的安全态势视图，助力决策层快速制定精准应对策略，实现安全资源的最优配置与高效利用
5.	中柴能源有限公司	国家应急能源储备“智能一体化”服务站解决方案，已签约近400家能源相关企业，整合应急油气物资储备、运输调度、快速补给全流程服务，配备智能仓储管理系统与应急调度平台，可实现应急物资精准定位与快速调配，保障突发场景下能源供应连续性
6.	深圳市融资租赁有限公司	油气储运全产业链装备租赁与金融配套解决方案，覆盖LNG储罐、运输车辆、加压设备等核心装备，提供直租、回租、经营性租赁等多元模式，可根据项目建设周期灵活调整租赁期限，帮助企业盘活存量资产，降低初始投资压力，同时配套资产运维管理服务，保障租赁装备稳定运行
7.	中石油资本有限责任公司	聚焦油气储运行业的供应商融资及保理综合服务，针对产业链上下游中小企业资金周转需求，定制应收账款保理、订单融资等产品，依托中石油产业链资源优势，简化融资审批流程，降低融资利率，解决供应商资金占用问题，提升产业链资金周转效率
8.	远东宏信有限公司	油气储运重型装备租赁与专项融资解决方案，专注管道施工设备、压缩机、储罐等重型装备租赁，配备专业技术团队提供装备安装、调试、运维全流程服务，配套中长期融资方案，精准适配油气储运项目建设周期长、资金需求大的特点，降低企业投入压力
9.	海光信息技术股份有限公司	芯片级多重防护的可信数据空间解决方案基于海光芯片内生的安全能力（密码技术、可信计算技术、机密计算技术），构建芯片级的可信管控能力，实现数据受控受防护的流通渠道，在保障各参与方的数据资产前提下，为客户业务系统和人工智能提供高质量数据。
10.	招商局融资租赁有限公司	危化品运输车辆与储罐专项租赁服务，配套供应商应收账款保理方案，针对危化品储运装备价值高、更新快的特点，提供灵活的租赁期限与换件服务，同时帮助供应商快速回笼应收账款，缓解企业资金占用压力，保障产业链稳定
11.	国电南瑞科技股份有限公司	油气储运站场源网荷储协同调峰解决方案以构网型储能技术为核心，集成调度自动化、电力市场交易与安全稳定控制体系，适配油气站场“负荷波动大、供电可靠性要求高”特点。通过4S储能规划平台精准配置储能容量与类型，构网型PCS具备虚拟惯量、一次调频、黑启动等六大核心能力，保障新能源平滑并网。融合数字孪生仿真，实现站场“源-网-荷-储”实时协同，提供就地消纳、电价跟踪、应急控制等场景化策略。

(四) 标准化文件

按照网络、标识、平台、数据、安全等维度，共搜集工业互联网及油气储运领域相关标准（含国际标准、国家标准、行业标准、团体标准）共 190 余份，其中强制性标准 1 项。

序号	分类	标准名称	标准编号/计划编号	对应国际标准号	标准类型	制定/修订	推荐/强制	状态
1.	基础 共性	工业互联网平台 术语	SJ/T 11915-2023		行业标准	制定	推荐	已发布
2.		工业互联网平台选型要求	GB/T 42562-2023		国家标准	制定	推荐	已发布
3.		工业互联网 时间敏感网络需求及场景	YD/T 4134-2022		行业标准	制定	推荐	已发布
4.		工业互联网边缘计算 需求	YD/T 4493-2023		行业标准	制定	推荐	已发布
5.		工业互联网中区块链应用场景和业务需求	YD/T 4672-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
6.		工业互联网 总体网络架构	GB/T 42021-2022		国家标准	制定	推荐	已发布
7.		工业互联网标识解析 体系架构	YD/T 6209-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
8.		工业互联网边缘计算 总体架构与要求	YD/T 4670-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
9.		工业互联网平台 技术要求及测试方法 第 1 部分：总则	GB/T 44067.1-2024		国家标准	制定	推荐	已发布
10.		工业互联网平台 技术要求及测试方法 第 2 部分：工业 PaaS 平台	GB/T 44067.2-2024		国家标准	制定	推荐	已发布
11.		工业互联网平台 技术要求及测试方法 第 3 部分：工业 DaaS 平台	GB/T 44067.3-2024		国家标准	制定	推荐	已发布
12.		云制造服务平台安全防护管理要求	GB/T39403-2020		国家标准	制定	推荐	已发布
13.		工业互联网平台 质量管理要求	GB/T 44282-2024		国家标准	制定	推荐	已发布
14.		工业互联网从业人员能力要求	SJ/T 11804-2022		行业标准	制定	推荐	已发布
15.	网络	现场设备工具（FDT）接口规范	GB/T 29618	IEC62453	国家标准	制定	推荐	已发布
16.		远程终端单元（RTU）技术规范	GB/T 34039-2017		国家标准	制定	推荐	已发布

序号	分类	标准名称	标准编号/计划编号	对应国际 标准号	标准类型	制定/ 修订	推荐/ 强制	状态
17.		工业无线网络 WIA 规范 第 1 部分：用于过程自动化的 WIA 系统结构与通信规范	GB/T 26790.1-2011	IEC62601	国家标准	制定	推荐	已发布
18.		工业无线网络 WIA 规范 第 2 部分：用于工厂自动化的 WIA 系统结构与通信规范	GB/T 26790.2-2015		国家标准	制定	推荐	已发布
19.		工业无线网络 WIA 规范 第 3 部分：WIA-PA 协议一致性测试规范	GB/T 26790.3-2015		国家标准	制定	推荐	已发布
20.		工业无线网络 WIA 规范 第 4 部分：WIA-FA 协议一致性测试规范	GB/T 26790.4-2020		国家标准	制定	推荐	已发布
21.		用于工业测量与控制系统的 EPA 规范 第 2 部分：协议一致性测试规范	GB/T26796.2-2011		国家标准	制定	推荐	已发布
22.		用于工业测量与控制系统的 EPA 规范 第 3 部分：互可操作测试规范	GB/T26796.3-2011		国家标准	制定	推荐	已发布
23.		用于工业测量与控制系统的 EPA 规范 第 4 部分：功能块的技术规范	GB/T26796.4-2011		国家标准	制定	推荐	已发布
24.		全分布式工业控制网络 第 1 部分：总则	GB/T36417.1-2018		国家标准	制定	推荐	已发布
25.		全分布式工业控制网络 第 2 部分：术语	GB/T 36417.2-2018		国家标准	制定	推荐	已发布
26.		全分布式工业控制网络 第 3 部分：接口通用要求	GB/T 36417.3-2018		国家标准	制定	推荐	已发布
27.		全分布式工业控制网络 第 4 部分：异构网络技术规范	GB/T 36417.4-2018		国家标准	制定	推荐	已发布
28.		基于时间敏感技术的宽带工业总线 AUTBUS 系统架构与通信规范	GB/T 42019-2022		国家标准	制定	推荐	已发布
29.		工业互联网 综合布线系统 第 1 部分：总则	YD/T 4254.1-2023		行业标准	制定	推荐	已发布
30.		工业互联网 综合布线系统 第 2 部分：对称电缆和连接硬件、组件、配线设施技术要求	YD/T 4254.2-2023		行业标准	制定	推荐	已发布
31.		工业互联网 综合布线系统 第 3 部分：光缆和连接器、组件、配线设施技术要求	YD/T 4254.3-2023		行业标准	制定	推荐	已发布

序号	分类	标准名称	标准编号/计划编号	对应国际标准号	标准类型	制定/修订	推荐/强制	状态
32.		工业互联网联网用技术 无源光网络（PON）总体技术要求	YD/T 4651-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
33.		工业互联网联网用技术 无源光网络（PON）网络测试方法	YD/T 4498-2023		行业标准	制定	推荐	已发布
34.		工业互联网 时间敏感网络技术要求	YD/T 4492-2023		行业标准	制定	推荐	已发布
35.		工业互联网 时间敏感网络与移动前传网络融合部署技术要求	YD/T 6114-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
36.		工业互联网 软件定义的工厂内网络 架构与总体技术要求	YD/T 4652-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
37.		工业互联网 软件定义的工厂内网络 转发层模型与技术要求	YD/T 4654-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
38.		工业互联网 软件定义的工厂内网络 管理层模型与技术要求	YD/T 4653-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
39.		工业互联网 基于 SD-WAN 的网络技术要求	YD/T 4442-2023		行业标准	制定	推荐	已发布
40.		工业互联网 园区网络 总体技术要求	YD/T 6201-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
41.		工业互联网 园区网络 5G 网络服务能力平台总体架构与 技术要求	YD/T 6115-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
42.		工业互联网 园区网络 5G 网络部署技术要求	YD/T 6116-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
43.		工业以太网交换机技术规范	GB/T 30094-2013		国家标准	制定	推荐	已发布
44.		工业互联网联网用技术 无源光网络（PON）设备技术要求	YD/T 4443-2023		行业标准	制定	推荐	已发布
45.		工业互联网联网用技术 无源光网络（PON）设备测试方法	YD/T 4173-2022		行业标准	制定	推荐	已发布
46.		工业互联网联网用技术 支持边缘计算的工业无源光网络 （PON）ONU 技术要求	YD/T 6441-2025		行业标准	制定	推荐	已发布
47.		工业互联网 时间敏感网络集中网络配置技术要求	YD/T 4671-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
48.		OPC 统一架构 第 1 部分：概述和概念	GB/T 33863.1-2017	IEC62453	国家标准	制定	推荐	已发布
49.		OPC 统一架构 第 2 部分：安全模型	GB/T 33863.2-2017		国家标准	制定	推荐	已发布
50.		OPC 统一架构 第 3 部分：地址空间模型	GB/T 33863.3-2017		国家标准	制定	推荐	已发布

序号	分类	标准名称	标准编号/计划编号	对应国际 标准号	标准类型	制定/ 修订	推荐/ 强制	状态
51.		OPC 统一架构 第 4 部分：服务	GB/T 33863.4-2017		国家标准	制定	推荐	已发布
52.		OPC 统一架构 第 5 部分：信息模型	GB/T 33863.5-2017		国家标准	制定	推荐	已发布
53.		OPC 统一架构 第 6 部分：映射	GB/T 33863.6-2017		国家标准	制定	推荐	已发布
54.		OPC 统一架构 第 7 部分：行规	GB/T 33863.7-2017		国家标准	制定	推荐	已发布
55.		OPC 统一架构 第 8 部分：数据访问	GB/T 33863.8-2017		国家标准	制定	推荐	已发布
56.		OPC 统一架构 第 9 部分：报警和条件	GB/T 33863.9-2021	IEC62453	国家标准	制定	推荐	已发布
57.		OPC 统一架构 第 10 部分：程序	GB/T 33863.10-2021	IEC62453	国家标准	制定	推荐	已发布
58.		OPC 统一架构 第 11 部分：历史访问	GB/T 33863.11-2021	IEC62453	国家标准	制定	推荐	已发布
59.		OPC 统一架构 第 13 部分：聚合	GB/T 33863.13-2021	IEC62453	国家标准	制定	推荐	已发布
60.		现场设备集成 EDD 与 OPC UA 集成技术规范	GB/T 40305-2021		国家标准	制定	推荐	已发布
61.		基于蜂窝网络的工业无线通信规范 第 1 部分：通用技术要求	GB/T 42126.1-2022		国家标准	制定	推荐	已发布
62.		基于蜂窝网络的工业无线通信规范 第 5 部分：应用要求	GB/T 42126.5-2024		国家标准	制定	推荐	已发布
63.		边缘 计算	工业互联网边缘计算边缘节点模型与要求	YD/T 4494-2023		行业标准	制定	推荐
64.	工业互联网边缘计算 边缘节点模型与要求 边缘控制器		YD/T 6117-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
65.	工业互联网边缘计算 边缘节点模型与要求 边缘云		YD/T 6118-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
66.	工业互联网边缘计算 边缘网关管理接口要求		YD/T 6119-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
67.	面向工业应用的边缘计算 应用指南		GB/T 44860-2024		国家标准	制定	推荐	已发布
68.	平台	云制造服务平台制造资源接入集成规范	GB/T 39471-2020		国家标准	制定	推荐	已发布
69.		工业互联网平台 工业设备上云通用管理要求 第 1 部分：总则	SJ/T 11925.1-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
70.		工业互联网平台 工业设备上云通用管理要求 第 3 部分：数控机床	SJ/T 11925.3-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
71.		工业互联网平台 工业设备上云通用管理要求 第 4 部分：电力设备	SJ/T 11925.4-2024		行业标准	制定	推荐	已发布

序号	分类	标准名称	标准编号/计划编号	对应国际 标准号	标准类型	制定/ 修订	推荐/ 强制	状态
72.		工业互联网平台 工业设备上云通用管理要求 第5部分： 工程机械	SJ/T 11925.5-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
73.		工业互联网平台 工业设备上云通用管理要求 第6部分： 场内物流设备	SJ/T 11925.6-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
74.		工业互联网平台 工业设备上云通用管理要求 第10部分： 工程车辆	SJ/T 11925.10-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
75.		工业互联网平台 设备健康管理规范	GB/T 46315-2025		国家标准	制定	推荐	已发布
76.		工业互联网平台 工业机理模型开发指南	GB/T 44122-2024		国家标准	制定	推荐	已发布
77.		工业互联网平台 模型分类	SJ/T 11945-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
78.		工业互联网平台 微服务参考框架	GB/T 42568-2023		国家标准	制定	推荐	已发布
79.		工业互联网平台 开放应用编程接口功能要求	GB/T 42569-2023		国家标准	制定	推荐	已发布
80.		工业互联网平台 应用管理接口要求	YD/T 3844-2021		行业标准	制定	推荐	已发布
81.		工业互联网平台 监测分析指南	GB/T 44280-2024		国家标准	制定	推荐	已发布
82.		工业互联网平台 服务商评价方法	GB/T 44405-2024		国家标准	制定	推荐	已发布
83.		工业互联网平台 解决方案分类方法	GB/T 44281-2024		国家标准	制定	推荐	已发布
84.		工业互联网平台 企业应用水平与绩效评价	GB/T 41870-2022		国家标准	制定	推荐	已发布
85.		工业互联网平台 应用实施指南第1部分：总则	GB/T 23031.1-2022		国家标准	制定	推荐	已发布
86.		工业互联网平台 应用实施指南第2部分：数字化管理	GB/T 23031.2-2023		国家标准	制定	推荐	已发布
87.		工业互联网平台 应用实施指南第3部分：智能化制造	GB/T 23031.3-2023		国家标准	制定	推荐	已发布
88.		工业互联网平台 应用实施指南第4部分：网络化协同	GB/T 23031.4-2023		国家标准	制定	推荐	已发布
89.		工业互联网平台 应用实施指南第5部分：个性化定制	GB/T 23031.5-2023		国家标准	制定	推荐	已发布
90.		工业互联网平台 应用实施指南第6部分：服务化延伸	GB/T 23031.6-2023		国家标准	制定	推荐	已发布
91.		工业互联网平台 电机 基本技术要求	JB/T 15227-2025		行业标准	制定	推荐	已发布
92.		工业互联网平台 异构协议兼容适配要求	GB/T 43738-2024		国家标准	制定	推荐	已发布
93.	数据	信息技术 通用数据导入接口规范	GB/T36345-2018		国家标准	制定	推荐	已发布

序号	分类	标准名称	标准编号/计划编号	对应国际 标准号	标准类型	制定/ 修订	推荐/ 强制	状态	
94.		信息技术 数据质量评价指标	GB/T36344-2018		国家标准	制定	推荐	已发布	
95.		企业资源计划 第2部分: ERP 基础数据	GB/T25109.2-2010		国家标准	制定	推荐	已发布	
96.		工业过程测量和控制在过程设备目录中的数据结构和元素	GB/T20818		国家标准	制定	推荐	已发布	
97.		工业过程测量、控制和自动化生产设施表示用参考模型(数字工厂)	GB/Z32235-2015		国家标准	制定	推荐	已发布	
98.		信息技术 数据交易服务平台交易数据描述	GB/T36343-2018		国家标准	制定	推荐	已发布	
99.		信息技术 数据交易服务平台通用功能要求	GB/T37728-2019		国家标准	制定	推荐	已发布	
100.		油气管道监控与数据采集系统通用技术规范	Q/SY 05201.9-2016		企业标准	制定	推荐	已发布	
101.		标识	信息技术开放系统互连 OID 的国家编号体系和操作规程	GB/T26231-2017		国家标准	制定	推荐	已发布
102.			工业物联网仪表身份标识协议	GB/T33901-2017		国家标准	制定	推荐	已发布
103.			工业管道编码和标识	20251923-T-469		国家标准	制定	推荐	起草
104.	物联网标识体系 OID 应用指南		GB/T36461-2018		国家标准	制定	推荐	已发布	
105.	物联网标识体系对象标识符编码与存储要求		GB/T41810-2022		国家标准	制定	推荐	已发布	
106.	工业互联网标识解析 标识注册管理协议与技术要求		YD/T 4495-2023		行业标准	制定	推荐	已发布	
107.	工业互联网标识解析 基于标签的编码存储与识读方法		YD/T 6315-2025		行业标准	制定	推荐	已发布	
108.	工业互联网标识解析 主动标识载体 总体技术框架		YD/T 6135-2024		行业标准	制定	推荐	已发布	
109.	工业互联网标识解析 主动标识载体 安全芯片技术要求		YD/T 6138-2024		行业标准	制定	推荐	已发布	
110.	工业互联网标识解析 主动标识载体 通用集成电路卡技术要求		YD/T 6137-2024		行业标准	制定	推荐	已发布	
111.	工业互联网标识解析 主动标识载体 通信模组技术要求		YD/T 6136-2024		行业标准	制定	推荐	已发布	
112.	工业互联网标识解析 标识解析接入认证协议和技术要求		YD/T 6211-2024		行业标准	制定	推荐	已发布	
113.			信息技术开放系统互连对象标识符解析系统	GB/T35299-2017	ISO/IEC29 168-1:201 1	国家标准	制定	推荐	已发布

序号	分类	标准名称	标准编号/计划编号	对应国际 标准号	标准类型	制定/ 修订	推荐/ 强制	状态	
114.		工业互联网标识解析 可信解析	YD/T 6129-2024		行业标准	制定	推荐	已发布	
115.		工业互联网标识解析 权威解析协议与技术要求	YD/T 4497-2023		行业标准	制定	推荐	已发布	
116.		工业互联网标识解析 权威解析系统技术要求	YD/T 6125-2024		行业标准	制定	推荐	已发布	
117.		工业互联网标识解析 注册系统技术要求	YD/T 6126-2024		行业标准	制定	推荐	已发布	
118.		工业互联网标识解析 接入认证系统接口测试方法	YD/T 6128-2024		行业标准	制定	推荐	已发布	
119.		工业互联网标识解析 接入认证系统接口技术要求	YD/T 6127-2024		行业标准	制定	推荐	已发布	
120.		工业互联网标识解析递归节点技术要求	YD/T 6124-2024		行业标准	制定	推荐	已发布	
121.		工业互联网标识解析二级节点技术要求	YD/T 6122-2024		行业标准	制定	推荐	已发布	
122.		工业互联网标识解析二级节点测试规范	YD/T 6123-2024		行业标准	制定	推荐	已发布	
123.		工业互联网标识解析 国家顶级节点与二级节点对接技术要求	YD/T 6120-2024		行业标准	制定	推荐	已发布	
124.		工业互联网标识解析 国家顶级节点与二级节点对接测试规范	YD/T 6121-2024		行业标准	制定	推荐	已发布	
125.		工业互联网标识解析 标识数据语义化通用技术要求	YD/T 6131-2024		行业标准	制定	推荐	已发布	
126.		工业互联网标识解析 标识数据参考模型	YD/T 6130-2024		行业标准	制定	推荐	已发布	
127.		工业互联网标识解析 核心元数据	YD/T 4496-2023		行业标准	制定	推荐	已发布	
128.		工业互联网标识解析 信息协同共享技术要求	YD/T 6212-2024		行业标准	制定	推荐	已发布	
129.		工业互联网标识解析 访问控制技术要求	YD/T 6210-2024		行业标准	制定	推荐	已发布	
130.		工业互联网标识解析编码规范	Q/GGW 05045-2025		企业标准	制定	推荐	已发布	
131.		安全	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	GB/T 44462.1-2024		国家标准	制定	推荐	已发布
132.			工业互联网企业网络安全 第2部分：平台企业防护要求	GB/T 44462.2-2024		国家标准	制定	推荐	已发布
133.			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	GB/T 44462.3-2024		国家标准	制定	推荐	已发布
134.	工业控制系统信息安全 第1部分：评估规范		GB/T30976.1-2014		国家标准	制定	推荐	已发布	

序号	分类	标准名称	标准编号/计划编号	对应国际 标准号	标准类型	制定/ 修订	推荐/ 强制	状态
135.		工业控制系统信息安全 第2部分：验收规范	GB/T30976.2-2014		国家标准	制定	推荐	已发布
136.		工业通信网络和系统安全 建立工业自动化和控制系统安全程序	GB/T33007-2016	IEC62443-2-1	国家标准	制定	推荐	已发布
137.		工业自动化和控制系统网络安全 可编程控制器（PLC）第1部分：系统要求	GB/T33008.1-2016		国家标准	制定	推荐	已发布
138.		工业自动化和控制系统网络安全 集散控制系统（DCS）第1部分：防护要求	GB/T33009.1-2016		国家标准	制定	推荐	已发布
139.		工业自动化和控制系统网络安全 集散控制系统（DCS）第2部分：管理要求	GB/T33009.2-2016		国家标准	制定	推荐	已发布
140.		工业自动化和控制系统网络安全 集散控制系统（DCS）第3部分：评估指南	GB/T33009.3-2016		国家标准	制定	推荐	已发布
141.		工业自动化和控制系统网络安全 集散控制系统（DCS）第4部分：风险与脆弱性检测要求	GB/T33009.4-2016		国家标准	制定	推荐	已发布
142.		信息安全技术 工业控制系统安全控制应用指南	GB/T32919-2016		国家标准	制定	推荐	已发布
143.		信息安全技术 工业控制系统安全管理基本要求	GB/T36323-2018		国家标准	制定	推荐	已发布
144.		信息安全技术 工业控制系统信息安全分级规范	GB/T36324-2018		国家标准	制定	推荐	已发布
145.		信息安全技术 工业控制系统现场测控设备通用安全功能要求	GB/T36470-2018		国家标准	制定	推荐	已发布
146.		信息安全技术 网络安全等级保护基本要求	GB/T22239-2019		国家标准	制定	推荐	已发布
147.		信息安全技术 网络安全等级保护安全设计技术要求	GB/T25070-2019		国家标准	制定	推荐	已发布
148.		信息安全技术 工业控制网络安全隔离与信息交换系统安全技术要求	GB/T37934-2019		国家标准	制定	推荐	已发布
149.		信息安全技术 工业控制网络监测安全技术要求及测试评价方法	GB/T37953-2019		国家标准	制定	推荐	已发布
150.		信息安全技术 数控网络安全技术要求	GB/T37955-2019		国家标准	制定	推荐	已发布

序号	分类	标准名称	标准编号/计划编号	对应国际 标准号	标准类型	制定/ 修订	推荐/ 强制	状态
151.		信息安全技术 工业控制系统安全检查指南	GB/T37980-2019		国家标准	制定	推荐	已发布
152.		信息安全技术 工业控制系统专用防火墙技术要求	GB/T37933-2019		国家标准	制定	推荐	已发布
153.		信息安全技术 工业控制系统网络审计产品安全技术要求	GB/T37941-2019		国家标准	制定	推荐	已发布
154.		信息安全技术 工业控制系统漏洞检测产品技术要求及测试评价方法	GB/T37954-2019		国家标准	制定	推荐	已发布
155.		网络关键设备安全通用要求	GB 40050-2021		国家标准	制定	强制	已发布
156.		工业通信网络 网络和系统安全 工业自动化和控制系统 信息安全技术	GB/T 40218-2021	IEC/TR 62443-3-1 :2009	国家标准	制定	推荐	已发布
157.		工业互联网 时序数据安全网关技术要求	YD/T 4979-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
158.		工业互联网 边缘计算平台安全防护要求	YD/T 4995-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
159.		工业互联网 数据安全保护要求	YD/T3865-2021		行业标准	制定	推荐	已发布
160.		工业互联网 安全态势感知系统技术要求	YD/T 4214-2023		行业标准	制定	推荐	已发布
161.		工业互联网 安全监测与管理系统通用要求	YD/T 4978-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
162.		工业控制网络安全风险评估规范	GB/T26333-2010		国家标准	制定	推荐	已发布
163.		信息安全技术工业控制系统风险评估实施指南	GB/T36466-2018		国家标准	制定	推荐	已发布
164.		工业互联网 安全测试评估环境 参考架构	YD/T 4713-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
165.		工业互联网 数控加工制造系统信息安全风险评估要求	YD/T 4215-2023		行业标准	制定	推荐	已发布
166.		信息安全技术网络安全等级保护测评要求	GB/T28448-2019		国家标准	制定	推荐	已发布
167.		工业互联网安全隔离与信息交换系统技术要求	YD/T 4975-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
168.	应用	工业互联网创新应用场景及技术要求 3D 机器视觉	YD/T 4645-2023		行业标准	制定	推荐	已发布
169.		个性化定制分类指南	GB/T40012-2021		国家标准	制定	推荐	已发布
170.		网络化制造环境下的制造资源分类	GB/T25111-2010		国家标准	制定	推荐	已发布
171.		网络化制造 ASP 工作流程及服务接口	GB/T25484-2010		国家标准	制定	推荐	已发布
172.		网络化制造系统应用实施规范	GB/T25487-2010		国家标准	制定	推荐	已发布

序号	分类	标准名称	标准编号/计划编号	对应国际 标准号	标准类型	制定/ 修订	推荐/ 强制	状态
173.		网络化制造系统功能规划技术规范	GB/T25489-2010		国家标准	制定	推荐	已发布
174.		网络化制造环境中业务互操作协议与模型	GB/T30095-2013		国家标准	制定	推荐	已发布
175.		信息技术远程运维技术参考模型	GB/T39837-2021		国家标准	制定	推荐	已发布
176.		《工业互联网平台 安全生产数字化管理 第4部分：石油天然气储运行业》	20241888-T-339		国家标准	制定	推荐	送审
177.		物联网 油气长输管道物联网应用		ISO/IEC TR 30195	国际标准	制定	推荐	已发布
178.		油气长输管道工程数字化交付规范	SY/T 7795-2024		行业标准	制定	推荐	已发布
179.		煤层气技术设计规范	NB/T 10029-2016		行业标准	制定	推荐	已发布
180.		煤层气技术用聚乙烯管道完整性管理规范	NB/T 111424-2023		行业标准	制定	推荐	已发布
181.		油气行业北斗应用技术规范	SY/T 7670-2022		行业标准	制定	推荐	已发布
182.		石油工业北斗综合监管技术应用规范	SY/T 7696-2023		行业标准	制定	推荐	已发布
183.		燃气服务导则	GB/T 28885-2025		国家标准	制定	推荐	已发布
184.		物联网面向智能燃气表应用的物联网系统技术规范	GB/T 41816-2022		国家标准	制定	推荐	已发布
185.		城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术标准	GB/T 51474-2025		国家标准	制定	推荐	已发布
186.		城镇燃气报警控制系统技术规程	CJJ/T 146-2011		行业标准	制定	推荐	已发布
187.		民用智能燃气表通用技术要求	T/CGAS 003-2017		团体标准	制定	推荐	已发布
188.		基于窄带物联网（NB-IoT）技术的智能燃气远传抄表系统	T/CGAS 006-2019		团体标准	制定	推荐	已发布
189.		城镇燃气系统智能化评价规范	T/CGAS 025-2023		团体标准	制定	推荐	已发布
190.		城镇燃气智能调压箱技术规范	T/CGAS 027-2023		团体标准	制定	推荐	已发布
191.		城镇燃气无人值守站技术要求 第1部分：建设	T/CGAS 043.1-2026		团体标准	制定	推荐	已发布
192.		城镇燃气无人值守站技术要求 第2部分：运行维护	T/CGAS 043.2-2026		团体标准	制定	推荐	已发布
193.		燃气输配管道隐患排查指南	T/CGAS 044-2026		团体标准	制定	推荐	已发布
194.		城镇燃气输配管道风险评估	T/CGAS 045-2026		团体标准	制定	推荐	已发布

（五）公共服务平台

选取面向行业、具有公共服务属性的代表性平台共 11 个，涵盖工业互联网标识解析、工业互联网平台，以及监督服务、数据服务、资讯信息服务等服务类别。

序号	平台名称	运营方/建设方	核心特色
1	国家管网开放服务及交易平台	国家管网集团市场部	针对我国油气管网设施向第三方服务缺少模式借鉴和平台支撑的现状，探索创新应用，优化整合储运服务管理流程，实现业务流标准化、数字化，打通内部流程堵点，高效协同，支撑我国托运商服务需求规模性增长，为我国管网公平开放跨越式发展奠定平台基础。
2	油气储运行业标识解析二级节点平台	国家管网集团数字化部	为储运设备、管道、高后果区、高风险作业、巡检事件等实体或非实体赋予唯一标识，实现全生命周期追溯与管理；为油气储运行业上中下游提供标识注册、解析与数据查询服务；支撑行业供应链协同、设备运维、安全监管与应急响应；并与国家顶级节点对接，保障数据互联与行业应用生态构建。
3	工业互联网+安全生产平台	国家管网集团北方管道有限责任公司	基于行业安全生产管理需求打造的工业互联网平台，已落地安全风险智能化管控、油气长输管道安全风险监测预警、中俄东线数智化融合等一系列“工业互联网+安全生产”创新应用。平台通过构建标准体系、开放生态能力、推进政企协同共享，实现国家管网集团内部业务流程高效贯通与智能化决策支持，并为行业输出安全生产解决方案及应用服务能力，为政府提供精准监管服务。
4	油服网	西安油服网信息技术有限公司	“互联网+油气产业”的综合服务平台，包含油服基地、油服数据、油服商城、政务服务、油服学院等板块，提供装备材料采购、项目对接、政策查询和培训等服务。

序号	平台名称	运营方/建设方	核心特色
5	上海石油天然气交易中心平台	上海石油天然气交易中心有限公司	提供管道天然气、LNG、储气服务等多种能源产品的线上交易；发布“中国管道天然气现货价格”等价格指数，组织 LNG 接收站窗口期、储气库容量等专场竞价交易
6	油气储运网	油气储运网	发布油气储运工程相关的行业新闻、技术文章、政策法规和工程项目信息，提供油气储运工程项目对接、技术资料共享、行业政策解读等服务，服务对象涵盖油气企业、工程服务商、设备供应商等。
7	湖南省燃气行业监管公共服务平台	湖南省住房和城乡建设厅	城镇燃气经营企业信息报送、经营许可证申报/审核/核发/撤销/注销线上办理。
8	中国城市燃气协会	中国城市燃气协会	面向燃气行业提供新闻资讯、政策法规、企业信息、技术交流等综合信息服务，并设置“追溯查询”等功能，是燃气行业信息共享与行业沟通的重要门户之一，链接政府、协会及相关企业。
9	中燃网	中燃网	面向燃气行业提供新闻资讯、政策法规、企业信息、技术交流等综合信息服务，并设置“追溯查询”等功能，是燃气行业信息共享与行业沟通的重要门户之一，链接政府、协会及相关企业。
10	国际燃气网	国际燃气网	面向燃气行业提供政策、市场、价格、技术、设备、招标、工程等资讯与服务，是覆盖国内外的燃气行业专业门户网站，为行业从业者提供信息交流和商机对接的渠道，具有行业公共服务平台属性。
11	北京市地下管线运行综合管理信息平台	北京市城市管理委员会	北京市地下管线防护系统为服务平台，作为防范施工破坏地下管线工作的纽带，旨在便于工程方与管线方建立对接配合，便于工程建设单位、施工单位、管线单位等开展施工现场保护地下管线相关工作。工程建设单位和地下管线权属单位对其在该系统发布信息的真实性负责。

第五章 组织实施

（一）基本原则

整体布局、分步落实。从油气存储供应全链条各环节出发，规划企业战略定位、建设目标和迭代升级路径，建立涵盖油气储运治理主体、油气储运设备全生命要素和油气储运系统要素等的工业互联网体系。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。

模式探索、创新驱动。面向工业互联网与油气储运融合应用需求，探索基于工业互联网的新型业务模式和服务模式，鼓励产业链上下游用户、开发者、供应商多方构建产业生态，共同创造价值。坚持以技术创新为核心，积极探索 5G、6G、标识等工业互联网技术成果与油气储运行业的融合创新，推动油气储运行业企业数字化、智能化、绿色化转型升级。

标准引领、协同发展。构建适合油气储运企业的工业互联网与油气储运融合应用标准体系，促进跨行业、跨系统、跨平台的数据流通与应用协同，实现生态开放共享。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，促进油气储运行业协同发展。

要素保障、安全先行。建立完善的保障机制，为项目建设提供必要的组织保障、制度保障、资金保障、人才保障和文化保障，确保项目建设和应用取得实效。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

油气储运行业和工业互联网融合应用实施应通过现状评估、战略规划、组织准备等八步来推进。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，行业涉及多企业、多场站、多设备场景，两者融合面临技术融合和业务融合的多重复杂性，相关企业在推进工业互联网融合应用时需要进行更全面的诊断评估、更系统的蓝图规划、更清晰的路径选择，并建立更强有力的组织保障。此外，相关企业应在自身能力基础上，更多地联合相关科研院所、解决方案供应商等主体，共同推进工业互联网建设实施，形成具有行业特色，促进智能系统建设与跨越式发展的新模式。

1. 现状评估

一是业务诊断，行业企业全面梳理储存、运输、调控、销售等各环节业务流程，分析相关企业在生产、运营、管理等方面存在的问题和未来需求，明确未来发展定位和目标；二是数字化现状评估，行业企业结合能力评价指标，从设备层、场站层、企业层和行业层四个层级对企业自动化信息化系统建设情况进行全面评估，诊断全业务链条的数字化能力成熟度水平，识别工业互联网可以发挥作用的关键点；三是工业互联网功能建设需求分析，结合企业未来需求和工业互联网的赋能关键点，明确工业互联网在支撑行业数字化转型时应具备的网络、标识、平台和安全功能，规划相应的能力建设方案。

2. 战略规划

面对行业数字化、智能化、绿色化的转型需求，油气储运行业企业需结合自身发展愿景、目标和市场定位，基于现有核心竞争能力、业务特点和痛点，先明确工业互联网与主业的融合应用方向，再设定分阶段目标，最终形成‘现状评估—目标设定—路径落地’的完整战略规划，支撑从传统运营商向现代服务商的跃迁。一是战略研判，基于产业链上下游企业现状分析，明确各环节融合应用需求和愿景。二是目标设定，根据典型场景的业务需求，以及运行调控、治理效能优化、业务模式创新指标等情况，设定项目建设目标。三是整体路径规划，确立工业互联网在油气储运行业转型升级中的战略角色，基于需求、愿景、目标等，整体规划融合应用路径。

3. 组织准备

为推动战略规划落地，企业应根据应用需求，配备具有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，支撑后续具体规划和建设任务开展。具体措施包括制定项目建设配套规章制度，设立包括中高层在内的工业互联网建设推进小组，成立专家咨询委员会，制定项目资金预算与投资计划，对战略规划中涉及的新业务进行建设和调整等。

4. 总体规划

结合战略规划，企业应联合行业协会、总集成商等外部专业机构，面向全业务流程开展工业互联网融合应用总体设计，根据需求迫切程度、技

术基础和资金情况等，明确建设先后顺序、各阶段建设目标和建设内容。一是调研企业当前网络、标识、平台、安全等方面的建设现状，明确建设需求，设计工业互联网总体架构和部署路径，构建完整的业务、技术、数据、应用、网络、标准以及管理等架构体系。二是制定标准规范，根据当前国家及行业标准，制定项目实施的具体技术标准、数据标准和安全规范，保证建设内容有据可依。三是设计应用方案，针对工业互联网和行业的不同融合应用场景，设计详细的解决方案，以及每个方案所需的技术、装备、软件等详细内容、投资详细概算、人员安排、进度安排、保障措施等。四是选择合作伙伴，依托行业协会、产业生态甄选技术供应商、系统集成商等合作伙伴，集成优势资源，形成良好的供应链体系和协作模式。

5. 方案设计

按照总体设计要求，企业应联合设计详细建设方案，按照“成熟一个启动一个”的原则，保证项目建设顺利开展。建设方案包括但不限于：一是底层设备的智能化改造和新型网络设施改造升级。基于人工智能等技术升级现有的生产类终端、控制类终端和采集监测类终端，或使用叠加模式接入新型智能设备；应用 5G 虚拟专网、TSN、无源物联网和边缘计算等技术，融合应用企业现有网络和 5G 网络，支撑实现特殊场景下的数据采集和全网数据共享。

二是企业数据治理与标识体系构建，设备层建立“一物一码”物理实体和虚拟实体标识码，形成企业级底层数据资源池；场站层部署标识解析中间件，并与工控软件实现接口对接；企业层以独立建设或托管建设的方式，建设标识解析企业节点并接入标识解析二级节点。在此基础上推动生

产和供应各环节基础数据清理、数据挖掘分析、高质量数据集和模型库创建。

三是工业互联网平台部署、开发和测试，部署各类传感器和智能终端采集数据，打造工业互联网平台，建设服务器、网络、存储、安全等基础设施，建设微服务组件库、使能平台、数据底座，涵盖集成、软件开发、区块链、数字孪生、物联网、人工智能、通用 PaaS、数据湖等；建设智慧管理平台、产业运营平台和生态协作平台，开发业务运行相关 APP 和创新应用。

四是安全防护体系建设，从设备、控制、网络、应用、数据、平台等方面构建行业+企业+场站多级网络安全防护体系，设备层从安全区域划分、边界防护、通信网络、主机防护、安全监测、安全运维、访问控制、安全管理制度多个角度进行建设，场站层部署网络安全综合监测系统，企业层建设大数据分析系统，定期开展安全风险监测评估，保证系统运行安全可靠、网络传输安全可信、数据全生命周期流通安全。

6. 试点建设

工业互联网和行业融合应用涉及上下游企业、场景众多，应开展试点应用和分步推广。一是选择试点，依据不同的管道背景、不同的数字化水平以及快报废、老管道、新管道等进行分级分类场景应用，充分考虑业务需求、企业实际情况和实施难易程度，选择具有代表性的区域、典型场景、必要场景，组织相关企业开展工业互联网建设试点。二是实施建设，结合区域和企业业务特点和升级需求，在试点区域开展工业互联网平台建设，包括但不限于网络、标识、平台、安全，并实地进行配置与调试。三是能

力验证，根据相关标准和建设目标，组织多方验证系统数据采集、处理、分析及应用等能力的有效性。四是收集用户反馈，收集试点用户的意见与建议，评估项目建设带来的用户体验与业务成效，为评估优化提供参考。五是建立反馈处理机制，明确“用户反馈收集—分类评估—方案调整—试点验证”的闭环流程，确保迭代优化可落地。

7. 评估优化

工业互联网项目建设完成后，企业内部应组织开展成效评估，根据运行情况进行迭代优化。一是建立量化评估指标体系，开展业务场景关键指标校验复核，对标建设目标明确的油气储运业务核心指标，逐项校验指标实际达成情况、数据真实性与统计合规性，复核指标体系与业务场景的适配性，定位指标偏差根源；二是从管理体系建设、生产经营数字化水平、数字技术创新应用等维度，组织开展工业互联网应用成效评估，总结成效，发现问题。三是根据评估情况和实际需要，制定改进措施，调整技术方案、管理策略或商业模式，开启新一轮工业互联网融合应用规划，不断提升融合应用水平。四是标准输出，将迭代优化过程中的成功经验和最佳实践进行总结和标准化，以支撑后续推广应用。

8. 宣传推广

一是分阶段部署，以系统工程思维和方法梳理工业互联网和油气储运行业融合的关键通用技术，按照优先级和资源情况合理规划推广路线，形成可复制可推广的基本路径，提升规模化推广水平。二是相关企业联合高校、科研机构、行业协会建设运营融合产业生态，依托生态提供规划设计、

供需对接、样板建设、生态活动等一系列服务，加快行业技术产品及解决方案开发、孵化与推广。三是鼓励企业在典型行业场景落地应用，用户服务和技术支持，形成一批应用价值高、可复制推广性强的应用案例，并持续跟踪新技术，挖掘新应用场景，树立“平台+行业”标杆。

（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，相关企业应建立“领导小组办公室+专项行动小组+高端智库”的推进机制，组建由一把手或分管领导挂帅的项目领导小组，统筹各方资源；组建由信息化或数字化部门负责人挂帅的项目建设小组，负责具体项目组织实施；联合油气储运行业企业、行业协会、科研院校组建工业互联网+油气储运行业专家咨询委员会，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。

2. 制度保障

企业应建立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，制定合理可行的考核指标体系。通过加强对项目组和各单位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，从制度上保障工业互联网融合应用有效落实。

3. 资金保障

企业需要根据自身应用需求，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；建立企业资金效应评价和追踪问责机制，使投入和使用效率最大化；建立数字化转型的财务核算体系，明确数字化投资的预算和风险，科学计算数字化投资回报周期和效果。

4. 人才保障

企业在推进工业互联网应用过程中，应建立健全工业互联网相关人才引进、培养、使用、激励等机制，引进和培养一批具备能源技术与工业互联网技术融合知识技能的跨界复合型人才。优化企业内部人才评价及激励政策，对工业互联网技术人才予以倾斜照顾，确保人才引得进、留得住、用得好。深化行业工业互联网领域产教融合，与科研院所围绕重点发展方向和关键技术共建产业学院、联合实验室、实习基地等。

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，相关企业应与工业互联网相关科研院所、行业组织加强合作，通过举办产业大会、开展员工培训学习、发布优秀应用案例、应用经验交流、知识竞答比赛等一系列活动（如每年举办不少于2场工业互联网专题培训，员工认知普及率达到90%以上；每季度发布1批优秀应用案例，形成文化传播氛围），共享工业互联网与行业融合应用成果，强化员工对工业互联网创新发展的认知，加速工业互联网在油气储运行业的推广应用。

附录一 典型案例

案例 1：“GIS+CAD”融合构建油气管道线路数字化设计新范式

应用企业：国家管网工程技术创新有限公司

一、案例概述

（一）案例概况

国家管网工程技术创新有限公司研发国内首套覆盖油气管道工程可行性研究、初步设计、施工图、竣工图全流程的数字化协同设计平台，基于“全国产 GIS+CAD”融合技术体系，以“数据+模型”为核心驱动，借助 AI 与云边协同打破设计各专业各环节数据孤岛，实现全流程、协同化、数字化的设计新范式。

应用场景类别：研发设计

（二）企业概况

国家管网工程技术创新有限公司业务范围涵盖油气储运战略规划研究、工程与股权投资项目可行性研究、设计管理咨询、工程设计，工程技术创新研发、工程技术推广应用、标准与 DEC 开发管理、数字化的八大业务。

（三）业务场景与痛点

国内油气管道线路设计长期依赖 Auto CAD、ArcGIS 等国外软件二次开发，存在四大痛点：一是设计工具多样且非国产化，数据标准不一、算法模板各异，核心知识产权受制于人，难以应对外部技术封锁风险；二是数据壁垒严重，内外业工具脱节，各专业数据无法实时共享，跨阶段数据

链路断裂，形成“信息孤岛”；三是高度依赖专家经验，规则审查依赖人工，知识传承困难且质量不稳定；四是协同效率低下，缺乏统一平台支撑，跨组织、跨时空协作困难，难以满足数字化设计无缝交付需求。传统“脑力+体力”模式已无法满足数字化交付需求，亟须自主可控的智能化设计平台破局。

二、解决方案

为解决以上痛点，国家管网集团工程技术创新有限公司立足能源安全战略，创新研发国内首套完全自主可控的油气管道数字化协同设计平台线路设计子系统，构建“全国产 GIS+CAD”融合技术体系，以“数据+模型”为核心驱动，打造覆盖可行性研究、初步设计、施工图、竣工图全流程的数字化协同设计平台。

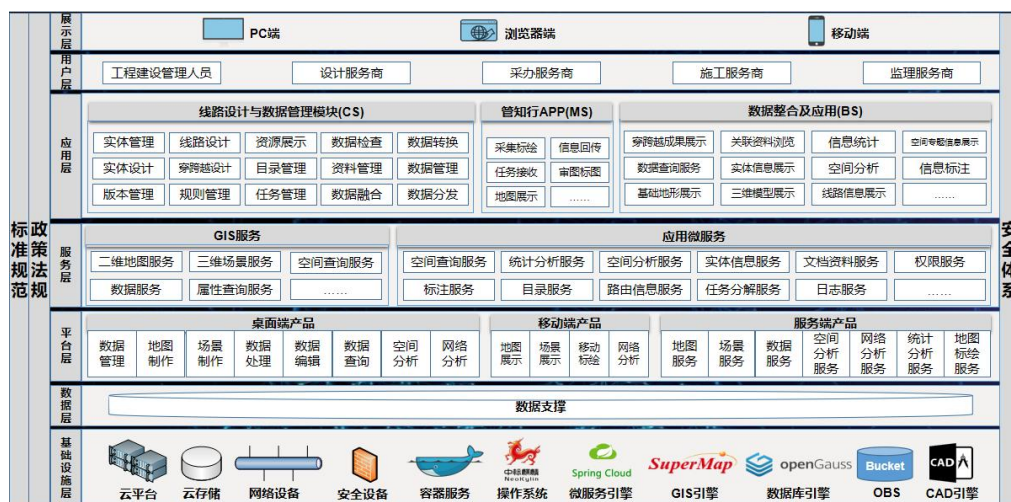


图 1 总体框架图

技术架构层面，采用云原生微服务框架，基于自主可控的 SuperMap GIS 与中望 CAD 深度定制，融合 BIM+GIS 技术，打造桌面端、移动端“管知行 APP”、服务端多端协同体系。系统部署于华为云信创环境，适配国产数据库与操作系统，实现从芯片到应用的全栈自主可控。

数据模型层面，首创管道三维空间数据模型 PDDM，构建“数据→实体→规则→方案”技术路径。系统内嵌 69 类设计规范、280 余项设计规则、200 多个标准实体及 1000 多个属性信息，形成统一数据资产目录，覆盖集团 DL1 业务域至 DL3 业务对象，实现可研、初设、施工图、竣工图全流程设计数据贯通。

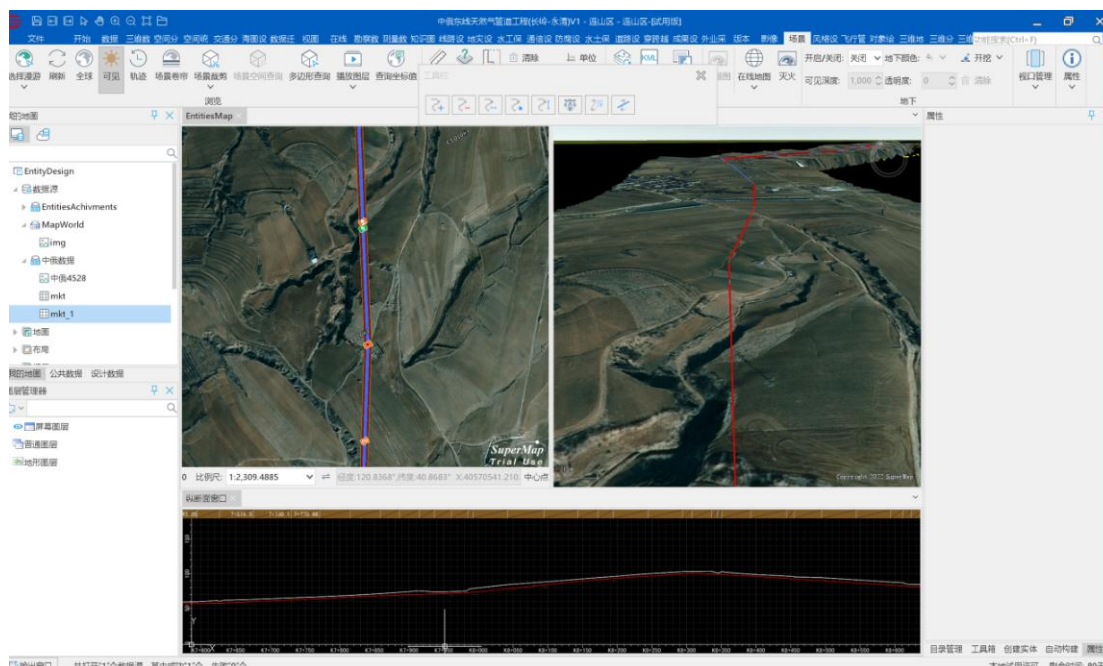


图 2 平纵横联动设计

智能设计层面，开发平纵横三窗口联动设计功能，GIS 引擎驱动主视图进行路由选线，CAD 引擎驱动纵断面编辑，实现同一实体二三维一体化表达。引入规则驱动机制，自动执行路由碰撞检测、阀室智能布设、护坡参数化建模，结合 AI 技术实现高后果区智能识别，将专家经验转化为可复用的算法模型。



图 3 外业踏勘流程示意图

协同模式层面，首创行业专用外业 APP “管知行”，实现踏勘数据实时回传与任务远程下达，内外业云端同步。通过跨组织、跨时空的云协同模式，构建统一作业空间，支撑线路、穿跨越、水工保护等 7 大专业并行设计，打破数据壁垒，实现“设计即标准、交付即孪生”的数字化作业流程。

三、成效价值

该系统已在川气东送二线、中俄远东管道等 21 个国家重点项目中应用，覆盖设计里程 3780 公里，服务用户超 390 人，实现数据处理效率提升 40%、设计质量提高 35%、设计成果生成效率提升 45%，每年可节约投资约 7500 万元。系统荣获工信部工业互联网 APP 优秀解决方案、地理信息产业优秀工程金奖等权威奖项，填补了国内油气管道行业设计软件国产化、数据标准化空白，保障了国家能源通道技术自主可控，为油气储运行业数字化转型提供了可复制的“管网方案”。

案例 2：油气管道工程建设一体化综合管控平台

应用企业：国家管网建设项目管理分公司

服务商名称：北京智网数科技术有限公司

一、案例概述

（一）案例概况

国家管网建设项目管理分公司以数智化体系建设为抓手，通过推进工程建设全要素数字化和打造数据驱动的数字工程，构建云边端协同联动的一体化协同管控平台，破解管理协同不足、信息链路互通待改善等难题，实现工程建设管理一体化协同和智能化管控，支撑平台化管理与数字化转型。

应用场景类别：工程施工

（二）企业概况

公司是管网集团直属的工程建设专业公司，是油气干线管网及储气调峰基础设施建设的主力军。智网数科公司是国家管网集团下从事数字化转型工作的专业公司，公司肩负着国家管网集团科技数字化战略落实落地任务。

（三）业务场景与痛点

在工程建设方面迫切需要以数字化为手段，随工程建设同步完成实体、人机具和业务过程的全要素数字化，实现工程建设流程化、流程数据化、数据形象化。通过数字化赋能，全面支撑油气管道工程项目一体化协同管控，加强资源共享和管理协同。

二、解决方案

按照“平台+数据+赋能”模式，借助“天地人机”一体化管控以及“云、边、端”协同联动机制，疏通跨层级数据通道、破除管理壁垒，构建具备“数据自动感知、业务协同联动、现场可视可控、智能分析预警”功能的一体化管控平台。

针对线路工程移动流水化施工特征、业务需求及难点，创新性地构建云边端协同的项目一体化管控模式。云侧 PIM 平台实现数据集成和智能分析，为决策提供支撑；边缘侧智能一体机对施工现场监控视频、自动焊接、人员定位等信息进行实时处理，实现风险预警与工序管控；端侧借助机具的数据采集设备与移动 APP 实现多维数据采集，显著提升数据采集的及时性、准确性与完整性。该平台向下整合智能工地，向上拓展至远程监管中心，通过“天地人机”四维协同，搭建云边端互联共智的管控体系，形成“技术—业务—数据”动态循环，推动工程管理智能化转型与业务优化变革。

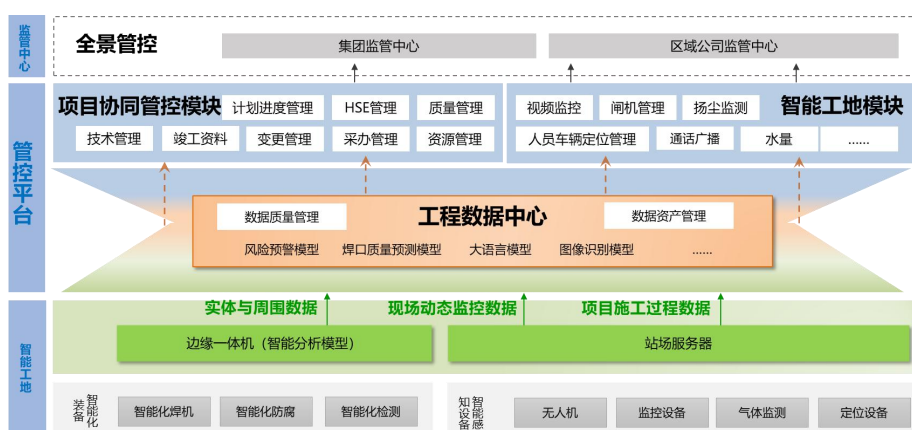


图 1 云边端协同的项目一体化管控平台整体架构图

系统实现在建项目智能工地全量接入和双向联动，支持端边侧施工数据智能感知与分析。PIM 平台协同联动智能工地硬件终端，依托智能工地

模块及统一标准化接口，在现场部署边缘智能一体机，组建现场局域网环境，集成气体监测设备、监控设备、智能焊机、记录仪、无人机等各类感知终端，打通现场“人、物、场”数据链路，实现多源感知数据集成互联。结合关键工序业务场景分析模型，在工程现场开展数据智能分析计算，将关键指标回传至中心进行可视化监控，让数据更好地服务业务、赋能管理，打造平台侧与施工现场端边侧互联互通、共智协同的管控模式，逐步实现智能化施工管理。聚焦线路工程施工特点，自主研发工况分析设备、工序质量智能检查磁吸小车等端侧智采机具终端，破解重点工序管控难点，助力工序质量管控水平升级。



图 2 智能工地系统

搭建集团级、成员企业级远程监管中心，实现云侧赋能管理拉远。依托全景管控模块，整合工程建设关键指标数据，为项目管理者提供设计、采办、施工全流程数据支撑，并实时推送预警信息。同时将专家、文控、内控等资源“拉远”集中配置，借助数字化 AI、大模型技术赋能，推动项目建设模式从孤立项目式向专业化、平台化的数字化模式转型，达成

“业务增长一倍，人员无显著增长”的目标，以数智化技术削峰填谷，支撑建设项目人力资源高效利用。



图 3 项目一体化管控平台

三、成效价值

截至目前，该解决方案已服务 21 家成员企业，落地应用于超 300 个工程项目，覆盖管网集团内外部用户超 2 万人。累计入库工程建设数据超 1000 万条，在工程项目中部署智能工地机组超 500 个，接入视频监控超 1 万路。方案实现近 35% 的施工数据自动采集，推动约 25% 的管理活动远程化开展。通过应用本平台每公里管道建设可节约成本 2 万元，参照国家管网集团油气管网建设规划测算，预计每年可直接及间接节约资源费用 4000 万元。

案例 3：天然气长输管道智能化管控实践

应用企业：中石油大庆油田天然气分公司

一、案例概述

（一）案例概况

大庆油田天然气分公司围绕长输管道安全运行需求，依托自主开发的智能化管控技术，构建“感知—分析—决策—执行”一体化管控模式，解决人工依赖高、数据割裂和监测滞后等问题，实现集中监控、智能决策与自动调控，提升管网运行管控效率。

应用场景类别：调控运行

（二）企业概况

大庆油田天然气分公司主要承担长输管道管理、油田气处理、天然气净化、原油稳定、CO₂捕集液化和天然气轻烃储运销售业务，下游覆盖军工、重工业及民商用户，是国内最大的溶解气加工处理基地，能源保供的重要支撑单位。

（三）业务场景与痛点

天然气长输管道线路长、站点多、用户复杂，改造前依赖人工值守与经验调度，数据分散、监测手段滞后，泄漏定位和供需调配精准性不足，难以满足高负荷运行条件下对安全性、可靠性和精细化调控的要求。

二、解决方案

（一）构建统一的智能感知系统

围绕管道运行、电气防护及用户负荷等关键对象，搭建多源数据采集与汇聚网络，实现站场、阀室、阴极保护及用户侧数据的实时接入与集中管理。针对历史设备型号多样、传感器规格不统一等问题，通过数据重构与标准化处理，对原始数据进行校验、修正与融合，提升数据连续性和一致性，为模型分析与调控计算提供统一、可靠的数据输入基础。

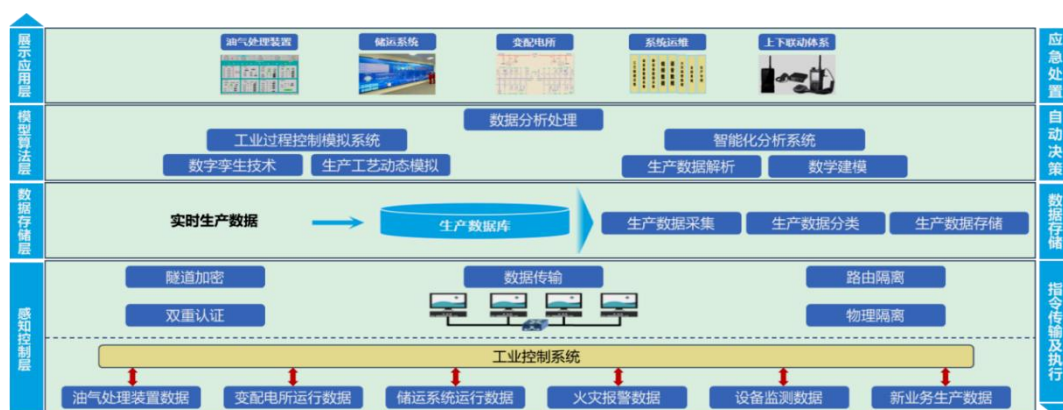


图 1 长输管道智能感知架构示意图

(二) 打造多模型协同的核心算法矩阵

面向管道安全监测与供气调控需求，构建机理模型与数据模型相结合的算法体系，形成多模型协同运行机制。一是构建管道电位补偿模型，融合伏安信号转换，实现阴极保护电位的集中监测与动态修正。

二是构建管道泄漏检测模型，基于气体连续性方程与时序更新方法，建立非稳流分析模型，增强复杂工况下异常状态识别能力。三是构建用户气量预测模型，通过多元统计分析方法，对历史用气数据进行建模分析，实现用气趋势预测。四是构建外输即时修正模型，基于周期修正机制，对设定值进行动态调整，实现预测量与实时运行状态匹配。五是构建气量错峰控制模型，通过识别用气峰谷规律，形成基于时间比例和修正机制的错峰调控策略。

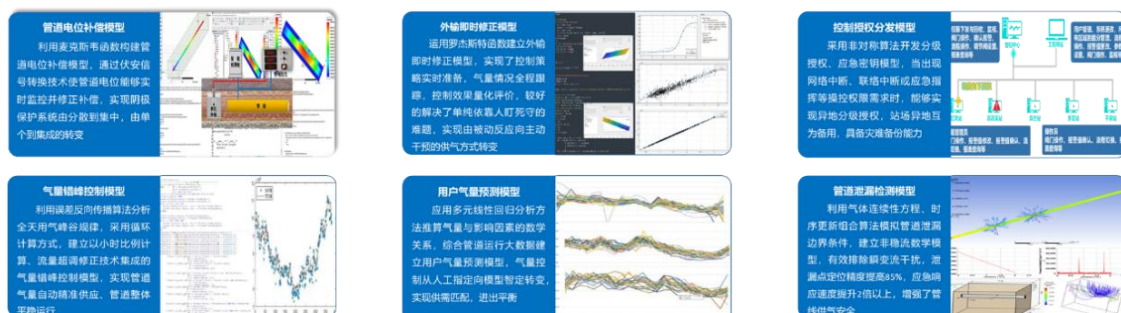


图 2 核心算法模型族示意图

(三) 构建集中监控与模型驱动的智能调控运行模式

在前端感知与模型分析基础上，构建以集中监控为核心、分级授权为约束的智能调控运行模式，明确运行边界，对调度、工程师和站场班组实行多层级管理。正常工况下以集中监控和统一调控为主，网络异常或应急工况下按授权规则实施跨站场应急授权，确保调控连续性和安全边界可控。在该机制约束下，系统以核心算法模型计算结果为依据，自动生成运行设定值并联动执行机构完成阀门动作，实现供气过程连续调控与参数稳定控制。通过对执行结果的实时反馈与校正，截断阀室由人工巡检转为远程集中管理，气量分配由站场分散调节转为全网统一协调，逐步形成“模型计算—自动执行—反馈校正”的闭环运行机制。



图 3 长输管道智能管控中心

三、成效价值

天然气长输管道智能化升级建设实现了从人工监控向数字驱动、从经验调配向模型优化、从现场操作向远程集中管控的转变。运行人员由 44 人压缩至 4 名值班工程师，实现长输管道无人操控、有人巡护；泄漏定位精度提升 85%，应急响应效率提升 2 倍；供需匹配更加精准，调峰运行更加平稳。成果获 2024 年中石油集团公司第三届创新创意大赛二等奖，形成的算法矩阵和管控模式可在油气长输管道及站场集输场景中复制推广。

案例 4：基于全产业链大数据融合的城市燃气气源及调度管理系统

应用企业：北京燃气集团

一、案例概述

（一）案例概况

北京市燃气集团有限责任公司以“安全+经济”为目标，通过数智技术赋能调度决策，推进城市燃气气源及调度管理系统建设，实现供需精准匹配、调度全流程可视化监控及风险前瞻性预警，同时形成标准化、可复制的调度管理解决方案，为行业数字化转型提供示范。

应用场景类别：调控运行

（二）企业概况

北京燃气集团是有着 60 余年历史的国有企业，主要从事城市天然气业务，是中国城市燃气行业内最大的单体城市燃气供应商，也是天然气累计供气量破千亿立方米、年供气量破百亿立方米、日供气量破亿立方米的企业，实现了上游资源和中游长输管线建设及下游燃气应用领域的全产业链发展。

（三）业务场景与痛点

当前传统保供体系面临新挑战，一是能源转型与用能复杂导致需求波动，而上游合同罚则趋严，自有应急储备投用后，资源经济安全配置难度高。二是调度系统协同管控不足，与设备状态、现场缺乏实时联动，指令执行过程可视、可控程度低。三是工况风险识别依赖 SCADA 系统即时报警，缺乏趋势预测，响应滞后。

二、解决方案

(一) 升级预测模型和资源配置模块，提升供需平衡能力

为解决需求预测与调峰匹配难题，一是系统内部署资源采购合同台账，提炼合同执行、资源匹配关键参数，辅助日常资源计划编制、执行及经济性测算，实现采购成本动态监测，并适时发布供需失衡预警。二是梳理各类用户历史数据，总结用气规律及影响因素，自主研发小时、日、周、月、年度气量预测模型，动态匹配基荷与调峰资源，自动生成分时调度方案，配置门站基荷、调峰气量指标。三是系统自动推送方案至门站自动分输系统，应用分钟级远控技术，严格按照方案有序下载资源，确保合同量100%提取和经济调峰。

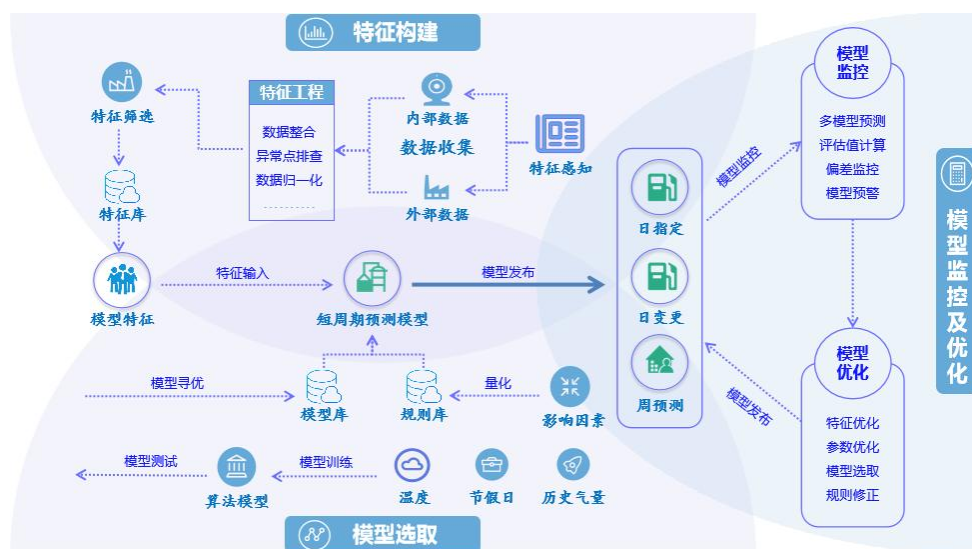


图 1 需求预测模型构建与评价路线

(二) 多业务平台协同优化，支撑调度高效闭环执行

为实现调度指令、现场操作执行与设备监测实时同频联动，推动调度全链条高效闭环管理，一是深化与 SCADA、应急管理、作业管理、生产运行等系统集成，满足各级调度跨业务数据需求，实现工况调度与应急抢修、

计划作业、设备维检修的线上联动，推动作业方案、物资调配、审批流程、执行反馈等信息实时共享与高效协同。二是推动管理制度体系与信息化系统深度融合，将现有业务流程、分类分级管理要求嵌入信息化系统，建立“需求精准预测—成本智能测算—调度动态指挥—现场高效执行”的全流程可视、可控闭环管理模式，实现管理制度、系统平台与现场操作三者统一，提升调度业务标准化、协同化可控化水平。

（三）构建多元辅助决策模型，强化管网风险处置效能

为提升复杂管网工况预测、预警和应急事件响应效能，一方面，基于城市负荷数据与典型工况场景，建立特征指标台账与多场景工况数据库，并根据工况参数、拓扑关系等多维度自学习训练，构建环网及支状工况风险预警模型，推动管网工况管理从单点感知向系统认知升级、从被动报警向主动预警转型。另一方面，深度集成管网仿真系统，实现常态模拟与应急推演联动，当触发预警时，即时推演工况趋势，智能生成并评估最优调整方案，为调度决策提供前瞻性支撑。

三、成效价值

系统建设为首都保供提供坚实支撑。经济效益方面，有效控制购气成本，通过精度超 95%的需求预测与合同量近 100%提取，节省调峰成本约 10%；同时，通过系统协同、指令闭环及 PDA 现场可视化跟踪，节约成本，提升效能。社会效益方面，筑牢民生保障防线，模型可按区域负荷布局识别工况风险，防范供需失衡；设备异常时，10 分钟内完成定位及初判，较传统报警提前 45 分钟，为应急处置赢得关键窗口。近两年预警并拦截异常事件 40 余次，从源头消除安全隐患。

案例 5：国家管网资产完整性管理系统

应用企业：国家管网集团西气东输公司

服务商名称：北京智网数科技术有限公司

一、案例概述

（一）案例概况

国家管网集团西气东输公司作为首批试点应用单位使用已建成的资产完整性管理系统，融合物联网、数字孪生、AI 等技术，解决管道全生命周期安全管控与效率提升难题，实现资产闭环管理、风险精准预警、应急高效处置，达到降本增效与安全保障双重目标。

应用场景类别：完整性管理

（二）企业概况

西气东输公司主要运营西一线东段、西二线东段、西三线东段、川气东送、中俄东线（南段）等 7 条干线管道，途经安徽、江苏、上海和江西“三省一市”，形成了多气源、多通道互联互通供气格局。

（三）业务场景与痛点

业务场景涵盖油气管道、站场等资产全生命周期管理，含巡检、检测维护、应急等。痛点为管道里程长、资产类型繁杂，信息孤岛突出导致数据难互通，人工巡检依赖度高且安全风险大，智能化协同不足，风险管控被动，应急响应滞后等。

二、解决方案

（一）技术架构设计

构建“边缘层—资源层—平台层—集团统一开发平台—标准规范体系”五级架构。基于微服务架构建设集团云 CCE 集群，在各地区调度中心部署边缘采集节点与中间数据库，形成“边缘采集—云端汇聚”的实时数据共享体系，保障跨区域、跨业务数据高效流转。

(二) 核心技术与工具应用

集成物联网（IoT）、边缘计算、云计算，全面接入光纤传感（振动、测温、应变）、无人机、智能视频等设备数据。运用数字孪生技术构建管道、站场、LNG 接收站等资产虚拟模型，实现物理资产与数字孪生体实时映射。通过 ROMACONNECT 完成 14 个系统 80 余个接口集成，打破数据孤岛。应用 RCM/FMEA、RBI、SIL 等完整性管理模型，构建故障根本原因分析与风险评价模型。搭载 AI 智能识别算法，覆盖视频监控、泄漏检测、地质灾害预警等场景，提升预警精准度。采用 GaussDB 数据库、DCS 缓存、MQS 消息服务保障数据存储与传输。通过 ETL 工具完成数据治理，结合 GIS 二三维可视化与智能 BI 分析，实现数据可视化呈现与深度挖掘。

(三) 核心问题解决

通过建立统一数据标准与资产目录，整合 178 类数据，涵盖设备、线路、安全预警等全业务域，实现跨系统、跨层级数据互通。构建“空天地”一体化感知网络，通过智能预警与趋势分析，将风险识别从事后处置提前至萌芽阶段，实现主动防控。针对机械、电气等五大专业，建立标准化电子台账与专项看板，实现专业化、精细化管控。整合应急物资、人员、社会资源动态数据库，结合数字化预案与仿真演练，提升突发事件联动处置效率。



图 1 资产完整性管理系统



图 2 管道线路综合预警

(四) 成果与模式

形成了“数据—算法—场景”智能化服务模式，构建了资产全生命周期闭环管理体系。一是建立覆盖 10 万余公里管道、124 万台套设备的数字化台账，数据标准化率显著提升；二是打造“风险识别—预警—处置—复盘”主动预防体系，关键风险预警响应时间大幅缩短；三是落地“运检维一体化”智能决策平台，支撑“无人操作、有人应急”新型运维模式，

推动资产从被动维护向主动预防、从分散管理向集约化管控转变，助力国家管网“全国一张网”数字化、智能化转型。

三、成效价值

集团融合互联网、物联网、5G、北斗等先进技术，打造高水平智慧管道。除试点应用西气东输公司外，巡检功能已覆盖全部 19 家企业、10.9 万公里管道，2 万余名巡线人员通过 2 万余台设备开展工作，巡检完成率超 99%，实现轨迹回看、人员管理及异常闭环处置；安全预警接入数千台套监测设备，中俄东线应用后员工精简 75 人，人均管理里程提升 32%，彰显智能化技术的显著价值。

案例 6：“工业互联网+危化安全生产”管控平台

应用企业：中海油江苏天然气有限责任公司

服务商名称：中海油信息科技有限公司

一、案例概述

（一）案例概况

中海油江苏天然气有限责任公司构建“一平台多应用”安全管控平台，深度耦合特殊作业、风险分级、隐患治理、重大危险源及人员在岗在位管理，针对 LNG 接收站低温、高压、易燃环境，实现全要素、全流程的智能化安全监管，推动企业安全管控能力从“被动防御”向“主动预警”跨越。

应用场景类别：安全管理（LNG 接收站）

（二）企业概况

中海油江苏天然气有限责任公司 LNG 接收站核心业务涵盖液化天然气接收站建设与运营、LNG 装卸码头及配套设施、天然气输气管网、槽车充装及天然气加工利用等，是保障区域能源供应的关键枢纽。

（三）业务场景及痛点

LNG 接收站涉及 -162°C 深冷、高压存储及易燃易爆介质，卸船、储存、槽车充装等环节风险高度叠加。原有管控模式下，动火作业、受限空间作业等特殊作业主要依赖人防，缺乏作业全过程的智能化监管手段；重大危险源气体报警与视频监控割裂，异常情况无法联动定位；外来承包商与槽车流动性大，行为难以追溯；部门间数据壁垒严重，导致应急响应滞后，无法满足全要素安全管理需求。

二、解决方案

(一) “一平台多应用”的安全管控平台

构建集重大危险源监控、可燃气体检测、风险分区、人员在岗及生产全流程管理于一体的管控平台。方案深度融入 LNG 业务场景：在卸船码头，利用 AI 识别船岸对接作业违规；在储罐区，融合 GIS 地图实现人员闯入与聚集预警；在槽车充装站，通过 RFID 技术实现车辆资质与充装作业自动连锁。

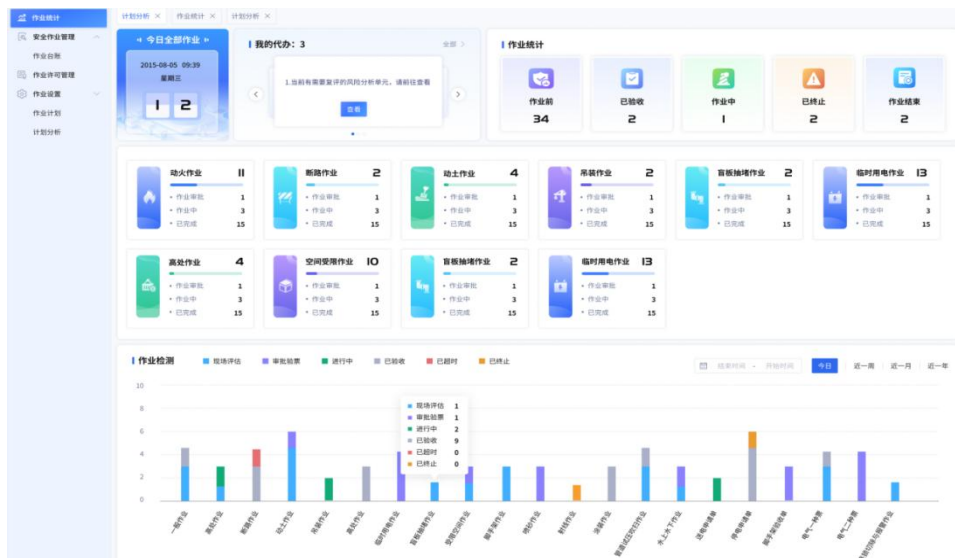


图 1 业务系统建设成果

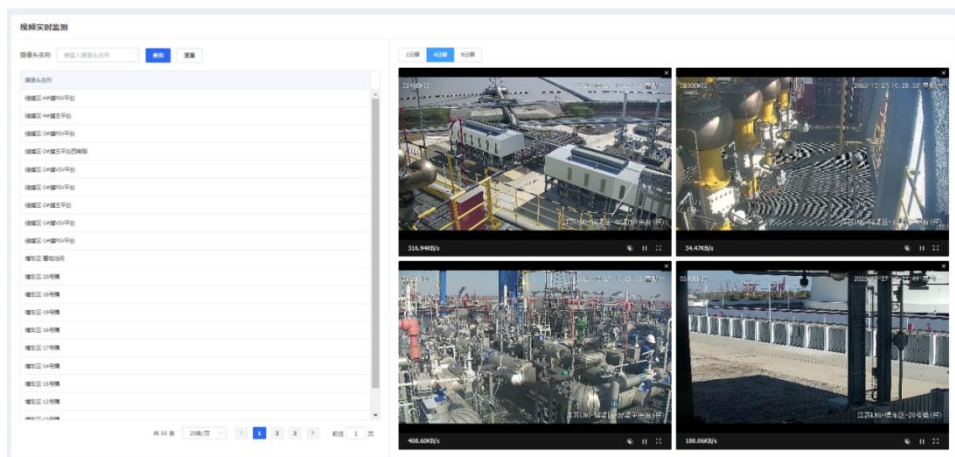


图 2 多数据关联成果

该方案引入数字孪生与机理模型，将单一报警升级为基于工况趋势的主动预警，解决了“只监不管”的难题，实现了作业现场的智能感知与风险超前预判。

（二）安全管理“五统一”，实现业务与数据双向驱动

一是统一数据库，打破信息孤岛，全量接入工艺、视频、环境等多维数据，为智能分析提供底座。二是统一可视化交互，通过“一张图”全域统览，实现跨业务单点登录。三是统一知识库，实现法规标准、事故案例的结构化共享。四是统一分析模型，内置作业评分、聚集预警等算法，实现数据驱动业务，即实时数据自动触发风险研判与应急推演，辅助业务决策；同时实现业务反哺数据，即将作业审批、隐患排查等业务流产生的结果数据实时回流，修正算法模型权重，形成“感知—分析—决策—执行—反馈”的数字化闭环。五是统一地理信息，实现全业务场景的精准时空映射，全面提升综合运营与风险感知能力。

三、成效价值

实现 21 类作业票全流程在线管控，审批流转效率提升 20%以上；构建风险“静态+动态”评价机制，隐患整改率提升至 96%；内置监管评分模型，系统运行评分稳定在 95 分以上。重大危险源告警响应率提升 20%，槽车进场安全检查时间平均缩短 40%，有效筑牢了接收站的安全生产防线。

案例 7：油气管网安全风险智能化管控平台

应用企业：国家管网北方管道有限责任公司

一、案例概述

（一）案例概况

北方管道有限责任公司（以下简称“北方管道公司”）基于工业互联网“云-边-端”架构，综合运用物联网、大数据、微服务及国产化数据库等技术，搭建了安全风险智能化管控平台。针对油气储运行业数据传输难、隐患排查难、应急响应要求高等痛点，利用数字化手段实现安全风险的实时监测与智能预警，显著提升了油气长输管道的本质安全水平及监管效能。

应用场景类别：安全管理（长输管道及站场、储油库）

（二）企业概况

北方管道公司是我国境内成立最早的管道运营管理专业化公司。输送介质涵盖了天然气、成品油、原油等，主营业务覆盖了油气储运、管道工程建设、科技研发应用、管道技术服务等四大领域，形成了较为完整的油气储运业务产业链。

（三）业务场景与痛点

北方管道所储运的介质通常具备易燃易爆的特性，一旦发生泄漏，将引发灾难性后果。油气管道行业在隐患排查方面存在较高难度，对应急响应的要求也较高，安全生产管控手段亟须强化。当前，安全风险事件频繁发生，若风险管控与隐患治理环节出现问题，亟须借助有效的数字化手段，降低安全事件的发生概率，减少事故的发生。

二、解决方案

(一) 构建工业互联网“云边端”底座，保障自主可控

依托国家管网集团云平台，构建“云-边-端”的高可靠、高可用工业互联网架构。端侧利用物联网技术广泛感知现场数据；边侧部署边缘计算网关，实现路由、限流及预处理，提升实时响应能力；云侧采用微服务容器化部署，使用国产数据库及中间件，实现数据的自主可控存储与缓存。平台建立了统一认证服务与全生命周期数据管理机制，从采集到销毁全程确保数据安全，为业务应用提供坚实的数字底座。

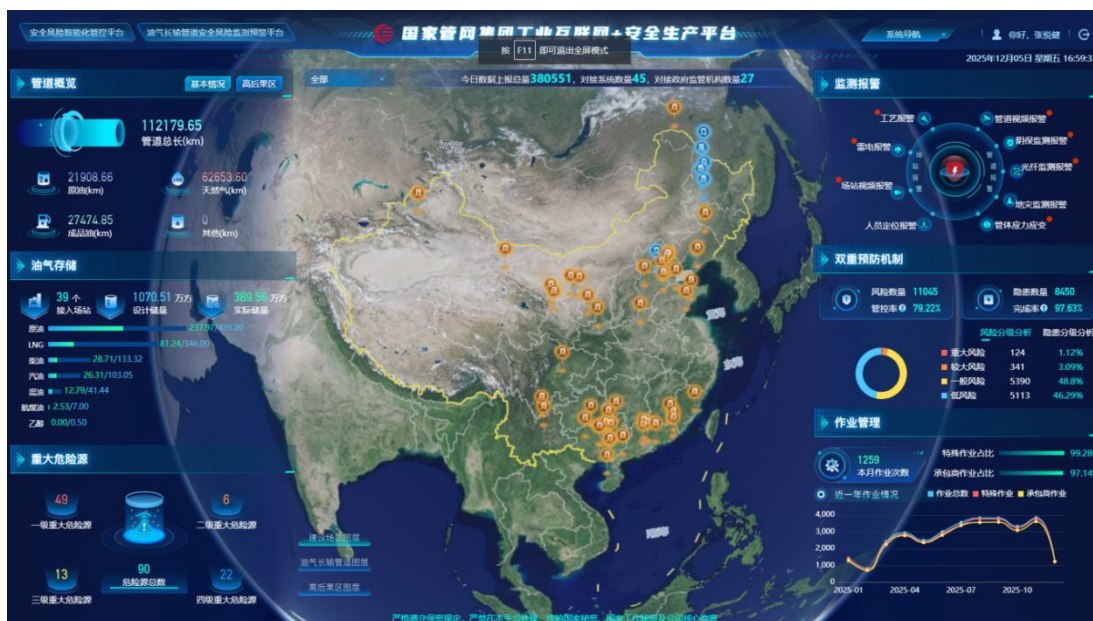


图 1 安全风险智能化管控平台

(二) 搭建全景可视化的“一张图”平台，实现精准管控

针对隐患排查难度高的问题，平台利用数字孪生与可视化技术，构建场站及储油库安全风险全貌。管理人员通过“一张图”即可实时掌握风险管控、隐患排查、特殊作业、人员巡检及设备报警等信息。系统能全面评估站内安全态势，一旦发现异常，及时通知相关人员处置，实现了从“人防”向“技防”的跨越，显著提升了现场监管的精细度。



图 2 安全风险智能化管控平台

(三) 实施承包商数据画像管理，强化主体责任

针对承包商监管难题，平台汇聚人员资质、作业票、视频监控、人员定位等多源数据，构建承包商作业安全画像。通过标准化数据处理与现场技术手段，实现对承包商作业活动的全过程穿透式监管。提升了政府监管效率和智能化水平，强化了企业安全生产主体责任落实，有效防范承包商作业风险，提升安全风险管理的智能化水平。

(四) 建立报警全生命周期优化机制，提升应急响应

为减少无效报警数量、提升应急响应速度，平台通过智能采集与分级分类，规范报警的统计分析、变更审批与消除流程，实现对生产报警进行全生命周期管理。对报警算法持续优化，辅助中控人员快速甄别异常，聚焦真实风险，降低无效报警率，确保装置安全平稳运行。

三、成效价值

平台应用后，实现了员工位置、设备状态及环境变化的实时监测，风险及时预警，隐患闭环治理，监测预警反应时间提升 30%，显著提升了长输管道场站本质安全水平。通过优化巡检与信息获取，可节省人力 78 人/天；减少环境污染治理费 50 万元/年，可减少停输损失 100 万元/年。

案例 8：“5G+工业互联网”赋能 LNG 接收站“数智运营”

应用企业：国家管网液化天然气接收站管理分公司

一、案例概述

（一）案例概况

国家管网集团液化天然气接收站管理分公司运用 5G、AI、数字孪生等技术，搭建数智化运营体系，破解 LNG 接收站运营中流程低效、数据割裂等问题，实现经营管理提质增效与数字化转型。

应用场景类别：经营管理（LNG 接收站）

（二）企业概况

公司作为国内最大的 LNG 接收站运营商，管理 10 座 LNG 接收站，接收站业务主要涵盖 LNG 卸船、储存、外输及储运设施运维，承担能源供应应急调峰与冬季保供重任，年卸船 300 余艘、装车 40 余万辆。

（三）业务痛点和需求

运营中存在作业流程衔接不畅、审批效率低，巡检与数据管理依赖人工导致成本高、回溯难，系统林立形成信息孤岛等问题，亟须通过智能化手段优化经营管理流程、降低运营成本。

二、解决方案

（一）技术架构

采用“云、边、管、端”一体化架构，端侧部署 5G 机器人、摄像头、传感器等终端；通过 5G 专网与 SPN 传输网构建高效通信通道；边缘侧提

供计算与推理服务、数字孪生平台；云端依托管网大模型及数字中台，贯通“卸-储-输-运-维”全流程经营管理环节。



图 1 总体技术架构图

（二）核心应用

流程优化：搭建全流程数字化运营体系，作业审批、车辆进出、装车结算等环节线上化，管理指令直达现场，解决流程执行不彻底、衔接低效问题。

智能运维：以机器代替人完成高频巡检，通过算法辅助数据记录与分析，实现设备运行状态实时监测、历史数据可追溯，降低人工巡检成本与管理难度。

物流提效：借助 5G+边缘云技术，实现槽车自助预约、无人值守称重、规范装车监管及自助结算全流程可视化，优化厂内提货秩序。

案例 9：“工业互联网+储运服务”生产经营一体化管控应用

应用企业：国家管网集团油气调控中心

服务商名称：昆仑数智科技有限公司

一、案例概述

（一）案例概况

国家管网集团油气调控中心应用“工业互联网”技术，依托生产运行管理系统（简称 PPS 系统），向上深度集成开放服务及交易平台，承接市场服务需求，向下接入生产控制系统传递运行指令，实现“市场服务”到“生产运行”的一体化管控，为全国“一张网”千家托运商及千家上下游用气主体的储运服务提供支撑与系统应用。

应用场景类别：经营管理

（二）企业概况

中心是国家管网唯一的“调控指挥中心”，主要职能是对国家管网集团油气管道生产运行的调度指挥和监控操作、运行优化、应急协调、维检修与作业协调管理，以及自动化和通信系统的建设与运维管理、工控系统网络安全及应急处理等职能，目前中心集中调控运行的油气管道总里程达 10.43 万公里。

（三）业务场景与痛点

随着我国油气体制全面深化改革，催生了全新的“托运商服务”需求，国家管网成立初期没有有效的平台应用体系支撑新业务。我国幅员辽阔，

油气管道分布点多、线长、面广，骨干管网资产整合后，调控系统多样，管输服务的执行与管控难度大，难以支撑快速增长的托运商服务需求。

二、解决方案

为了更好地向第三方提供服务，落实《油气管网设施公平开放监管办法》，提出“生产经营一体化”解决方案，旨在解决从市场服务到生产运行的业务协同问题，打通“市场到工厂”的数据链条，适应快速增长的服务需求。方案依托国家管网网络体系、安全体系，构建面向储运服务和生产运行的专业平台应用体系，重构生产运行管理系统，与开放服务及交易平台集成应用。借助 PPS 系统与管道 SCADA 系统的接入能力，实现市场需求到调度指令再到分输控制的业务链条贯通，同时将生产运行数据按需反馈到开放服务及交易平台，达到第三方储运服务业务的全数据支撑的效果。

自主研发 PPS 系统，支持“主控+分控”的管控模式，全面整合划转管道的生产运行业务，通过投产管理、作业计划、日指定、调度令、调度台账、运行方案、计量管理、能源管理等功能，形成标准统一、管理规范的一体化调控体系。系统向上与国家管网开放服务及交易平台深度集成，将物理管网核心要素虚拟化，支持托运商上下载服务申请、托运商日指定归集、流量数据共享、商务结算的业务闭环管理，实现了市场服务与调度运行的一体化协同。PPS 系统通过与“生产专网”的中间数据库及自控系统集成，实现自动分输控制。连接油气调控中心及 22 家所属企业不同产品，实现近 5 万个不同设备关键指标点位数据直采，可支持秒级、分钟级、小时级采集应用，大幅提升了数据应用时效，各条管道均遵循统一的调度

管理规范，同时减轻了基层工作量，解决了管网资产整合后急需统一生产系统的难题。



图 1 生产运行管理系统（PPS）与控制系统融合应用

在标准化方面，一是遵循流程标准化，提高日指定、经营计划、调度运行、计量交接与计量拆分、管存监测管理等主要流程的统一化和规范化。二是通过数据标准化，确保运行数据与商务条款相匹配，“物理管网”与“商务管网”相匹配，支持开放服务及交易平台实现计划数据、计量数据、结算气量等数据的可视化。三是通过智能算法，实现特定能力下基于管输费最优/里程最短的路径分配、基于商务日指定/服务顺序的计量拆分、基于 AGA8-92DC 的压缩因子算法、天然气管网管存气量测算等跨平台综合应用，为跨企业主体业务的高效开展提供可信支撑。

三、成效价值

方案支持了市场与生产高效协同，实现“生产经营一体化”精准管控，支撑了国家管网业务的快速增长。据公开信息国家管网在册托运商总数达 1009 家，服务托运商数量实现跨越式增长，中小托运商管输量占比从 2% 增长至超 10%。PPS 系统日均承接交易平台托运商日指定条次达 5000 余次，

在 1700 余个下载点实现指令归集与溯源；系统每日自动采集流量计数据，日均形成交接凭证 2100 余份，有效支撑了交易平台自动分配托运商结算气量，自动生成结算数据。

案例 10：原油长距离输送可视化管控应用

应用企业：中石油云南石化有限公司

一、案例概述

（一）案例概况

中石油云南石化运用工业互联网、大数据及智能算法，构建原油长距离输送可视化管控体系。通过多油种精准管控、库存与生产协同优化、智能调度与风险防控等手段，将复杂的管输数据转化为可视化的决策信息，提升了原油流转效率与调度决策水平，为能源长输管道的可视化治理提供了可复制的示范模式。

应用场景类别：可视化治理（长输管道）

（二）企业概况

中石油云南石化有限公司是中国石油天然气股份有限公司下属的现代化炼化企业。该案例项目是中缅油气管道的战略配套工程，也是中国石油保障国家能源安全、调整炼化布局的关键项目。公司承担着西南地区能源供应的核心使命。

（三）业务场景与痛点

作为中缅原油管道的唯一炼厂，面临管输混油机理复杂、加工负荷逼近安全底线、库存资金占用高、调度决策依赖人工经验且滞后等痛点。亟须通过可视化技术革新，解决管输与库存统筹难、混油分炼效率低等问题。

二、解决方案

基于工业互联网架构，搭建了原油长输可视化管控平台，通过全流程数据的采集、治理与可视化呈现，实现了从原油卸港到炼厂加工的全链条透明化监管，解决了长输管道安全管控与生产调度中的业务痛点。

（一）全流程油品流动可视化追踪，破解混油管控难题

针对管输混油难以精准定位的痛点，利用物联网技术对原油卸港、入罐、起输等全节点数据进行采集。通过可视化界面，实时动态展示油段的性质、位置及流动状态，结合 99.994%精度的智能算法，实现“宜青则青、宜催则催”的精准分炼。平台直观呈现管输调合与多罐带抽过程，支撑单套 1300 万吨/年蒸馏装置在不同加工工艺间的平稳切换。即使在 API 降至 29°、硫含量超阈值 66%的极端工况下，管理人员仍可通过可视化监控及时调控，保障装置合规长周期运行。

（二）库存与负荷动态可视化协同，提升流转效率

针对传统库存管控模式中冗余高、倒罐频繁的问题，创新“最低加工负荷—库存分类法”，并将管控逻辑转化为可视化的仪表盘。平台实时关联装置加工负荷，动态校准并可视化展示原料、中间原料及产品的库存安全限值。依托“7+8”柔性生产模式看板，精准平衡渣油库存供需，大幅缩减非必要倒罐。通过可视化的协同管控使整体库存压降 120 万吨以上，既盘活了资产，又为复杂油种的连续高效生产提供了直观的数据支撑。

（三）管输全域态势感知与预测可视化，强化决策支撑

搭建管输可视化管控平台（图 1）与未来管输预测模块（图 2），深度整合国内外场站、储罐液位、流量及组分等全维度数据。平台通过“一张图”全域展示管道原油分布、储罐实时状态及到厂时序，让调度人员对



图 1 中缅原油管输可视化管控模块

生产态势一目了然。同时，利用智能算法模型模拟未来 480 小时管输态势，以可视化图表形式精准预判到厂原油总量与组分（时序预测误差 ≤ 0.2 天）。结合均衡计价技术的可视化分析，辅助管理者研判油价走势，优化采购节奏，有效抵御国际油价波动风险。

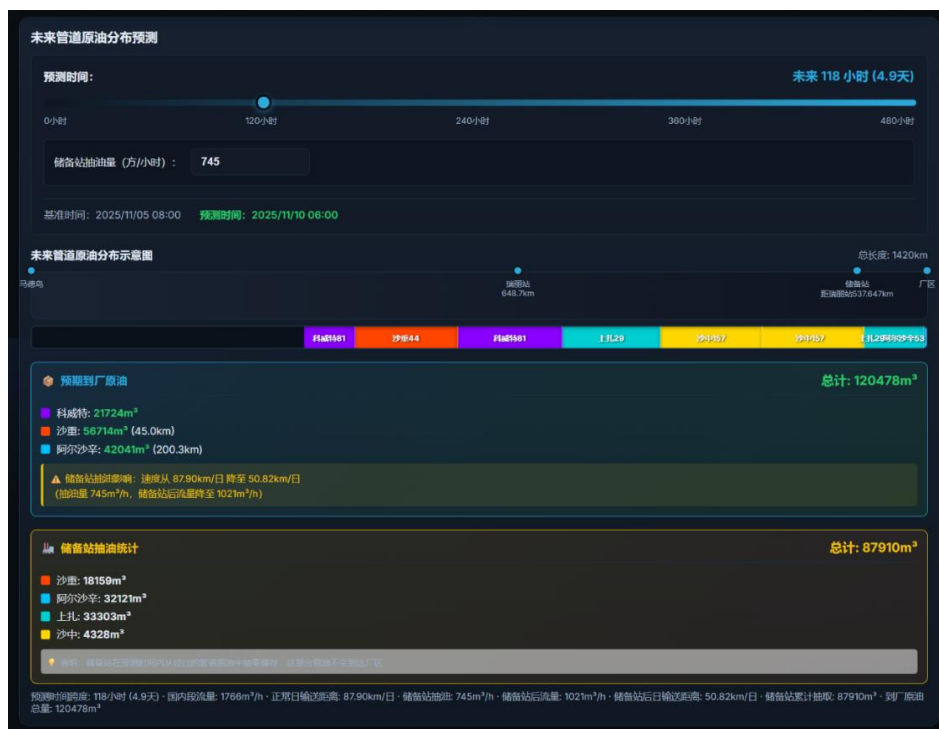


图 2 中缅原油管输未来预测模块

三、成效价值

项目实现经济与社会效益双丰收。经济效益方面，近两年新增利润 6.79 亿元，降低采购成本 18.78 亿元；生产效率显著跃升，加工负荷从 77%提升至 88.9%，调度排产时间从数天缩短至 15 分钟；产品结构优化，沥青年产量达 78.9 万吨，成为西南地区供应基地。此外，项目促进云南省进口贸易额占比提升，为“一带一路”能源合作提供了可复制的可视化治理实践样本。

典型场景案例清单

表 其他案例信息表（排名不分先后）

序号	典型案例名称	案例提供单位
1.	油气管网监测预警与智能巡护大数据平台	国家管网西部管道有限责任公司
2.	LNG 接收站生产运行智能决策优化场景	昆仑数智科技有限责任公司
3.	基于物联网的智能巡检平台	北京智网数科技术有限公司
4.	基于天空地一体化的管道智能巡护新范式	国家石油天然气管网集团有限公司东北分公司
5.	油气管道第三方施工风险防控应用场景	北京智网数科技术有限公司
6.	油气管道视频智能分析平台	北京汉王智远科技有限公司
7.	油气管网站场多源异构数据智能融合应用	国家管网西部管道有限责任公司
8.	油气管道全息感知、智能预警与协同防御运维保障场景	国家石油天然气管网集团有限公司湖南分公司
9.	油气管道国产化 PLC 和 RTU 系统	国家管网集团东部原油储运有限公司
10.	油气管道国产化安全仪表系统（SIS）逻辑控制器	国家管网集团东部原油储运有限公司
11.	阴极保护智能测试桩	国家管网集团东部原油储运有限公司
12.	盐穴造腔智能化设计	国家管网集团储能技术有限公司
13.	基于工业互联网+AI 应用的 LNG 接收站无人化智能巡检系统建设与实践	北京燃气集团（天津）液化天然气有限公司
14.	油气管道高后果区视频监控智能续航保障场景	国家石油天然气管网集团有限公司湖南分公司
15.	长输油气管线无人机智能巡检应用案例	山东智航智能装备有限公司
16.	能源管网 IPv6+智慧互联组网场景	国家石油天然气管网集团有限公司湖南分公司
17.	长输管道无人值守系统应用	西安因诺航空科技有限公司
18.	LNG 接收站管控	国家管网集团海南天然气有限公司
19.	AI 赋能油气储运行业网络安全智能分析与应用	北京天地和兴科技股份有限公司
20.	多源异构数据融合交付新范式	国家石油天然气管网集团工程技术创新有限公司
21.	煤层气集气站无人值守智能管控	中石油煤层气有限责任公司
22.	新疆油田长输管道无人值守站建设实践	中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司
23.	管道泄漏监测系统	国家管网集团东部原油储运有限公司
24.	天然气产业链生产经营计划一体化优化	中国石油规划总院
25.	气田集输管网完整性智能化管理	中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司
26.	复杂类型储气库建库技术	中国石化股份有限公司油田勘探开发事业部/ 中国石化石油勘探开发研究院天然气所
27.	集团级设计业务一体化协同管理新范式	国家石油天然气管网集团工程技术创新有限公司
28.	阀室智能供电与一体化集成系统	中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公

		司
29.	储运危化品重大风险源监控系统	广东石化有限责任公司
30.	管道智能阴保技术应用	中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司
31.	基于 CV 的风险隐患智能识别	廊坊中油龙慧科技有限公司
32.	跨国能源管线智能安防守护方案	中国石油管道局工程有限公司投产运行分公司
33.	油气储运安全风险智能化管控平台建设	中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司
34.	新疆油田长输管道 HSE 智慧防控体系建设实践	中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司
35.	管道工程违章行为智能识别技术与应用	中石油（北京）项目管理有限公司
36.	无人机山地环境应用数字化转型典型案例	国家石油天然气管网集团有限公司云南分公司
37.	复杂断块储气库高效建设与运行实践	中国石化股份有限公司中原油田分公司
38.	平台告警信息管理的实时性与交互优化数字化转型典型案例	国家石油天然气管网集团有限公司云南分公司
39.	油库安全生产风险智能化管控平台应用实践	中国石油江苏销售油库
40.	智能巡检系统（巡检机器人）	中国石油四川销售公司
41.	能量隔离与锁定数字化转型典型案例	国家石油天然气管网集团有限公司云南分公司
42.	储运流程仿真系统	中国石油锦州石化公司
43.	管道智能巡检	中国石油北斗运营服务中心
44.	某油气调控 SCADA 平台	海光信息技术股份有限公司
45.	某仿真重点实验室	海光信息技术股份有限公司

附录二 专业术语解释

[1] **新质生产力**：新质生产力是创新起主导作用，摆脱传统经济增长方式、生产力发展路径，具有高科技、高效能、高质量特征，符合新发展理念的先进生产力质态。

[2] **新型工业化**：新型工业化是信息化与工业化融合发展，科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的工业化发展道路。

[3] **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。

[4] **国家顶级节点**：是指一个国家或地区内部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。

[5] **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。

[6] **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。

[7] **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。

[8] **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。

[9] **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。

[10] **数字孪生**：以多源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。

[11] **碳足迹**：是指特定对象在一定时间内直接或间接导致的温室气体排放量和清除量之和，以二氧化碳当量表示。碳足迹的计算模型为温室气体排放与移除之和 ≤ 0 时达到净零排放（碳中和），可用于反映人类活动对环境的影响并为减排提供参考。

[12] **碳配额**：政府或国际组织为控制温室气体排放设定的强制性减排指标，通过设定排放上限将排放权转化为可交易资源，广泛应用于碳排放交易体系。其核心功能是通过市场化手段推动减排目标落实，兼具环境管控与经济调节双重属性。

[13] **碳资产**：在强制或自愿碳排放权交易机制下产生的配额排放权、减排信用额及相关金融产品，分为配额碳资产和减排碳资产两类

[14] **碳交易**：指为实现温室气体减排目标，将二氧化碳等温室气体的排放权作为一种商品进行买卖的市场机制，核心逻辑是在总量控制下，通过市场化手段实现全社会减排成本降低。

[15] **5G (5th Generation Mobile Networks) - 第五代移动通信技术**: 新一代蜂窝网络技术, 主要特点为增强移动宽带 (eMBB)、超高可靠低时延通信 (URLLC)、海量机器类通信 (mMTC)。在工业领域, 5G 切片网络能提供媲美专网的可靠、低时延、大带宽无线连接, 支持 AGV 调度、远程控制、高清机器视觉等应用。

[16] **AI (Artificial Intelligence) - 人工智能**: 是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新技术科学。人工智能是计算机科学的一个分支, 它企图了解智能的实质, 并生产出一种新的能以人类智能相似的方式做出反应的智能机器, 该领域的研究包括机器人、语言识别、图像识别、自然语言处理和专家系统等。

[17] **AR (Augmented Reality) - 增强现实**: 一种将计算机生成的虚拟信息 (图像、声音、文本等) 叠加到真实世界环境中, 并实现交互的技术。在工业中可用于远程辅助、维修指导、培训等。

[18] **APC (Advanced Process Control) - 先进过程控制**: 泛指超越传统 PID 控制的、更复杂的多变量控制策略集合, 用于处理具有强耦合、大滞后特性的工业过程, 旨在实现生产过程的卡边优化, 提高能效和收率。

[19] **ATG (Automatic Tank Gauging) - 自动储罐计量系统**: 用于精确、连续地测量储罐 (如油罐、化学品罐) 内液位、温度、体积和质量等参数的自动化系统。

[20] **AUV (Autonomous Underwater Vehicle) - 自主式无人潜水器**: 无需缆线连接, 依靠自身能源和预编程指令自主航行和执行任务 (如海底测绘、数据采集) 的水下机器人。

[21] **AGV (Automated Guided Vehicle) - 自动导引车**: 装备有电磁、光学或激光等自动导引装置, 能够沿规定的导引路径行驶, 具有安全保护以及移载功能的运输车。

[22] **AMR (Autonomous Mobile Robot) - 自主移动机器人**: 比 AGV 更智能的移动机器人。它通过传感器和地图实时感知环境, 自主规划最优路径, 并能灵活避障, 无需固定的导引设施。

[23] **ARR (Annual Rate of Return) - 年化收益率**: 将一段时间内的投资回报率转化为以一年为期的收益率, 便于比较不同期限投资的盈利能力。

[24] **BIM (Building Information Modeling) - 建筑信息模型**: 一种基于三维数字模型的工程信息管理方法。它不仅包含几何信息, 还集成了建筑物的全生命周期 (规划、设计、施工、运维) 中的各种物理和功能信息, 支持多方协同工作。

[25] **BOG (Boil Off Gas) - 闪蒸汽/蒸发气**: 液化天然气 (LNG) 在储存或运输过程中因热量传入而自然蒸发形成的气态天然气。

[26] **CAD (Computer-Aided Design) - 计算机辅助设计**: 利用计算机软件进行产品 (零件、装配体) 的二维或三维设计、绘图和工程文档编制的技术。

[27] **CFD (Computational Fluid Dynamics) - 计算流体力学**: 通过数值计算方法和计算机模拟, 对流体流动、传热、化学反应等现象进行分析和预测的工程工具。广泛应用于航空航天、汽车、能源化工等领域的设计优化。

[28] **CCER (China Certified Emission Reduction) - 中国核证自愿减排**

量：指根据中国国家主管部门发布的温室气体自愿减排方法学，对符合条件的项目进行审定、核查和备案后所签发的减排量。可用于碳市场履约或企业自愿碳中和。

[29] **CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage) - 碳捕集、利用与封存：**将二氧化碳从工业排放源中分离出来，加以利用（如生产化工产品）或输送到适宜地点注入地下深处进行长期封存的技术，是实现碳中和的关键技术之一。

[30] **CFIHOS (Capital Facilities Information Handover Specification) - 资本设施信息移交规范：**由国际油气行业协会 IOGP 发布的一套关于资本项目（如新建工厂）信息移交的规范和标准。它定义了从工程设计、采购、施工到运营阶段，应如何结构化地交付资产信息和数据，以实现高效的数字孪生和资产管理。是连接项目交付和资产运营的关键数据标准。

[31] **CSAT (Customer Satisfaction Score) - 客户满意度评分：**通常通过询问“您对本次服务/产品有多满意？（常用 1—5 分）”来直接测量客户满意度。计算平均分或给出高分（4—5 分）的客户比例。

[32] **CPI (Cost Performance Index) - 成本绩效指数：**挣值管理中的指标， $CPI = \text{已完工作预算费用} / \text{已完工作实际费用}$ 。CPI > 1 表示成本节余，< 1 表示成本超支。

[33] **DMS (Document Management System) - 文档管理系统：**用于存储、管理、跟踪和控制电子文档和纸质文档图像的软件系统。提供版本控制、检索、权限管理、工作流等功能。

[34] **DCS (Distributed Control System) - 分布式控制系统：**一种用于控

制集中在一个地理位置（如化工厂、炼油厂、发电厂）的复杂连续过程的自动化系统。其特点是控制功能由多个分布式控制器完成，并通过高速通信网络连接成一个整体。

[35] **DAS (Distributed Acoustic Sensing) - 分布式光纤传感：**利用光纤本身作为传感器，通过分析激光在光纤中背向散射的光信号，实现对沿光纤数公里到上百公里范围内振动/声音信号的连续、实时测量。用于管道安防、周界入侵、地震监测等。

[36] **DTS (Distributed Temperature Sensing) - 分布式温度传感：**原理类似 DAS，但专门用于测量沿光纤长度方向的温度分布。用于电缆温度监测、油气管线泄漏检测、大坝渗漏监测等。

[37] **ERP (Enterprise Resource Planning) - 企业资源计划：**集成企业财务、人力资源、采购、生产、销售、库存等核心业务流程的信息化管理平台，旨在实现资源的最优配置和信息流的统一。

[38] **ESG (Environmental Social Governance) - 环境、社会和公司治理：**由环境、社会和治理三个维度构成的可持续发展评估体系，用于衡量企业在非财务领域的表现。

[39] **EAM (Enterprise Asset Management) - 企业资产管理：**专注于对物理资产（如设备、设施）进行全生命周期管理的软件系统，涵盖采购、维护、维修、运行、报废等环节，以提高资产可靠性和利用率。

[40] **FTQ (First Time Quality) - 一次检验合格率：**产品在第一次通过某个检验点或工序时即为合格品的比率，是衡量生产过程稳定性和质量能力的重要指标。

[41] **FGS (Fire and Gas System) - 火灾与气体检测系统:** 用于探测工业场所（如海上平台、化工厂）的火灾（烟雾、火焰）和危险气体泄漏，并启动报警及联动灭火/排风等安全措施的系统。

[42] **HSE (Health Safety Environment) - 健康、安全、环境管理体系:** 一种事前通过识别与评价，确定在活动中可能存在的危害及后果的严重性，从而采取有效的防范手段、控制措施和应急预案来防止事故的发生或把风险降到最低程度，以减少人员伤害、财产损失和环境污染的有效管理方法

[43] **IoT (Internet of Things) - 物联网:** 指将日常物理对象（“物”）嵌入传感器、软件和网络连接技术，使其能够收集和交换数据，并通过互联网进行远程监控、控制或互动，从而形成一个庞大的智能网络。

[44] **IRR (Internal Rate of Return) - 全投资内部收益率:** 使项目在整个计算期内各年净现金流量现值累计等于零时的折现率。是评估项目盈利能力的核心动态指标，IRR 越高，项目投资价值越大。

[45] **LoRa (Long Range) - 远距离无线电:** 一种基于扩频技术的非蜂窝、低功耗广域网（LPWAN）协议。由用户自建网络，工作在免许可频段。特点与 NB-IoT 类似（远距离、低功耗），但传输速率更低，灵活性更强（自组网），网络成本结构不同。常用于园区、农场、城市等区域的私有物联网部署。

[46] **LNG (Liquefied Natural Gas) - 液化天然气:** 将天然气在超低温（约-162°C）下液化而成的清洁燃料，体积约为气态的 1/600，便于远洋运输和储存。

[47] **MPC (Model Predictive Control) - 模型预测控制:** APC 中最核心、最常用的一种方法。它利用过程的动态模型来预测未来一段时间内系统的行为，并在线求解一个优化问题，以确定一系列最优的控制动作，同时处理多个输入变量和输出变量之间的相互影响及约束条件。

[48] **MFL (Magnetic Flux Leakage) - 漏磁检测:** 一种主要用于检测铁磁性材料（如管道、储罐）壁厚减薄和腐蚀的无损检测技术。通过磁化被测物体，检测因缺陷导致的磁场泄漏信号。

[49] **MES (Manufacturing Execution System) - 制造执行系统:** 位于上层 ERP 与底层工业控制系统之间的管理系统。它负责管理、监控和控制车间的生产执行过程，实现从工单下发到产品完工的精细化管控。

[50] **MTBF (Mean Time Between Failures) - 平均无故障时间:** 衡量可维修产品可靠性的关键指标，指产品在两次相邻故障之间正常工作的平均时间。MTBF 越长，可靠性越高。

[51] **MTTR (Mean Time To Repair/Recovery) - 平均故障诊断/修复时间:** 衡量维修效率的指标。指产品发生故障后，进行诊断和修复直至恢复正常所需的平均时间。MTTR 越短，可维护性越好。

[52] **MTTD (Mean Time To Detect) - 平均检测时间:** 在网络安全或设备故障管理中，指从安全事件或故障发生到被系统或人员发现所经历的平均时间。

[53] **MAPE (Mean Absolute Percentage Error) - 价格预测准确率:** 衡量预测模型精度的常用指标，计算所有预测值与实际值偏差绝对值的平均百分比。MAPE 值越小，预测准确率越高。

[54] **MRV (Monitoring, Reporting, Verification) - 碳排放监测核算/报告/核查体系**: 在碳排放管理体系中, 指监测、报告、核查三个环节产生的数据。准确可靠的 MRV 数据是碳交易市场、碳排放统计考核的基础。

[55] **NPV (Net Present Value) - 净现值**: 将项目整个寿命期内各年的净现金流量按一定的折现率折现到同一时点(通常为项目期初)的现值累加值。 $NPV \geq 0$ 表示项目可行。

[56] **NPS (Net Promoter Score) - 净推荐值**: 通过询问客户“您有多大可能向朋友或同事推荐我们的公司/产品/服务?(0-10分)”, 将受访者分为推荐者、被动者和贬损者, 计算公式为: $NPS = (\text{推荐者}\% - \text{贬损者}\%)$ 。是衡量客户忠诚度和业务增长潜力的指标。

[57] **NB-IoT (Narrowband Internet of Things) - 窄带物联网**: 一种基于蜂窝网络的低功耗广域网技术。它只占用很窄的带宽(约 180kHz), 具有深度覆盖、海量连接、超低功耗、低成本的特点。适用于不需要频繁通信、数据量小的传感器设备, 如智能水表、燃气表、消防栓监测、环境监测等。

[58] **NLP (Natural Language Processing) - 自然语言处理**: 人工智能的一个分支, 使计算机能够理解、解释和生成人类语言。应用包括机器翻译、情感分析、智能客服。

[59] **OTN (Optical Transport Network) - 光传送网**: 一种应用于骨干网和城域网的下一代光传送体系。它将传输、复用、路由、监控等功能有机结合, 能高效透明地承载各种客户业务(如以太网、SDH)。特点是大容量、长距离、高可靠性和强大的管理维护能力。可以理解为信息高速公路

的“超级主干道”。

[60] **OCR (Optical Character Recognition) - 光学字符识别**：一种将图像中的文字（扫描文档、照片）转换为机器可编辑和搜索的文本格式的技术。

[61] **OEE (Overall Equipment Effectiveness) - 设备综合效率**：衡量制造设备利用率的核心指标。 $OEE = \text{时间开动率} \times \text{性能开动率} \times \text{合格品率}$ ，综合反映设备的可用性、性能效率和产品质量。

[62] **OTD (On-Time Delivery) - 订单准时交付率**：在客户要求或承诺的交付日期之前或当天完成交付的订单数量占总订单数量的百分比，是衡量供应链响应可靠性的关键指标。

[63] **PON (Industrial Passive Optical Network) - 工业无源光网络**：将用于家庭宽带的光纤接入技术 PON，经过加固（抗干扰、宽温等）改造后应用于工业场景。采用点对多点结构，由无源分光器连接，无需机房和有源设备，具有高带宽、长距离传输、抗电磁干扰、节省光纤资源等优点。是工厂内部信息网络（IT）和控制网络（OT）融合的理想承载网。

[64] **PID/P&ID (Process and Instrumentation Diagram) - 管道及仪表流程图**：在化工、石油、电力等流程工业中，“PID”更常指 P&ID。这是一种非常重要的工程图纸，用于描述工厂的物理工艺流程和所有控制设备。

[65] **PLC (Programmable Logic Controller) - 可编程逻辑控制器**：一种专为工业环境设计的数字计算机，用于控制制造过程（如装配线、机器人）或机械设备。它通过接收来自传感器的输入信号，根据内部存储的程序逻辑

辑进行处理，并输出控制信号给执行器（如电机、阀门）。是工业自动化控制系统的核心底层控制器。

[66] **PLM (Product Lifecycle Management) - 产品生命周期管理：**管理产品从概念、设计、制造、服务到报废的全生命周期内所有相关数据和过程的业务战略与信息系统。CAD、BIM 通常作为前端数据创建工具。

[67] **PHM (Prognostics and Health Management) - 故障预测与健康管理：**利用数据采集、状态监测、预测算法等技术，对设备或系统的健康状态进行评估、故障诊断和剩余使用寿命预测，从而变“预防性维修”为“预测性维修”。

[68] **PPM (Parts Per Million) - 供应商评估：**用于衡量供应商来料质量水平的指标，指每百万个零件中的不合格品数。PPM 值越低，表明供应商质量水平越高。

[69] **PPE (Personal Protective Equipment) - 个人防护装备：**为保护劳动者免受工作场所职业危害而配备的防护用品，如安全帽、护目镜、手套、安全鞋、安全带等。

[70] **QMS (Quality Management System) - 质量管理体系：**一套规范化的流程和系统（通常遵循 ISO 9001 等标准），用于确保产品或服务持续满足客户要求和法规标准。

[71] **RFID (Radio Frequency Identification) - 射频识别：**一种利用无线电波进行非接触式双向通信的自动识别技术。系统由读写器和电子标签（附着在物体上）组成。无需光学可视和物理接触，即可批量、快速读取标签信息。广泛应用于仓储物流、资产追踪、门禁管理、生产追溯等场景。

[72] **RPA (Robotic Process Automation) - 机器人流程自动化:** 使用软件“机器人”模拟人类在计算机上的操作，自动执行规则明确、重复性高的业务流程（如数据录入、报表合并）。

[73] **ROV (Remotely Operated Vehicle) - 遥控无人潜水器:** 由水面母船通过脐带缆提供动力和控制信号，由操作员远程操控的水下机器人，用于水下检查、维修、施工等作业。

[74] **ROI (Return On Investment) - 营销投资回报率:** 衡量营销活动投资效果的指标，计算公式为： $(\text{营销活动带来的收益} - \text{营销活动成本}) / \text{营销活动成本}$ 。用于评估营销活动的财务效益。

[75] **SDN (Software-Defined Networking) - 软件定义网络:** 一种网络架构范式。其核心思想是将网络的控制平面（决策层）与数据转发平面（执行层）分离，并通过中央化的 SDN 控制器以软件编程的方式对全网进行统一、灵活的管控和配置。这使得网络变得更加智能、敏捷，能够动态适应业务需求。

[76] **SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) - 监控与数据采集系统:** 一种用于远程监控和控制分散在广阔地理区域（如油气管线、电网、水处理厂）的工业过程的计算机系统。它从现场设备（如 PLC、传感器）收集数据，并允许操作员通过人机界面进行控制。

[77] **SOP (Standard Operating Procedure) - 标准作业程序:** 为规范、高效地完成某项操作而制定的详细、书面的步骤说明。

[78] **SRM (Supplier Relationship Management) - 供应商关系管理:** 管理与供应商关系的策略和软件系统，旨在优化采购流程、降低成本、管理

供应商绩效和风险。

[79] **SPC (Statistical Process Control) - 统计过程控制**: 应用统计方法（如控制图）对生产过程进行实时监控，区分过程中的正常波动与异常波动，从而对过程做出评估和预警，以保持稳定和受控状态。

[80] **SOAR (Security Orchestration, Automation and Response) - 安全编排自动化与响应**: 一种安全运营平台，将安全事件响应流程中的编排（连接不同工具）、自动化（执行预定义剧本）和响应（协助分析师决策）功能集成，旨在提高安全运营中心的效率和响应速度。

[81] **SPI (Schedule Performance Index) - 进度绩效指数**: 挣值管理中的指标， $SPI = \text{已完工作预算费用} / \text{计划工作预算费用}$ 。SPI > 1 表示进度超前，< 1 表示进度落后。

[82] **TSN (Time-Sensitive Networking) - 时间敏感网络**: 一组位于数据链路层（二层）的 IEEE 802.1 标准族。它在标准以太网基础上，通过时间同步、流量调度、流量整形等机制，为关键数据流提供确定性、低延迟、低抖动的传输保证。是实现 OT 层工业控制设备（如 PLC、驱动器）高精度实时通信、推动 IT/OT 深度融合的核心网络技术。

[83] **TCO (Total Cost of Ownership) - 总拥有成本**: 评估一项资产（如设备、软件）在整个生命周期内的总成本，不仅包括采购价，还包括安装、运维、能源、培训、升级、报废等所有相关成本。

[84] **TRIR (Total Recordable Incident Rate) - 可记录事件率**: 国际通用的职业安全健康绩效指标。指每 200,000 工时（相当于 100 名全职员工一年的工作量）中发生的可记录工伤事故（包括死亡、损失工时、限制性工

作日、医疗处理) 数量。

[85] **UT (Ultrasonic Testing) - 超声检测:** 一种无损检测技术, 利用高频声波(超声波)穿透材料, 通过分析反射或透射的声波信号来检测材料内部缺陷(如裂纹、气孔)或测量厚度。

[86] **UEBA (User and Entity Behavior Analytics) - 用户与实体行为分析:** 一种网络安全技术, 通过建立用户和设备(实体)的正常行为基线, 利用机器学习分析其活动数据, 以检测偏离基线的异常行为, 从而发现内部威胁、账户盗用等传统规则难以发现的攻击。

[87] **UWB (Ultra Wide Band) 超宽带:** 一种应用于无线个域网(WPAN)的短距离无线通信技术, 又称基带通信技术、无线载波通信技术

[88] **VR (Virtual Reality) - 虚拟现实:** 利用计算机模拟生成一个完全虚拟的三维环境, 用户通过头戴式显示器等设备沉浸到该环境中, 并可与之进行交互。在工业中主要用于沉浸式培训、虚拟装配评审、工厂布局规划、安全演练等。

[89] **VaR (Value at Risk) - 风险价值:** 在一定的置信水平(如 95%)和持有期内, 某一金融资产或投资组合可能面临的最大损失金额。是一种市场风险度量工具。

[90] **VOCs (Volatile Organic Compounds) - 挥发性有机物:** 在常温下易挥发的有机化学物质。许多是空气污染物, 参与光化学反应形成臭氧和PM2.5, 部分具有毒性和致癌性, 是环保重点监控对象。

[91] **WMS (Warehouse Management System) - 仓库管理系统:** 专门用于管理仓库或配送中心内部作业的软件, 包括入库、上架、拣选、盘点、

出库等环节的优化和跟踪。

[92] **WCS (Warehouse Control System) - 仓库控制系统:** 介于 WMS 和底层自动化设备（如分拣机、输送线、AGV）之间的实时控制系统。它负责接收 WMS 指令，并直接调度和控制设备执行具体的物流动作。

编制单位（排名不分先后）

（一）编写单位

中国工业互联网研究院（工业和信息化部密码应用研究中心）

中国石油企业协会

中国城市燃气协会

中国安全生产科学研究院

国家石油天然气管网集团有限公司

中国海洋石油集团有限公司

（二）支持单位

国家管网集团北方管道有限责任公司

国家管网集团液化天然气接收站管理分公司

国家石油天然气管网集团工程技术创新有限公司

国家管网集团储能技术有限公司

国家管网集团建设项目管理分公司

国家管网集团西气东输分公司

国家管网集团西部管道有限责任公司

国家管网集团东部原油储运有限公司

北京智网数科技术有限公司

中国石油大学（北京）

北京市燃气集团有限责任公司

北京燃气天津液化天然气有限公司

中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司
中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司
中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司
中国石油天然气股份有限公司吉林油田分公司
中国石油天然气股份有限公司大港油田分公司
中国石油天然气股份有限公司华北油田分公司
中石油煤层气有限责任公司
中国石油天然气股份有限公司储气库分公司
中国石油天然气股份有限公司抚顺石化分公司
中国石油天然气股份有限公司大连石化分公司
中国石油天然气股份有限公司锦西石化分公司
中石油云南石化有限公司
中国石油天然气股份有限公司安徽销售分公司
中国石油集团川庆钻探工程有限公司
中国石油管道局工程有限公司
中国石油工程建设有限公司华北分公司
中国石油工程建设有限公司西南分公司
中国寰球工程有限公司北京分公司
中国石油集团工程技术研究院有限公司
中国石油天然气股份有限公司规划总院
昆仑能源有限公司
昆仑数智科技有限责任公司

昆仑金融租赁有限责任公司
中油辽河工程有限公司
廊坊中油龙慧科技有限公司
中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司
中国石油化工股份有限公司中原油田分公司
中国石油化工股份有限公司天然气分公司
中石化石油工程设计有限公司
中海石油气电集团有限责任公司
中海石油炼化有限责任公司
中海油国际贸易有限责任公司
陕西延长石油（集团）有限责任公司
陕西延长石油（集团）管道运输公司
陕西省天然气股份有限公司