

## 技术

责任编辑:季佳欣  
电 话:59963261  
邮 箱:  
jx@sinopec.com  
审 校:张春燕  
版式设计:王 强



周“油”列国  
油 事 精 彩

□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定制国产轻型化模组占比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、数据融合、技术创新、应用赋能、绿色发展等方面取得重大突破。



普光气田天然气净化厂5G防爆巡检机器人。吴思梦 摄

## 推进中国式现代化的石油石化行动

# 5G赋能智造未来 开启石化行业智能制造新篇章



刘伟 供图

天津石化激光气体泄漏监测平台。

## “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,有效促进了生产效能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。

**赋能监测预警:**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,在硫化氢一级防控区建立周界气体检测线,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。

**赋能智能巡检:**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,巡检问题便捷汇报,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。

**赋能仓储物流:**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。

**赋能环保管理:**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。

**赋能设备感知:**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纳米工艺轻型化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)数模转换对讲,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

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讯器。基于国产芯片厂商自主可控的MCU(微控制单元)、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、远程寻阅、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,研发了高等级防爆污油泥清理机器人系统。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污油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,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》《面向石化行业的5G轻型化模组技术要求》《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防爆智能巡检技术要求》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。

(作者单位:集团公司信息和数字化管理部、石化盈科)

## 专家视点

## 5G应用重塑石化生产新范式



□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,以生产服务为导向”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实时监管与风险预警,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的监测预警能力,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,选用万向轮技术,节省库内转向空间;在AI智能分析方面,应用图像识别技术,支持快速图像对比与定位;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,我们建设了出厂物流系统,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,也为企业发展智能化提供了重要基石。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。

### 转变二:设备管理变事后处置为 事前预警

设备管理领域的5G应用需解决两大难题:一是设备与技术适配性差,石化行业大量传统设备无法直接接入5G网络,需进行改造或更换;二是行业应用标准尚不明确,目前5G在石化设备管理领域缺乏统一的技术规范与应用标准,系统难以互联互通,技术升级与经验推广受限。

为应对上述挑战,我们在压缩机、机泵等关键设备上加装集成5G模组的振动、温度传感器,实现了实时监测与预测性维护。在管线、储罐、阀门等静态设备上,应用5G无源物联网技术,部署无须布线和供电的无源传感器,实现泄漏智能监测。同时,我们牵头编制了《面向石油化工领域的“5G+工业互联网”应用场景及技术要求》《面向石化行业的5G轻型化模组技术要求》《石化行业5G防爆手持终端技术要求》等标准,有效推动了石化行业5G应用的标准化进程。

燕山石化、天津石化等企业利用5G海量连接、超低时延、高实时性等特点,结合传感器与物联网技术,实时采集设备监测视频、噪声音频、红外热成像、仪表数据、高清定位信息及关键机组的振动与温度数据。数据采集点从成千上万扩展至数十万乃至百万级,实现了数据“从静态到动态、从低维到高维、从延时到实时、从孤立到融合”的转变。通过融合人工智能分析技术,实现了设备故障的事

## 中原油田构建高含硫气田泄漏监测及应急体系

□古兴磊

中原油田普光气田工区地形条件复杂,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“实时监测-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应急指挥车担任全域指挥中枢,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、镜头污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。

## 天津石化应用变电站巡检机器人

□郭科跃 姚雨杭 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,实现设备预知性维修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。

## 扬子石化推广 助剂添加机械臂



扬子石化2号聚丙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号聚丙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料顺序及抓取角度,通过“手、眼、脑”的精密配合,助剂抓取成功率超99%,助剂送至全封包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员工作强度,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料过程中90%以上扬尘,大幅改善现场环境。经测算,该应用场景部署后,年节约人工作费用约45万元。