

编者按:近日,工业和信息化部发布2025年度首批15家领航级智能工厂培育名单,镇海炼化入选,为唯一入选的炼化企业;2025年度卓越级智能工厂项目名单同时发布,中国石化3家企业项目入选,分别为中原油田安全绿色的高含硫天然气开采智慧气田、金陵石化全流程协同管控炼化智能工厂、青岛炼化全过程优化管控智能双效智能工厂。

本版今日刊发专题,介绍近年来集团公司深耕智能工厂建设取得的系统性成效,以及4家智能工厂建设的实践探索与宝贵经验。敬请关注。

深耕智能工厂建设 激发企业发展新动能

镇海炼化

以数字技术构建 炼化一体化智能新范式



飞索机器人掠过镇海炼化球罐区。

任毅 摄

袁佳 王芳芳

镇海炼化是中国石化最大的炼化一体化企业,多年来,该公司以数字技术驱动业务变革,从智能工厂1.0一路升级到3.0,实现从工程建设到生产运营的精益管理,获工信部数字领航企业、国家5G工厂试点,以及卓越级智能工厂等多项认定。

空中巡检,构筑安全防线

在镇海炼化厂区的球罐区域,抬头可见小巧的飞索智能巡检机器人沿高空架设的缆索平稳运行,开展空中巡检作业。“球罐区管线复杂,常见的轮式机器人容易被地面障碍阻挡,而飞索智能巡检机器人能沿空中缆线行走,有效避开障碍,覆盖人工难以抵达的区域。”1月2日,储运一部员工张鸣伦指着空中“飞行”的飞索智能巡检机器人介绍道。

过去,该厂近万台机泵依赖人工定期巡检和记录。如今,近4000台关键机泵已加装传感器,振动、温度等关键数据实时上传至平台,由专家模型自动进行诊断与评估。技术人员可据此精准锁定需重点关注的设备,彻底告别以往“大海捞针”式的隐患排查方式。

实时优化,赋能装置高效运行

“以前说起智能工厂,总觉得有点遥远,现在每天上班,其实都在跟它打交道。”镇海炼化信息和数字化中心副主任干建甫指着屏幕上“处理量自动爬坡”“液位自适应抗扰动”等功能模块介绍道,“如今,这些智能化不再是PPT里的概念,而是实实在在地体现在每一次稳住工况波动、每一分能耗的降低,以及每一吨高附加值产品的增产上。”

在镇海基地二期中控室内,显示屏上实时呈现着温度、压力、负荷等关键工艺参数的动态曲线,271个PID控制回路的运行状态一目了然。得益于高级智能过程控制(AIPC)技术的应用,3号催化裂化装置自开工以来便实现了秒级的回路自动调整与分钟级的区域协同优化,自控率稳定保持在99%以上。仅用两个月,装置平稳率便突破98.5%,显著缩短了传统开工的磨合周期。

镇海炼化智能工厂以“分子炼油”实现资源高效转化,以标准化调度保障协同运行,并通过实时优化分析,推动仓储业务数字化转型。

观点

智能制造,引擎焕新

——以智能工厂建设驱动高质量发展

赵学良

石化行业是国民经济的重要支柱,具有流程连续化、生产规模化、安全环保要求高、产业链条长等特点。推进智能工厂建设,不仅是技术层面的升级迭代,更是破解行业痛点、适应时代变革、实现高质量发展的必然路径。

中国石化始终将智能工厂建设摆在突出位置。近年来,在各层级的共同努力与持续探索下,企业生产组织方式、生产管理模式和运营机制实现了系统性变革,并最终形成八个转变。

组织机制之变:从传统组织机制到数字协同式机制

智能工厂建设推动组织机制发生深刻变革。工业互联网让管理人员及时了解生产一线信息,提升了管理效率,为组织扁平化提供了支撑;同时,随着新一代信息技术的应用,生产力水平得到进一步提升,对构建数据驱动、协同高效、权责清晰的生产关系提出了进一步的需求。

以镇海炼化、青岛炼化为例,企业通过打通各业务系统数据壁垒,融合5G、物联网等技术,实现仓库自助提货、厂内车辆规范化调度。在此基础上,企业进一步优化组织机制与相关制度,推动仓储业务数字化转型。

人员能力之变:从传统作业者到数字作业者

智能工厂建设对人员能力体系提出全方位、高层次要求。其一,技术人员需主动迭代知识体系,熟练掌握并应用人工智能、智能装备运维、数据分析等前沿技术,将技术优势转化为生产效能;其二,智能工厂催生机器人维修师、人工智能模型构建师、数据治理分析师等新型岗位,要求从业者具备针对性的专业技能,适应智能化生产场景需求;其三,企业对复合型人才的需求尤为迫切,亟须既精通炼化生产核心技术,又掌握信息技术应用的跨界人才,支撑智能工厂全流程高效运转。

生产管理之变:从生产型运营到价值型运营

传统生产型运营模式主要关注自身生产环节的成本控制与收益实现。智能工厂则通过构建覆盖全厂的生产优化模型,实现生产过程的在线优化与全局协同,推动业务运营从生产导向向价值导向转变。

金陵石化构建了涵盖全厂炼化装置的日收益模型。该模型基于精准的计量数据与物料平衡模型,能够准确反映各装置每日真实的投入、产出及能耗平衡状况。同时,该模型还能动态生成每日生产建议,通过调度指令优化装置运行,推动企业效益最大化。

作业模式之变:从人工操作到人机协同

传统石化现场作业长期依赖大量人工操作,不仅劳动强度大,也存在较高的安全风险。智能工厂通过广泛运用机器人及自动化设备,改变了现场作业模式。

天津石化在罐区巡检、管线检测、实验室分析、仓储物流及消防应急等领域借助机器人、机器视觉、物联网、

智能工厂梯度培育行动四级体系



基础级智能工厂

聚焦数字化改造、网络化连接开展建设,推动数字化普及

基础级

先进级智能工厂

聚焦数字化转型、网络化协同开展建设,打造区域行业领先的发展标杆

先进级



卓越级智能工厂

聚焦数字化转型、网络化协同和智能化升级开展建设,打造全国领先的发展标杆

卓越级



领航级智能工厂

聚焦数字化转型、网络化协同和智能化变革开展建设,探索未来制造模式,打造全球领先的发展标杆

领航级

当前,数字技术深度渗透实体经济、重塑传统产业链发展格局,石油石化行业置身能源转型与产业变革的双重浪潮,既面临前所未有的变革性挑战,又迎来转型升级的战略机遇,提质增效、创新转型迫在眉睫。为抢抓新一轮产业变革先机、构筑发展新优势,我国炼化企业正加快推动发展模式从传统“制造”向高端“智造”跨越升级,建设智能工厂已成为行业锻造

核心竞争力、培育高质量发展新动能的核心引擎。近年来,中国石化在智能工厂建设的探索实践中,逐步凝练形成了成熟的建设方法论与宝贵实践经验。2012年至2015年,中国石化完成智能工厂总体规划设计,在国内首创石化智能工厂总体框架。2015至2025年先后形成智能工厂1.0、2.0、3.0、4.0建设模板。

中国石化高度重视智能工厂梯度培育,针对炼

化企业特点,采取“试点先行、分批推广”策略,择优打造智能工厂示范并复制成熟模式。目前已普及推广40家典型、规模建设25家先进级智能工厂;镇海炼化、九江石化等10家企业入选国家卓越级智能工厂,其中镇海炼化跻身2025年国家首批领航级智能工厂培育名单,引领产业链智能化提升。

(文字来源:集团公司信息和数字化管理部)

中原油田普光分公司

打造高含硫气田数智融合示范工程



中原油田普光气田天然气净化厂智能化中控室。本报记者 胡庆明 摄

王媛 古兴磊

近日,中原油田普光分公司“安全绿色的高含硫天然气开采智慧气田”项目成功入选2025年度国家卓越级智能工厂名单。

自2017年起,普光分公司紧扣国家能源战略与数字化转型要求,聚焦智能技术集成创新与全链条协同应用,构建以“数据+平台+应用”为核心的数据工厂总体架构,围绕5大方向8个环节22个智能化应用场景,开展数据贯通、智能管控、平台协同的智能化改造升级,形成涵盖高含硫天然气开采生产、集输净化、安全运营上下游一体化的智能工厂建设模式,为我国天然气产业跨越式发展和智能升级提供了示范引领。

为解决生产作业中人工巡检存在的问题,该公司在天然气净化厂部署两台5G智能巡检机器人,对联合装置地面层设施开展日常巡检,通过对图像、声音、温度等数据的采集,完成设备运行状态检测、仪表读数、现场环境安全感知等巡检任

务。在机器人无法到达的区域,该公司基于5G网络环境、利用300台5G手持巡检终端和45顶5G智能安全帽,实现巡检任务的自动下发,指导巡检人员按时巡检。

这套融合“地面机器人与智能穿戴设备”的多维巡检体系,推动传统巡检模式实现质的飞跃。联合装置巡检用工减少8人,集输管道巡检用工减少20人;通过部署5G防爆终端和5G智能安全帽,构建起替代与辅助人工巡检的高效协同模式,使人工劳动强度降低30%,劳动生产率提升20%。

该公司集成全业务链的实时生产数据,通过多源异构数据融合与数据血缘分析,构建了数据与机理双驱动的智能体——“工业智脑”,实现了生产计划的精准配产、生产进度的动态跟踪、安全风险的智能预警与应急联动、关键设备能耗的优化评估,以及碳资产的全生命周期管理。通过“工业智脑”,气田在生产计划方面削减无效投资15%,新增产能边际贡献提升8%。

青岛炼化

“5G+AI”实现全流程智能化运营



青岛炼化智能巡检机器人在储运罐区现场巡检。刘强 摄

房晓峰 李圣超

近年来,青岛炼化紧随行业浪潮,坚持将信息化作为企业内生发展要素,着力推进数据、技术、业务流程、组织结构的持续优化,加快推动制造业数字化转型、智能化升级,推动信息化与工业化深度融合。

在青岛炼化生产现场,活跃着一群特殊的员工——5G智能巡检机器人。这些机器人采用声光电多维传感技术,模拟人工开展“望、闻、听、摸”等巡检工作,通过5G实时共享巡检数据,实现泄漏快速监测识别、声音异常实时诊断、现场仪表读数与火焰识别,有效降低人工巡检劳动强度。

青岛炼化构建的5G“双网+一专线”架构如同工厂的神经中枢,依托

2.6GHz与700MHz双频段部署5G专网,建成5座5G宏站和10余座室内分布基站,实现全厂区室内外5G专网全覆盖,有效支撑高带宽、低时延的实时通信,推动工业网络智能化升级,保障数据高效稳定传输。

2025年10月,青岛炼化新建智能汽车衡及称量区,顺利完成调试并投用,该项目以“云计量”集中管控技术为引擎,重构物流路径,实现车辆“进一称一装一出”全流程无缝衔接。应用上线后,提送货车辆承载能力提升20%,每年节约物流费用超过700万元,节省纸质单据费用数十万元,年节约人工成本300余万元。

此外,青岛炼化通过深度集成中国石化长城大模型、知识图谱、多目标优化算法等AI技术,实现数据驱动决策的全链路协同。

金陵石化

数智赋能驱动效率与效益双提升



金陵石化智慧厂区全貌。

陈伟伟 摄

本报记者 陈伟伟 通讯员 王寿震

近年来,金陵石化聚焦“全流程协同管控炼化智能工厂”建设方向,系统推进“智改数转网联”战略,深度融合5G、人工智能、数字孪生、工业大模型等新一代信息技术与炼化主业全链条,成功构建起覆盖生产、安全、环保、运营的全流程智能体系。

该公司把稳定高效的数据传输与处理体系作为智能工厂建设的前提,率先建成覆盖全厂的5G+工业互联网,实现生产全流程关键数据的实时采集与毫秒级传输,打造高可靠、低时延的工业数据“高速公路”。他们依托该网络搭建双边作业电子作业票安全管控平台,能够支撑智能巡检、视频实时回传、远程AR检修、高清视频AI分析等应用。面对数智化转型中的困难与挑

生产管理之变:从生产型运营到价值型运营

传统生产型运营模式主要关注自身生产环节的成本控制与收益实现。智能工厂则通过构建覆盖全厂的生产优化模型,实现生产过程的在线优化与全局协同,推动业务运营从生产导向向价值导向转变。

金陵石化构建了涵盖全厂炼化装置的日收益模型。该模型基于精准的计量数据与物料平衡模型,能够准确反映各装置每日真实的投入、产出及能耗平衡状况。同时,该模型还能动态生成每日生产建议,通过调度指令优化装置运行,推动企业效益最大化。

作业模式之变:从人工操作到人机协同

传统石化现场作业长期依赖大量人工操作,不仅劳动强度大,也存在较高的安全风险。智能工厂通过广泛运用机器人及自动化设备,改变了现场作业模式。

天津石化在罐区巡检、管线检测、实验室分析、仓储物流及消防应急等领域借助机器人、机器视觉、物联网、

节能减排之变:从指标监测到源头减排

过去,安全管理主要依赖人工排查风险,存在监控盲区多、风险发现滞后、误判漏判率高等问题。如今,借助视觉识别、智能终端、大数据分析和预测预警等技术,管理人员能够实现对“人的不安全行为”(如违规操作、非法入侵)和“物的不安全状态”(如设备泄漏、环境火灾)的实时感知,并对工艺风险进行超前预测预警。

智能工厂正通过技术融合与系统重构,将安全管理关口前移,逐步构建起实时感知、精准预警、快速协同的主动防御体系,为石化行业本质安全水平的持续提升奠定了坚实基础。

安全管理之变:从事后处置到事前预警

过去,安全管理主要依赖人工排查风险,存在监控盲区多、风险发现滞后、误判漏判率高等问题。如今,借助视觉识别、智能终端、大数据分析和预测预警等技术,管理人员能够实现对“人的不安全行为”(如违规操作、非法入侵)和“物的不安全状态”(如设备泄漏、环境火灾)的实时感知,并对工艺风险进行超前预测预警。

智能工厂正通过技术融合与系统重构,将安全管理关口前移,逐步构建起实时感知、精准预警、快速协同的主动防御体系,为石化行业本质安全水平的持续提升奠定了坚实基础。

(作者系集团公司信息和数字化管理部副总经理)