



# 5G 赋能 智造未来 开启石化行业智能制造新篇章

□ 宫向阳 董 睿 安玉倩

当前,石化行业正处于从传统工业向智能化、绿色化转型的关键阶段。针对生产流程长、设备分布广、高危场景多、数据体量庞大等行业痛点,5G 技术凭借高带宽、低时延、广连接、高可靠的核心优势,成为突破石化行业转型瓶颈的核心支撑。随着 5G 与工业互联网、AI、物联网等技术深度融合,5G 技术正逐步渗透石化勘探开发、炼化生产、仓储物流、安全管控等全产业链环节,为行业实现提质增效、降本减耗、安全生产注入全新动能,成为石化行业抢占未来产业竞争制高点的重要抓手。

中国石化基于 5G+北斗+人工智能+大数据分析等核心技术,重点开展石化行业七类应用场景建设,在天津石化、中原油田等 11 家企业部署 5G 虚拟专网及 1 万余个 5G 终端设备,其中 5G 定制国产轻量化模组占比 70% 以上,降低模组成本 30%,打造了石化行业示范应用场景,在基础设施建设、数实融合、技术创新、应用赋能、绿色发展等方面取得重大突破。

中国石化信息和数字化管理部副总经理 赵学良

前预警,显著提升了设备管理水平。

## 转变三:安全管控变被动防控为主动预防

5G 技术在石化行业的广泛应用面临着网络部署方面的挑战。石化企业通常厂区范围广、地理环境复杂、金属设备密集,加之 5G 信号在部分频段穿透能力有限,在装置密集区域容易出现信号衰减,因此,如何科学部署基站、实现厂区信号全覆盖,成为 5G 规模化应用必须解决的关键问题。

我们遵循“以绝对安全为基石,以生产业务为导向”的原则,系统推进 5G 基站部署。主要措施包括:在网络架构与安全方面,采用独立专网模式,实现数据不出厂、核心网下沉至厂区,并与公网物理隔离;在网络覆盖与性能方面,根据装置布局特点优化基站部署,确保信号全覆盖无死角,满足各项业务指标要求;在合规与防护方面,严格执行危险区域设备必须持有国家级防爆合格证的规定,确保设备安全可靠。

依托稳定可靠的 5G 网络基础设施,我们在燕山石化等企业部署了泄漏动态监测、受限空间作业监控、违章行为智能识别、人员轨迹跟踪、电子围栏、高低点视频联动等多种应用。通过实时监控生产现场人员分布、气体泄漏情况及违章作业行为,实现了对作业人员的动态监管与风险预警,可快速定位厂区异常事件并进行立体化监控,显著提升了现场安全风险监测预警能力,推动了安全管控模式向主动预防转变。

## 转变四:仓储物流变机械化、自动化为智能化

在 5G 专网的基础上,我们深度融合 5G 与人工智能技术,针对不同环节选用适配方案:在高精度定位方面,采用激光与视觉融合定位技术,满足库内厘米级定位需求;在叉车驱动方面,选用无轮技术,节省库内转向空间;在 AI 智能分析方面,应用图像识别技术,支持快速图像比对与定位;在能源补给方面,引入非接触式无线充电技术。在系统层面,实现多台无人叉车的智能调度与路径规划,有效降低运行成本。

在中原油田普光气田等企业,我们建设了进出厂物流管理系统,实现在线预约过磅、车辆智能调度、移动端装车安检等功能,推动全厂物料进出统一管理,大幅提升收发货效率。扬子石化等企业建成了智能仓库,实现产品从下线、入库、分拣到出库的全流程无人化作业;燕山石化通过 5G+智能仓储系统建设,新增货位 7844 个,库容利用率提升约 270%,节省仓储面积约 9000 平方米。实现智能化管理后,节省仓储人员 10 人,每年节约成本 267 万元,成功推动仓储物流的数字化转型。

综上所述,5G 等新一代信息技术的应用,显著提升了企业的数字化、网络化、智能化水平,为石化行业转型升级提供了示范模板,也为企业数智化发展探索出一条可行路径,成为构建“未来智能工厂”的重要基石。通过“分类施策”与 5G、人工智能等新一代信息技术的深度融合,全面推动企业向智能化、绿色化、融合化方向转型,重塑石化行业发展新范式,提升发展质量与效益,加速实现高质量发展。



天津石化激光气体泄漏监测平台。

刘 伟 供图

## “5G+工业互联网”赋能石化行业数智化转型

中国石化积极践行新型工业化战略,依托 5G 与移动物联网深度融合的技术优势,推动应用布局从早期的机器视觉识别、自动化巡检等辅助场景,逐步拓展至生产过程协同操控、远程精准作业等关键核心领域。基于广覆盖、高可靠的移动物联网,实现了设备全时在线,数据实时回传与指令精准下达,有效促进了生产效率与安全管控的双重升级。通过自动化、智能化技术替代传统高危人工作业,持续优化少人化、无人化作业模式,筑牢安全生产防线,驱动产业向高端化、智能化迈进。

智能监测预警:中原油田、天津石化、燕山石化等企业探索“5G+泄漏动态监测”技术,采用 5G+热红外光谱分析、激光气体监测、视觉识别、机器人 VOCs(挥发性有机物)巡检等复合式监测技术,在动静设备密集区域、装置高点、隐蔽区、高危区部署云台式气体泄漏检测系统,实现由“点位检测”到“界区监测”的全方位监测能力提升,进一步提升现场探测感知范围和泄漏动态预警能力。

智能巡检:燕山石化、天津石化等 10 家企业全面实践“5G+智能巡检”,借助 5G 防爆智能终端,实现装置现场巡检任务统一管理,巡检结果实时回传,重要数据在线比对,巡检问题便捷提报,巡检到位率、按时率达 99% 以上,提高了现场巡检执行的规范性和劳动效率。扬子石化等企业在装置区、变电站等区域部署搭载多种传感器的巡检机器人,实现任务统一派发、路径自动规划、数据实时回传,异常智能识别报警,替代人工巡检方式,显著降低劳动强度。

智能仓储物流:燕山石化、天津石化、扬子石化依托 5G AGV(自动导引车)无人叉车建设智能产品库、智能物资库。基于激光雷达、机器视觉与 3D 数字孪生技术,通过时序算法实现自动

定位与路径规划,完成日常物资智能出入库及应急物资无人化管控。智能产品库实现产品下线、入库、出库、装车的智能化与无人化,有效提升仓储物流和产品出入库效率,降低人工成本。

智能环保管理:湖南石化勇于探索“5G+LDAR(泄漏监测与修复)”智能检测,基于中国石化环境保护信息系统完善 LDAR 作业优化与监管,结合 GIS(地理信息系统)地图、5G 防爆终端等技术手段,实现检测点位可视化管理,数据即时上传与动态分析,超标数据实时推送,有效提升 LDAR 闭环管理效率,为环保达标提供可靠数据保障。

智能设备感知:燕山石化、天津石化等企业充分利用 5G 移动物联网无须布线、部署灵活的优势,广泛部署测壁厚传感器、腐蚀探测器等设备,实时采集回传机泵振动、温度及管道壁厚等数据,大幅提升数据采集效率,实现设备异常报警及预防性维护,为设备全生命周期管控提供数据支撑。

## “5G+自主可控智能硬件”推动石化行业国产化提速

在 5G 应用建设过程中,智能软硬件研发取得重要成果。芯片、服务器、数据库、操作系统等基本全面采用自主可控产品,实现国产化率从依赖进口到 95% 的跨越式提升。依托石化盈科、中燕信息等自有力量的生态合作模式,联合国内芯片厂商共同研发定制国产 6 纳米工艺轻量化 5G 通信芯片,依据石化实际业务需求及行业安全准入标准设计 5G 模组核心通信能力,大幅降低模组生产成本。

石化盈科和中燕信息自主研发了 5G 防爆智能终端。采用该款 5G 通信模组,搭载国产 ARM 架构设计主控芯片,内嵌北斗+RTK(实时动态载波相位差分技术)高精度融合定位算法,集成国产高清热成像摄像头、DMR(数字移动无线电标准)数模转换对接,形成智能巡检、电子作业票、设备缺陷、双重预防等工业 APP 应用,为企业提

## 企业实践

## 中原油田构建高含硫气田泄漏监测及应急体系

□ 古兴磊

中原油田普光气田地区地形条件复杂,且开采的天然气中硫化氢含量高达 15%,为有效保障气田安全平稳运行,构建了一套“实时监控-快速预警-全域联动-高效处置”的泄漏监测及应急联动体系:采气区集输管线周边不仅分布安装有硫化氢泄漏检测仪,而且配备 14 座无人机机场、17 台无人机,对 210 千米管线展开不间断自动巡检,对管道裸

露、占压、周边地灾变化等隐患进行智能识别预警。气田设立国家级应急救援中心,5G 应急指挥车担当全域指挥中枢,5G 鹰眼高空统筹应急力量,应急广播快速发布疏散指令,5G 消防机器人和智能单兵实施人机协同应急处置,5G 智能安全帽实时回传现场处置画面,人员定位系统辅助搜救。这种无人化作战、智能化救援的应急联动模式,不仅有效降低了应急救援人员在救援过程中可能遇到的风险,而且提升应急抢险效率 40%。

## 燕山石化建成智能产品仓库

□ 刘媛琴 王欢旭

燕山石化储运厂成品车间聚丙烯东区内智能产品仓库依托 5G 技术,利用 AGV、堆垛机等智能装备与 WMS/WCS 系统深度融合,实现了从包装、码垛、入库、存储、出库到装车的全流程无人化作业。立体库房改造后库存能力提升约 14%,系统运行高效稳定,有效支撑了产品的快速周转。系统在运行过程中,自动识别并处理货物异常情况 127 次,有效防范因码放不规范导致的存储与出库风险。通过 RFID 芯片与信息化系统协同,实现了托盘与货物的全程精准追踪,库存准确率提升至 99.8% 以上,从根本上杜绝了错发、漏发问题;智能仓储系统在持续运行中也及时发现并化解了多项风险,有效避免了生产中断与安全事故;处理了 43 起因相机识别光线干扰、镜头磨损导致的信息读取偏差,通过清洁保养、参数优化与辅助校验机制,确保了信息采集准确和出库流程顺畅。



智能叉车正在根据包装线需求向托盘仓自动补充空托盘。

周 哲 摄

## 天津石化应用变电站巡检机器人

□ 郭科跃 姚雨航 刘 伟

天津石化在炼油、化工、烯烃、水务、热电等 22 个变电站、配电室,部署了 20 台 5G 轮式机器人、两台 5G 轨道机器人及 88 个 5G 摄像头,首次探索机器人、摄像头联动巡检,实现 22 个场景无人化巡检全覆盖,机器人识别准确率达到 99% 以上,远高于行业内 96% 的平均水平。机器人自主携带红外摄像头、三合一(特高频、地电波、超声)局部放

电传感器,可直接实现开关柜红外检测和局部放电检测,有效节约维修和检测费用。机器人投用后每日巡检点位 7 万余个,累计有效报警 100 余次,检测出异常点位 30 余个,实现设备预防性维修 20 余起,有效减少了晃电、停电造成的装置波动和非计划停车损失,真正实现“机器人代人”,培育了电力场景新质生产力,涉及的 15 个班组累计可替代 30 人转入高价值工作,具有较强的可推广性和可复制性。

供北斗高精度定位、大带宽视频数据回传、安全数据加密、低功耗等特色技术服务,全面推动 5G 防爆智能终端在石化企业应用落地。

石化盈科自主研发了阀门回控单元)、芯片、通信单元、传感器等,研发出全厂阀门智能化远程监控系统,创新性实现机械阀的开关状态监控、远程寻阀、违规操作识别等能力,实现手动阀门状态精确感知,有效规避老旧装置误操作风险。

青岛安全工程研究院自主研发了 5G 多维感知智能巡检机器人。该机器人采用电、光、声多维感知技术,搭载自主研发的微小泄漏微纳阵列传感器、大泄漏红外成像监测模组、多通道声学阵列监测模组,可实现现场仪表读数、火焰识别、红外测温、泄漏气体红外光谱成像识别、高灵敏走航监测、泄漏声音与机泵异常声音识别及定位等功能,满足生产装置、罐区、化工园区自主巡检需求,并在天津石化等企业开展应用。

大连石油化工研究院自主研发了无人清罐机器人。针对储罐内油泥清理无人化需求,攻克易燃易爆、有毒有害“0 区”环境下机器人作业技术难题,研发了高等级防爆油污泥清理机器人系统。该机器人具有射流清洗、强力抽吸、远程操控、“0 区”防爆、避障越障等功能,填补了我国受限空间油污泥清理防爆机器人装备空白,并在燕山石化高含硫化氢气体的 1 万立方米石脑油储罐密闭空间内完成工业试验。

## “5G+标准双轮驱动”引领石化行业 5G 创新发展

中国石化积极协同产业链资源,联合石化行业与通信领域的高校、科研机构、设备厂商及终端用户,打造产学研用融合的协同创新体系,共同推进第五代移动通信技术在石化行业的技术试验、标准制定和应用研究。

打造行业示范。构建了具有中国石化特色的科学性、全面性兼具的 5G 融合标准体系方案,制定石化行业 5G 应用标准落地验证体系,打造技术创新与标准制定“双向循环、迭代更新”,形成标准制定、验证、优化、推广完整体系。形成了一系列具有可复制、易推广的 5G+解决方案,形成标准化、模块化的实施路径与方法,切实推动 5G 技术与工业生产的深度融合与规模化应用。培育了一支兼具 5G 通信技术与石化行业专业知识的复合型人才队伍,有效支撑企业从技术部署到场景落地的全过程,为 5G 与工业生产的深度融合提供坚实的人才保障与创新动力。

形成系列标准。根据中国石化业务特点制定 5G 应用标准体系,牵头编制《面向石油化工领域的“5G+工业互联网”应用场景及技术要求》1 项通信行业标准,《面向石化行业的 5G 轻量化模组技术要求》《面向石化行业的 5G 虚拟专网技术要求》《石化行业 5G 防爆手持终端技术要求》《石化行业 5G 防爆摄像机技术要求》4 项团体标准,为我国石化行业实现更高质量、更有效率、更可持续、更加安全的发展赋能赋值赋值。

(作者单位:集团公司信息和数字化管理部、石化盈科)

## 扬子石化推广助剂添加机械臂



扬子石化 2 号聚乙烯装置机械臂进行助剂无人添加。

吴 迪 摄

□ 林 爽

扬子石化在塑料厂 2 号聚乙烯装置部署了一套基于 3D 视觉的机械臂,实现助剂抓取、破包、投料全流程自动化。该设备利用 3D 智能相机对助剂堆垛进行毫米级精度扫描,通过拆垛分析,在堆垛不整齐的情况下仍能有效规划机械臂取包顺序及抓取角度,通过“手、眼、脑”的精密配合,助剂抓取成功率超 99%,助剂送至全封闭拆包机后进行破包处理,并利用负压原理抽除助剂包装袋中残余粉料,最后将助剂投入加料口,同时收纳包装袋。机械臂的引入减轻了人工工作强度,保障了助剂投料过程安全,同时破包环节的除尘设计大幅减少粉状物料外泄,有效提升了作业效率。使用基于 3D 视觉的机械臂有效减少助剂投放过程中 90% 以上扬尘,大幅改善现场环境。经测算,该应用场景区部署后,年节约人工费用约 45 万元。