

中国石化报社



2025

---

产业新篇

---





2025年是“十四五”收官之年。这一年，面对巨大的经营发展压力，集团公司党组团结带领广大干部员工，深入贯彻党的二十大和二十届历次全会精神，持续对标对表习近平总书记视察胜利油田、九江石化重要指示精神，坚持专业化发展、市场化运作、一体化统筹、数智化赋能，更加注重创新驱动、价值引领、转型升级、资源保障、市场开拓、开放合作，全力打赢“十四五”收官战、打牢“十五五”发展根基。

“十四五”以来，中国石化报社坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，始终牢记“为中国石化鼓与呼”办社宗旨，在做大主题宣传、做亮成就宣传、做响典型宣传、做特海外宣传上有声有色，在做精“纸”媒、做大“指”媒、做强“智”媒上出新出彩，有力发挥了“为大局加油、为发展聚气、为事业铸魂”的舆论支撑作用。

《记录石化》这套丛书在2023年中国石化报创刊35周

年之际诞生，通过优选各媒体最具价值的作品集结成册，更好服务广大读者，得到广泛好评。2025年，我们继续秉持优中选优原则编辑出版《记录石化》，并继续以电子书形式在中国石化新闻网和“新石化”App推出。期望广大读者继续给予关心指导，提出宝贵意见建议。

中国石化报社将继续深入贯彻习近平文化思想，聚焦中国石化改革发展新征程上的新使命新任务，深化主流媒体系统性变革，推动新闻媒体向“‘新闻+政务+服务’枢纽”转型，为中国石化打造世界一流企业、谱写中国式现代化石化新篇章提供更有价值的新闻服务和舆论支撑。

中国石化报社

2026年1月



## 油气勘探开发

胜利油田：百吨井何以频现胜利海上	002
胜利油田：数据湖实现全域贯通	005
中原油田：普光气田全面挺进陆相领域	007
中原油田：核磁共振技术解锁油气开发密码	011
中原油田：自主研发智能分采技术激活潜力油层	014
江汉油田：我国首个二叠系页岩气田诞生	017
江汉油田：“强装备+优技术”打造页岩气开发“新样板”	023
河南油田：打造科技利器 唤醒“沉睡”储量	028
江苏油田：将AI技术成功应用于油气勘探领域	031
江苏油田：高精度坐标“透视”地下油气藏	035
西北油田：超深井高效完井技术打开深部资源的“金钥匙”	039
西北油田：塔河小缝洞群油藏拓出“大乾坤”	046
西南油气：川西新场雷四气藏实现精准评价和高效建产	052

---

华东油气：向更低品位非常规资源进军	056
东北油气：实现火山岩气藏储量效益双突破	062
上海海洋油气：北部湾海中凹陷获油气突破	065
勘探分公司：深耕通南巴地区探出千亿立方米大气田	070
勘探分公司：突破“富气少油”困局 理论创新催生新油田	075
石油工程公司：Idrilling（应龙）科学钻井系统发布	079
胜利石油工程：“数”联万物，革新钻井模式	086
胜利石油工程：争当石油工程行业“碳路先锋”	090
中原石油工程：研制生物质合成基钻井液解钻井难题	095
江汉石油工程：智能钻井技术就像“武林高手”	098
经纬公司：“经纬领航”树立国产旋导技术新标杆	101
经纬公司：数智赋能为地层识别做“高清CT”	104
经纬公司：高温高压测井技术实现国内领先	106
经纬公司：射孔技术踢好油气勘探开发的“临门一脚”	112
石化机械：数智化全电动压裂装备成为油气高效开采新引擎	116
石勘院：开辟地质工程一体化智能压裂新赛道	120
中国石化：打造数据“航母”加快上游业务数智化转型	123

---

## 新能源

乘“氢”风破浪，赴绿色新程——中国石化2024年新能源高质量发展

系列报道之一..... 130

追风逐光，让能源更“净”一步——中国石化2024年新能源高质量发展

系列报道之二..... 135

向深向新 聚“热”降碳——中国石化2024年新能源高质量发展

系列报道之三..... 140

打造能源超级盆地——传统油气产业与新能源产业融合发展

系列报道之一..... 145

打造第二增长曲线——传统油气产业与新能源产业融合发展

系列报道之二..... 152

中国石化开启智慧电力新篇章..... 158

## 炼油化工

高端针状焦：劣质油浆变身新能源“精英” ..... 166

高端针状焦：在超高功率石墨电极领域的创新之路 ..... 170

保暖纤维：从石油变身而来的御寒材料 ..... 173

有光短纤：更“亮”更“绿”的高端缝合材料 ..... 176

锂电池材料：中国石化全面推进布局 ..... 180

---

中国石化在钠离子电池材料领域的研究实践	187
一场超越想象的“橡塑之旅”	190
低空经济中的“石化”力量	200
仿真冰技术推动冰雪运动全天候化	208
中国石化全球首创环己酮绿色生产新技术	212
发展“过氧化+”平台技术推进化工生产绿色革新	216

## 产品销售

油品销售年度十大关键词	222
易捷年度大事记	229
中国石化绘就“三轴四区N线”氢能走廊新蓝图	235
“智”造高价值“人·车·生活”生态圈	240
以“车”为媒 绘就文旅融合新图景	245
广西石油：构建智能保供体系服务假日经济	249

# 油气勘探开发





# 胜利油田：百吨井何以频现胜利海上

徐海峰 陈杰（胜利油田）

截至12月26日，胜利油田海洋采油厂新北油田今年累计部署9口新井，初期日产量均超过百吨。至此，“十四五”期间，胜利海上油田已累计诞生31口百吨井，钻完井提速超30%，盈亏平衡点持续走低。

“十四五”以来，胜利油田海洋采油厂坚持“少井高产”“千方液、百吨井”理念，强化与胜利石油工程公司一体化协同，用地质工程深度融合破解难题，为端牢能源饭碗注入胜利海上力量。

## 从疑惑到常态：突破海上高产瓶颈

“海上稠油井能日产百吨？”曾几何时，这是行业内的普遍疑惑。受海上施工条件限制，海上稠油井初期日产量普遍仅40吨左右。而埕北208B平2井的诞生，彻底打破了这一认知——其初期日产量稳定在101.2吨，创胜利海上稠油开采新纪录。

该井最初设计日产量仅30吨，与“千方液、百吨井”的目标相去甚远。为突破瓶颈，胜利油田海洋采油厂联合胜利石油工程难动用项目管理中心、海洋钻井公司、勘探开发研究院等多家单位，组建专项团队，集智攻关稠油开发难题，并最终创新形成优快钻完井、精准轨迹控制、长井段高效防砂、高效举升工艺等四大技术体系。该技术体系在埕

北208B平2井成功应用后，让沉寂20余年的海上稠油区块，迎来效益开发的曙光。

如果说埕北208B平2井的突破是小试牛刀，新北油田的表现便是大放异彩。该油田油藏底水充裕，为高效开发带来不少难题。“这类油藏最怕出水，一旦出水，产量递减快到难以控制。”海洋采油厂科研所所长杨彬直言，这块看似诱人的“肥肉”，实则是块难啃的“硬骨头”。历经数月攻坚，技术团队绘制出精准的油藏立体画像，经过10余轮方案优化，采用“旋转导向+高清地质探边”钻井技术，搭配“水平井分段防砂+电控分层采油”完井工艺，成功推动新北油田开发实现从低效到高效的跨越。

### 一体化攻坚：找对高产最优解

在新北油田新井钻进现场，一体化作战指挥室内，地质与工艺人员紧盯着屏幕上的钻进轨迹——依托“旋转导向+高清地质探边”技术，红色油层与蓝色水层的界限清晰可见，钻头始终在油层顶部下方一两米处“贴头皮”高精度钻进，8口水平井平均优质储层钻遇率高达98%，真正实现“指哪打哪”。

为凝聚协同合力，海洋采油厂与难动用项目管理中心成立“千方液、百吨井”联合党支部，推行思想联建、队伍联管、风险联控，实现地质工程一体化决策、全过程动态调整、提产能技术一体化攻关，关键环节均由党员把关。这一系列举措让钻井的机械钻速提升36%，水平井投产周期缩短27%。

在设计阶段，团队彻底摒弃一方出方案、一方执行的传统串联模式，转为一体化并联运行，极致优化方案。针对高产难点，双方创新形成10项提速关键技术与8项提效管理措施，凡是能提质提效的技术与管理手

段，都被充分应用。“更重要的是，依托这种一体化协同，我们在分析问题时始终刀刃向内查不足，决不相互‘甩锅’推责任，确保各类问题都能高效解决，实现产能和效率的共同提升。”海洋采油厂钻完井技术中心经理寸锡宏说。

## 利益共享：从甲乙方到利益共同体

百吨井的背后，还有一套“风险共担、效益共享”的激励机制在保驾护航。海洋采油厂与难动用项目管理中心创新推出效益产量分成模式，当井产量高于方案产能时，给予工程公司项目组奖励。这一模式让双方从甲乙方关系转变为利益共同体，目标同向、优势互补。“我们对高产井的渴望，和油田完全一致。”难动用项目管理中心经理韩富昌说。

在利益绑定的驱动下，钻井队伍也实现了从“重进尺”到“重产量”的转变。为保护油层、提升产能，团队研发的三开钻井液、高效防砂、解堵体系等关键技术实现国产化替代。为提升钻井效率、减少钻井液对油层的浸泡影响，海洋钻井平台全面升级高压钻井泵、高速离心机等配套设备。

如今，这套地质工程一体化配合利益共享的大幅提产模式，已通过先行先试、规模应用、迭代升级，形成海上“少井高产”建产模式，构建起可复制、可推广的技术与管理体系，让日产百吨井在胜利海上油田成为常态。

原载

2025年12月30日《中国石化报》第2版

责任编辑

封雪寒

# 胜利油田：数据湖实现全域贯通

李贻晨 吴昊（胜利油田）

7月10日晨会后，胜利油田孤东采油厂采油管理二区技术管理室技术员打开定制报表，按照晨会要求分析调参效果数据。以前收集汇总报表中的各项数据要花费半小时时间，现在利用基于油田数据湖的报表定制工具生成报表，仅需5分钟即可完成此项工作，效率大幅提升。

近年来，胜利油田加快推进数据湖建设，深入挖掘油田数据要素价值，通过构建“湖仓一体”新型数据基座，实现全部采油厂的核心业务数据全域贯通，跨域业务协同效率提升30%，数据资源利用率从38%跃升至82%。

过去，胜利油田局厂两级分散存储体系已沿用数十年，17家采油厂独立存储油井、水井等生产数据，虽然支撑了各单位独立运行，但是却形成“数据孤岛”，导致跨域业务协同需反复整合多套系统数据，勘探开发全产业链效率提升遭遇瓶颈。

2021年以来，胜利油田启动数据湖建设工程，依托“原始—标准—应用”三层架构，将所有厂级应用系统数据源切换至油田数据湖应用层，推动传统分布式存储向数据集中共享转型。

“我们引入智能校验工具，在数据迁移前后实施30余轮完整性验证，确保每口油井的生产动态数据精准映射入数据湖。”胜利油田数智化管理服务中心数据管理专家、数据管理部负责人姚剑说。如今，油田189个应

用系统可快捷调用全域数据资源，沉睡多年的历史数据被重新激活。

在数据湖建设过程中，胜利油田全力保证“数据迁移零差错、系统改造高可用、安全管控全闭环”，实现技术与管理双提升。面对分散存储体系下字段规则不一致、格式标准不统一等难题，数智化管理服务中心制定142项数据迁移标准，开发自动化校验平台，对17家采油厂数据库实施“一厂一策”迁移方案，完成400余张业务表、100余张附录表无损迁移，累计整合数据1.24太字节。他们对17家采油厂应用系统进行基于油田数据湖的应用适配改造，用3个星期的过渡期完成全部功能调优，关键业务处理效率提升15%。在数据集中化进程中，他们部署安全审计、安全防护等安全工具，构建了数据安全技术防护体系，同时加强人工日常巡检和隐患排查，保障数据湖安全运行。

数据湖的建成，驱动胜利油田管理效能发生质变，数据价值被充分释放，业务办理效率得到显著提升。推动数据资源集约化，厂级服务器数量锐减60%，本地存储压缩75%，年节约运维成本400万元；打造土地资源地理信息系统，“一张图”整合6万宗权属数据；推动结算流程线上化，打通市场平台、清单计价、财务结算系统之间数据的联动共享，业务效率提升30%，结算周期缩短50%。

目前，胜利油田已通过工业和信息化部组织的数据管理能力成熟度四级（量化级）认证，成为国内油气勘探与生产领域首家获得该级别认证的企业。

原载

2025年7月23日《中国石化报》第2版

责任编辑

张 灵

# 中原油田：普光气田全面挺进陆相领域

杨 敏 袁义鸿（中原油田）

3月26日，中原油田普光气田陆相致密气井普陆4-1H井日产气4.96万立方米、凝析油1.44吨。该井自2024年12月16日投产以来，累计生产致密气417万立方米、凝析油96吨，印证了普光陆相致密气的巨大潜力。

普光气田是我国首个特大型整装海相高含硫气田，在16年的持续开采中，海相资源开发面临着地层压力下降、硫沉积加剧等诸多挑战。为落实产能接替阵地，中原油田拓宽勘探开发思路，在开发海相资源的同时，加快勘探开发陆相资源。

“通过从海相天然气主力储层向上‘筛查’，向陆相领域挺进，努力打造资源接替新阵地。陆相领域的勘探开发，为普光气田注入了新的活力，也为我国非常规天然气开发开辟了新的道路。”中原油田副总工程师、普光分公司副经理刘长松介绍。

## 技术突破

普光陆相致密气的主要生产层位是侏罗系千佛崖组和三叠系须家河组，储层渗透性差，气井入井液量大，但产能较低。提高气井携液能力、避免井筒积液成为致密气开发面临的重要难题。

面对挑战，技术人员深入研究气井生产规律，开展理论分析。他们掌握了气井积液机理及排液理论，建立气井携液图版和积液预警机制，明确了最佳排液时机。通过汲取排液采气的成熟经验，先后引入了放喷排液、泡沫排液等多项排采技术，并在多口气井成功应用，有效提高了开井时率，释放了气井产能。

老君 2 井在生产过程中，产气量和产液量波动大。技术人员对照携液图版，判断井筒出现积液，对大量生产数据进行分析，采取泡排携液+放喷排液技术措施，有效减少井筒积液，恢复正常生产。

同时，他们优化储层预测技术手段，创新应用三维建模地质导向，研究形成致密砂岩气藏地质力学建模技术，全方位展现岩石力学属性三维空间表征，助力清晰呈现储层状况。技术人员根据地质资料，掌握落实储层储量集中区分布情况，在充分调研的基础上，以现有井网，从试采资料分析、井轨迹设计、储量动用最大化等方面进行优化部署，编制陆相致密气井评价方案，形成一套适用于致密气藏的效益开发技术，高效部署气井。

## 极限拉扯

陆相致密气井的每一次增产从来都不是轻而易举，而是技术人员与储层地质、岩石空隙的一次次“极限拉扯”。

2020年底，致密气井普陆 3 井在千佛崖组产出工业气流时，还伴随凝析油的产生。但投产后由于地层能量衰减快、反凝析污染等因素影响，自主携液能力不足，井筒积液严重，导致该井生产时率低，连续生产困难。

“3 年多来，我们组织开展放喷排液、连续泡排、邻井气举、膜制氮气举及压缩机增压开采等措施，效果均不佳，难以完全排出井筒积液。”

普光分公司采气厂普光采气管理区副经理罗江伟说，“即使实施泡排+放喷排液+邻井气举等组合措施，效果也不如人意，严重制约了致密气藏整体开发评价工作。”

转机出现在2024年冬天，专家团队和技术人员反复研讨和多方推演论证，决定对普陆3井实施压缩机气举排液开采方案，利用压缩机将天然气增压后，从油套环空注入井筒，高压天然气推动井筒积液经过油管举升至地面，达到将井底积液排出的目的。经过调试，2025年1月10日，技术人员组织对普陆3井实施气举，该井成功实现连续生产。

大家趁热打铁，于7日后对普陆3井配合压缩机气举，实施周期性连续注入泡排剂措施，效果立竿见影，实现稳定生产，日产气量达1万立方米。截至目前，该井累计增产气量超60万立方米、增产凝析油超30吨。

“压缩机气举+泡排”组合技术的成功应用，不仅解决了普陆3井无法连续生产的问题，而且为解决普光气田其他致密气井类似难题提供了可复制推广的经验，这场创新实践迅速在致密气井引发链式反应，普陆4井、普陆3-1井等通过精心呵护与增产措施，单井累计产气量均超1000万立方米，其中，普陆301H井累计产气量更是超3000万立方米，刷新区块纪录。

### 吃干榨净

随着陆相致密气藏开发逐步推进，生产井普遍面临地层压力衰减、井筒积液与蜡质沉积、地层反凝析加剧等多重挑战。技术团队分析大量生产参数，系统掌握气井生产动态规律，总结形成了一整套“排液+治堵+气举+反凝析防治”的陆相致密气藏高效开发技术。

他们还建立井筒积液“一井一策”管理制度，根据不同气井的特点和生产阶段，制定个性化的排液方案，形成涵盖不同生产阶段的全周期

管理对策，化身“井保姆”。在气井开发早期，采用放喷排液，快速排出井筒内的积液；中期实施泡沫排液+邻井气举，提高气井的携液能力。

“只有不断攻克致密气藏整体高效开发难题，才能把陆相资源‘吃干榨净’。”普光分公司采气厂副厂长吴晓磊说。

针对部分边远陆相气井无法接入集输管网的问题，中原油田探索利用CNG（压缩天然气）回收工艺，气井天然气经过节流加热后，进入气液分离器分离，再进入分子筛脱水橇脱水干燥，通过多级压缩机增压，利用加气柱连接CNG槽车进行充装，并运输至下游进行销售，实现产能释放，确保天然气“颗粒归仓”。目前，仅普陆201H井和普陆1-6H井两口边远致密气井就累计充装气量近500万立方米。

生产管理方面，普光分公司将多措并举开展气井产能评价，摸清气井产量递减规律，建立适合陆相致密气藏高效生产的技术方法，同时，也将持续加强气井精细管理，通过实施连续泡排、增压开采、压缩机气举、清防蜡等多种措施，逐步提高产量。

中原油田在陆相致密气勘探开发方面取得显著成果，为气田的可持续发展奠定坚实基础。截至目前，已有14口陆相井成功建产，累计生产天然气超1亿立方米。据测算，普光气田陆相致密气、页岩气资源量接近海相天然气已探明储量的2倍。

原载

2024年4月7日《中国石化报》第6版

责任编辑

秦紫函

# 中原油田：核磁共振技术 解锁油气开发密码

杨静丽 王璇 侯春红（中原油田）

12月17日，恒温实验室里机器嗡鸣，中原油田勘探开发研究院实验中心技术人员郑佳冰，将一份来自文15-119井的灰褐色岩芯样本缓缓送入核磁共振仪探头中心。蓝色指示灯亮起，屏幕上开始实时捕捉信号。“我们通过模拟不同开发方式，观察岩芯内剩余油的变化，为研究东濮老区稠油动用机理提供支撑。”郑佳冰介绍。

从地下数千米深处取出的岩芯，是认识油气藏最直接的“物证”。今年以来，中原油田引进大口径多尺度核磁共振在线设备，经持续技术攻关，构建起从静态表征到动态模拟、从常温常压到高温高压的全方位实验支撑体系，为非常规油气藏储量精准识别、采收率提升提供关键的技术支撑。

## 给岩芯做检测摸清岩芯“健康状况”

随着油气勘探开发向深层、非常规领域推进，搞清楚岩石内部微小孔隙的结构、精准判断孔隙内油气和水的流动能力，成为提升复杂储层开发效果的关键。

“在医学中，核磁共振是通过磁场和射频波扫描人体内的氢原子，利

用其释放的电磁信号生成图像。”勘探开发研究院技术专家齐桂雪说，“给岩芯做核磁共振的原理也一样。油气和水里面都含有氢原子，核磁设备发出的信号触碰岩石中的氢原子后，氢原子会产生回应，科研人员就能据此反推岩芯内部油、气、水的分布情况，经处理后还能形成直观的谱图，并从谱图里看清微小孔隙的结构。”

更关键的是，这项技术效率远超传统方法。“过去分析一块岩芯的孔隙度、含油饱和度，耗时数天甚至更久。现在用核磁技术，几十分钟就能完成检测，还不会破坏岩芯，测完的样本能继续用于其他实验，样本利用率大幅提高。”齐桂雪说。该核磁系统让单次岩芯分析效率提升10余倍，测试精度达到微米级，与常规氦气法相比，孔隙度测量精度整体提升约14%，为实施更为有效的增产措施提供助力。

## 按需定制方案为不同储层“量体裁衣”

相较于常规储层，非常规储层开发对岩芯分析的需求更为复杂多样。为此，科研团队开展系列技术攻关，建立标准化体系，针对性解决各类储层开发痛点。

团队先厘清了核磁信号和孔隙度的对应规律，制定多套可直接套用的标准流程和解释图版。有了这些基础工具，团队才能对不同类型的储层精准“量体裁衣”。

压驱焖井是低渗油藏常见的开采方式，但压驱后焖井效果的监测一直较为困难。如今借助核磁共振技术，科研人员针对东濮老区濮84块、内蒙古两干新区的低渗储层，通过压驱后焖井渗吸动态核磁监测，能清晰描绘出微观流体的运动规律，为开发方案的动态调整提供可靠支撑。

面对页岩、致密砂岩这类质地坚硬的储层，团队构建完善了核磁—渗吸综合评价体系。这一体系相当于给各类化学剂举办了一场公平的

“性能竞赛”，通过核磁共振技术能清晰、量化地看到哪种化学剂配方渗入得更深、洗油效果更好，从而为现场筛选最佳化学剂提供可靠依据。

## 在线模拟驱替预判“治疗效果”

在油气开发中，驱替效果直接影响最终采收率。传统方法要等后期试采或动态监测才能评估开发方案，不仅周期长、成本高，而且调整滞后。而核磁共振在线分析技术能把这个过程前置，相当于开发前就给储层做“疗效预判”。

针对普光地区碳酸盐岩气藏水侵、能量衰减问题，研究团队用这项技术开展注二氧化碳补能控水全流程在线模拟实验。结果显示，注入的二氧化碳能在这些又硬又密的岩石内部形成一道稳定推进的“气体墙壁”，它能持续向前移动，突破水层封锁，补充地层能量，把深层剩余气“推”出来。经核磁共振在线监测与定量分析，注入二氧化碳可补充约46%的地层能量，显著增强气藏驱动能力。

如今，在难动用储量注气开发中，核磁共振在线分析技术能精细化重现和评估二氧化碳、天然气、氮气等不同注气介质的驱替过程，为优化注气参数、设计气水交替注入策略提供直接依据，实现开发从经验驱动向精准预测的跨越。

目前，该院正联合高校攻关智能解谱算法，搭建油气储层核磁共振大数据智能分析平台，为油气开发提供更智慧的决策支撑。

原载

2025年12月26日《中国石化报》第2版

责任编辑

封雪寒

# 中原油田：自主研发智能分采技术 激活潜力油层

张松才 刘 静 袁 丽 郭 娜（中原油田）

8月20日，鲁西南东明县的田野上，桥5-侧9井抽油机日夜运转。今年以来，这口井累计增油135吨，减少无效液量3180吨。创造这一效益的玄机就藏在井下碗口大小的智能分采装置里。

中原油田自主研发的智能分采技术，如同3000米井下的“智能开关”，能自动辨识高含水层与潜力油层，精准控水引油，成为老油田效益开发的新引擎。截至目前，智能分采技术已在48个区块成功应用，精准识别层系78套，累计降低无效液量38.7万立方米，增油9247吨，为高含水开发后期的油田突破采收率瓶颈提供了关键支撑。

## 勇闯技术“无人区”

历经近50年高速开发，中原油田已进入高含水开发后期，采出液含水率高达94.8%。注入地下的水流，常常沿着“优势通道”窜入井筒，挤占压力较低的潜力油层，把剩余油逼进地层的“犄角旮旯”，致使原油盈亏平衡点难以下降，制约老油田效益开发。

面对困境，中原油田组建专项攻关团队，对油田高含水开发现状展开全面调研，详细了解油井生产情况和堵水过程中遇到的难题。通过海

量数据分析，团队掌握了高含水层和潜力油层的分布特征、窜流规律等关键信息。

一个大胆的想法在团队中萌生：能不能造一个“智能开关”，让它在3000米深的井下精准识别高含水层和潜力油层，在不起下井中管柱的前提下，自主关闭高含水层，打开潜力油层，让油井多产油、少出水，充分释放油层能量？

怀揣着这个想法，团队开启了艰难的探索。他们广泛借鉴国内外相关领域的先进理念和技术，结合中原油田的实际情况，对智能分采装置的工作原理、结构设计、功能实现等进行了一次又一次的论证与优化，最终形成智能分采技术完整方案，向着这片技术“无人区”发起冲击。

### “螺蛳壳”里铸精器

“别说实现精准识别和自动开关了，光是把传感器、控制器这些部件塞进120毫米的井筒，都像在螺蛳壳里做道场。”团队成员、中原油田石油工程技术研究院自动化控制研究中心主管罗代亮说。为了在狭小空间内集成所有功能，攻关团队1毫米1毫米地压缩部件尺寸，光是装置结构就调整了14次。

更棘手的是井下环境：三四十兆帕的压力、120摄氏度的高温，加上富含钙镁离子的腐蚀性流体，普通元器件根本耐受不了这样复杂的环境。“控制电路在常温下好好的，一进高温箱就‘歇菜’。”罗代亮回忆道。

为攻克难关，团队精选耐150摄氏度高温的控制元件和高强度不锈钢材料，针对不同井况开展适应性实验，成功解决装置在高盐环境下信号传输不稳定的问题。为最大限度确保装置入井后的可靠性，他们把每组高温测试从72小时延长到168小时，骨干工程师主动“住进”实验室，开启“白加黑”连轴转模式。历经艰难测试，第一代智能分采装置于2019年在

濮城采油厂濮143井成功应用，采出液含水下降20%，产量实现翻番。

“按照中原油田5.7亿吨探明地质储量计算，采收率每提高1%，就能多产600万吨原油，这对我们意义重大。”油田副总工程师、石油工程技术研究院院长牛保伦说。

## 技术迭代提升功能

新卫107井应用最新迭代的智能分采装置后，仅用20天就完成了3个油层的精准调控，单井日增油2吨，较早期技术应用效率提升40%。这一成果，正是中原油田智能分采技术持续迭代升级的生动体现。

智能分采技术的核心在于在井下精准识别油层与含水层。而这一核心功能的实现，离不开技术的不断迭代，从最初只能两级两段分层认识，到如今可精准调控5个以上层段，从信号传输耗时超120分钟，到现在不到半小时就及时响应，每一次迭代都让核心功能更稳定、高效。

此外，团队发现电池续航也是影响技术规模化应用的关键瓶颈。早期装置电池寿命仅6个月，到期后需起井更换，不仅影响生产，而且增加了作业成本。技术人员通过优化电路设计、采用低功耗芯片，将电池休眠时段的耗电量由毫安级降低到微安级，最终将电池寿命延长至2年。在元器件选用上，最初部分核心部件依赖进口，不仅价格高昂，而且供货周期长。团队对进口元器件进行国产化替代攻关，通过反复测试和调试，最终实现了所有元器件的国产化，摆脱了对进口元器件的依赖。

目前，智能分采技术已更新至第3代，并成功在中原油田54口井应用。其中，“找堵水井下开关器”成果获国家知识产权局发明专利授权。

原载

2025年8月22日《中国石化报》第2版

责任编辑

封雪寒



&gt;&gt;

# 江汉油田：我国首个二叠系页岩气田诞生

夏 梅 刘 浏 曹梦茜 肖伟杰（江汉油田）

近日，江汉油田红星地区超千亿立方米页岩气探明储量顺利通过自然资源部审定，标志着我国首个二叠系大型页岩气田正式诞生。它打开了湖北省页岩气工业化开发的新局面，为打破湖北省“缺煤、少油、乏气”困局奠定了资源基础，对推动鄂西页岩气示范区建设、优化能源结构、助推节能降碳具有重要意义。

红星地区二叠系页岩形成于2.5亿年前，属于生烃条件好的海相页岩，虽然后期历经沧海桑田，但天然气保存相对完好，是有利的页岩气层系。此前，我国投入规模开发的页岩气主力层系为志留系，而红星页岩气田主要勘探开发层系为二叠系吴家坪组，是我国志留系以外探明的首个千亿立方米级新层系页岩气田。

多年来，江汉油田以地质理论创新为引领、以工程技术迭代为引擎，打破“页岩有效厚度30米”下限，持续攻克深层、超深层页岩油气井工程难题，成功开启二叠系薄层深层页岩气勘探开发新局面。

## 从偶然到必然，找最好的“粮仓”

红星地区二叠系的吴家坪组、茅口组页岩虽然厚度薄，但总有机碳

含量高，具备勘探开发潜力。科研人员将有利层从纯地质“甜点”层调整为地质+工程“双甜点”层，产量大幅提高。

2012年，涪陵地区志留系页岩气取得勘探突破。为寻找新的产能建设阵地，江汉油田积极探索新层系新领域，聚焦红星地区二叠系页岩气、复兴地区侏罗系页岩油气开展地质评价研究。

江汉油田勘探管理部相关负责人介绍，勘探初期，初步评价显示红星地区目标储层厚度普遍不足20米。彼时，国内外都将30米作为页岩气有效气层厚度下限。

薄储层到底具不具备勘探开发价值？争议巨大。

科研人员从鄂西到渝东开展大量野外剖面调查，对老井进行复查，发现相比涪陵志留系页岩，二叠系的吴家坪组、茅口组页岩虽然厚度薄，但总有机碳含量高，具备勘探开发潜力。

2018年，常规气井枫1井“路过”二叠系页岩层段钻遇良好油气显示，这次“偶然”，让科研人员坚定了信心。他们解放思想，大胆提出薄页岩也具有商业开发价值。

2019年部署实施的红页1HF井，导眼井发现吴二段、茅四段两套优质页岩。2020年底，红页1HF井吴家坪组页岩测试日产气8.9万立方米，填补了我国二叠系页岩气勘探开发空白，实现了我国二叠系海相页岩气“从0到1”的突破。

随后，江汉油田按照“展开建南背斜、甩开斜坡及向斜区、准备茅口组新层系”的思路，开展红星地区二叠系页岩气勘探整体部署，多口探井钻遇良好油气显示。

2022年9月，江汉油田挑选红星地区页岩厚度大、含气性好的优质区块，按照探明储量提交的要求，论证部署探井和试验井组，启动油田油气勘探“1号工程”——红星500亿立方米增储工程。

“红星地区2000多平方公里勘探面积中，埋深小于3500米的浅层有

利区仅约8平方公里。深层、超深层资源量占比高，且随着埋深增加，储层含气性变好。”江汉油田勘探开发研究院天然气勘探所副所长刘计勇说，想要扩大勘探规模、实现效益开发，向深层、超深层挺进是必然选择。

从红页1HF井3300米，到红页2HF井4000米，直至红页9HF井突破4500米超深层大关，江汉油田持续向地球深部发起冲击。

埋深大，叠加储层薄、地层压力高、非均质性强等因素，导致钻井周期长，钻井及压裂成本居高不下。同时，气井产量偏低，效益开发面临严峻考验。

找最好的“田”，尽可能提高气井产量，是必然要解的题。

“我们对前期每口井的每一段每一簇开展地质工程回顾性评价，分析哪个层压得好，高产有哪些规律。”刘计勇说，“科研人员开展产剖试验，找出每段的产气贡献率，分析高产段的压裂参数。同时，开展岩芯描述，明确裂缝发育、层理缝分布等情况。”

在大量研究的基础上，科研人员明确高硅质段压裂效果更好，于是将有利层从吴家坪组吴二段③中小层这一纯地质“甜点”层，调整为③上-④中小层地质+工程“双甜点”层。

以新思路为指导部署的红页3-2HF井，试获日产23.8万立方米高产气流，比同平台的红页3HF井产量高出近1倍，验证了“甜点”调整的正确性。

### 从难钻难压到高效开采，锻造“十八般兵器”

科研人员通过攻关，啃下高硅质储层这块“硬骨头”，从“打不成”到“打得快、打得准”；制定更加精细的差异化工艺方案，从“压不开”到“压得好”，测试产量实现三年三级跳。

截至9月21日，超深层红页7HF井已连续稳定生产600天，累计产

气量超过3300万立方米。

红页7HF井部署的目的是探索红星地区二叠系吴家坪组埋深大于4500米超深层页岩气，明确地质特征、攻关压裂工艺、落实单井产能。

然而，向地球深部进军，绝非易事。“红星地区储层薄，灰岩多、夹层多、岩石硬，工程实施难度极大。”江汉油田石油工程技术研究院储层改造专家张凡说，尤其是越往深层走，高模量、多夹层带来的难钻难压问题更为凸显。

深层的高硅质硬储层，可谓钻井的“天敌”。“如果把页岩气比作肉，那高硅质储层就是卡在层层肉中间的‘硬骨头’。”江汉油田油气产能建设管理中心钻井管理室主任王圣波说。

红页16-5HF井目的层中间就有20~30厘米厚的“硬骨头”。“岩石硬，钻头损坏严重，钻井速度快不了。”王圣波说，“高硅质储层钻井是世界性难题，没有成功经验可以借鉴。”

对此，江汉油田突破思维定式，从基础理论、工艺设计和集成配套入手，加快工程工艺技术迭代升级。

他们应用智能钻井系统提前预测漏垮风险井段，运用“低密度+低黏高切+随钻封堵+适当专项堵漏”防漏堵漏技术，降低漏垮发生率；优化集成分段控制轨迹调整方法、随钻地震精度校正迭代技术、抗震定向仪器，实现3.1米超薄储层精准穿行；根据钻遇地层层序与地质特征差异，“一井一策”优化井身结构设计。

经过一系列优化升级，红页16-5HF井创红星地区“瘦身井”钻井周期最短、平均机械钻速最快等8项纪录，其中全井优质目的层穿行率达93.2%，为后续压裂改造奠定了良好基础。从“打不成”到“打得快、打得准”，高硅质储层这块“硬骨头”终于被啃下。

目前，江汉油田已基本形成了高研磨高硬度页岩气水平井安全成井系列技术，红星地区复杂时效降低15%，平均钻井周期由2023年的120

天缩短至100天。

钻得好，还要压得好。为了摸清超深层情况，科研人员聚焦灰岩夹层对裂缝影响，开展大量的岩芯分析与物模数模实验，明确了穿层扩体的规律，在如何造好缝上做了大量优化工作。

“我们开展地质工程一体化攻关，工程向地质延伸看岩芯，地质向工程延伸跑现场，开展已压裂井回顾性评价，一段一分析，一井一总结，制定了更加精细的差异化工艺方案。”张凡说。

在此基础上，他们通过“精细控黏”扩大裂缝面积，沟通更多有机质团簇；通过“精细控砂”增加支撑缝长，提高储层供给能力；通过“精细控缝”促进裂缝扩展，增加改造体积。

通过攻关优化，深层高模量多夹层页岩实现由“压不开”到“压得好”，关键参数大幅度提升，埋深从3300米到3900米再到大于4500米不断突破，单井测试日产量从8.9万立方米提升至32.35万立方米，实现三年三级跳。

### 从摸索到落地，建立新层系页岩储量体系

科研团队力求真实还原储层性质，获取孔隙度、含气饱和度等关键储量参数；制定严密的单井生产管理制度和动态监测方案，保障连续安全试采作业，为储量成功提交提供了实证依据。

“工作了20多年，终于提交了真正属于我们自主勘探、自主评价的大型页岩气田！”谈及红星地区二叠系页岩气田成功提交探明储量，江汉油田勘探开发研究院战略规划所副所长潘利生难掩激动之情。

成果来之不易。作为国内新层系发现的首个页岩气田，每一步都可谓“摸着石头过河”。

“最开始大家心里真没底。”刘计勇说，“储量提交绝非‘拍脑袋’决

策，需要大量可靠数据支撑。二叠系页岩非均质性极强，储层参数在纵向几厘米范围内就可能剧烈变化，导致测试数据波动大，关键解释参数常与实测曲线无法拟合，严重阻碍储量的精准求取。”

面对这道难题，科研团队迎难而上，他们精细筛选测井数据，加密取样点，对岩芯进行厘米级精细描述，并严格筛选最具代表性的样品进行实验分析，力求真实还原储层性质。通过不懈努力，他们成功建立了可靠的测井解释模型，获取了孔隙度、含气饱和度等关键储量参数，为储量估算奠定了坚实基础。

在核心参数含气量的获取上，团队更是力求极限精度。江汉油田超前部署了保压取芯井红页9HF井。潘利生解释：“常规取芯过程会导致含气量不同程度散失，保压取芯能在最大限度保持地层原始压力的状态下获取岩芯，确保参数的原始性和精确度。”

储量提交的另一个硬性标准是连续3个月的稳定试采。现场技术团队制定了严密的单井生产管理制度和动态监测方案，实施全过程、全时段、全流程现场跟踪。他们系统录取流压、产气剖面、流体组分分析及细菌监测等关键数据，建立了“一日一表、一日一报”的高频动态分析机制，保障了连续安全的试采作业，为储量成功提交提供了实证依据。

在二叠系吴家坪组取得突破的同时，江汉油田在茅口组部署的风险探井红页茅1HF井试获日产6.45万立方米气流，取得国内二叠系另一个新层系页岩气勘探突破，2023年提交预测储量超千亿立方米，有望成为新的增储阵地。

下一步，江汉油田将加强勘探开发一体化评价与部署，深化基础地质、开发技术、工程工艺等关键技术攻关，持续拓展吴家坪组页岩气增储新区带，积极培育二叠系页岩气规模建产新阵地。

原载

2025年9月22日《中国石化报》第6版

责任编辑

程 强 秦紫函

# 江汉油田：“强装备+优技术” 打造页岩气开发“新样板”

谢 江 王 斌 黄 迪 箫 笙 赵 春（江汉油田）

11月7日，江汉油田涪陵页岩气田焦页44-Z5HF井完成压裂、连续油管钻塞等作业，顺利完工。该井完钻井深8517米、水平段长5442米、钻井周期53.88天，树立了页岩气高效开发的新标杆。在此过程中形成了水平段长超5000米的超长水平井安全高效钻井配套集成技术体系，为页岩气超长水平段施工积累了宝贵技术经验。

焦页44-Z5HF井顺利完钻，有力促进了涪陵页岩气田提高储量动用程度和采收率，实现长期稳产目标，为页岩油气高效开发提供“新样板”。此举不仅验证了工程极限施工能力，更深度践行了“少井高产”开发理念，有效提升了单井EUR（估算的最终可采储量）指标。

## 超长水平井技术持续迭代 支撑钻井方案实现最优

要想成功实现超长水平段钻进目标，井位选择是关键。

水平段超过3000米就是超长水平井。在江汉油田涪陵工区，经过10余年的技术迭代，超长水平井数量非常多，江汉油田积累了大量的技术储备、施工能力、现场经验，并形成一套选井技术标准。2022年底，涪陵页岩气田焦页18-S12HF井水平段达到4286米，刷新当时页岩气水平

井段长国内纪录。

“我们不仅有信心，更有实力和优势。”江汉油田工程技术管理部经理张玉强介绍。在焦页44-Z5HF井设计之初，他们牵头组织地质、钻井、压裂、安全等专业的权威专家进行5000米以上水平段施工可行性论证，基于随钻测录导一体化、井下工况实时诊断、钻机能力动态评估等技术，对地质构造、井筒状况、工具仪器状态及钻机负荷余量进行系统分析，一致认为具备地质条件、技术可行且风险可控，因此首次设计5000米以上水平段的页岩气水平井。

张玉强介绍，井位选择时，地质上要求地层走向比较平缓，不能有太多太大的波浪，更不能有断层，根据地质人员利用建模数模一体化技术构建的“透明”气藏模型，最终优选出焦页44号区块的龙马溪组下部优质页岩层，敲定了井位。

地质上满足条件，钻井工程施工能否达到要求也是方案需要考虑的一环。技术人员利用数值模拟与动态推演技术，模拟方案的可行性，优化井眼轨迹与钻井参数，让方案达到最优。

“水平段太长，出现不可预见异常，处理起来难度系数很大。”江汉油田产建管理中心钻井专家代永波介绍。在3000多米的水平段施工中，有很多经验或方法，而此次水平段长度以前没有施工过，无处理经验，如果出现异常情况，导致工程施工复杂，应该如何处置？不仅是钻井施工，压裂施工是否有配套的设备、工艺，可以完成压裂和试气？

面对这些难题，江汉油田技术团队集思广益、大胆假设、小心求证，全面分析邻井资料，运用地质工程一体化智能预警技术，进行细致风险评估，多次研讨优化，通过反复推演与多方案比选，最终形成钻井工程方案。

## 超深井高性能装备配套技术 满足极限施工需要

工欲善其事，必先利其器。

为顺利完成本次钻井施工，江汉油田依托超深井高性能装备配套技术，形成“强动力—精控固—智操控”三位一体配套技术体系，提升超深地层钻探动力和钻井液净化能力，实现超5000米长水平段高效钻进。

该技术明确超长水平段延伸的设备选择标准，要求施工方优选装备和配套设施。

长水平段施工中，钻具更长导致井下摩擦阻力增加，影响正常钻进。江汉油田加强攻关，迭代升级水平段降摩减阻技术，优化钻具组合及清砂短节布局，强化随钻清砂并实时监测岩屑浓度、分段循环清砂，降低摩擦系数，保障超长水平段钻具安全，应用“扶正器优化+减阻剂”，解决套管下入摩阻大的难题。

钻井液性能直接与井下摩擦阻力挂钩，必须在降低井下摩擦阻力上想办法。江汉油田应用高性能润滑钻井液技术，要求施工中加强钻井液性能控制，优化钻井液配方，达到延伸钻进长度目的，满足钻井方案设计。

“8000多米的井深，钻屑能不能携带出来，关系着钻进能否顺利进行。”代永波说，通过水力参数优化与携岩效率模拟技术，根据井眼、钻具尺寸、转速等条件下的携岩排量，得到相应井深条件下的泵压和泵功率，给出泥浆泵排量的具体参数，方便施工方选择合适的泥浆泵设备，让井底钻屑随着钻井液从井底循环出来。

同时，江汉油田利用固控系统技术分析，得出固控设备的所需配置，整体换装负压振动筛，增加振动筛筛布的目数，控制钻井液循环系统中细微小颗粒有害固相，避免其流入钻井液，增加摩擦阻力，进而提升钻井液流动性。

不仅是钻具和钻井液，导向工具、钻机顶驱配置、地面工具设备、井下作业工具等配套硬件，每个都优中选优，为施工打造精良“武器库”，有力保证施工顺利进行。

## 科学钻井优快技术加持 打得快、打得好

水平段初期的施工质量，对后面延伸起到关键作用。

在即将进入水平段施工的时候，团队每天上午定时讨论，工程、地质、科学钻井、监督、施工方等方面的人员在一起使用科学钻井平台和软件对前一天的施工进行总结，对当日可能钻遇的地层进行研判，安排当日的工作。

针对超长水平井裸眼井段长、地层薄弱点多、受邻井压裂造缝影响等特点，技术团队成功应用微纳米预封堵防塌技术，通过优选不同粒径刚性封堵材料，复配超级石墨、油溶性沥青等可形变防塌材料，实现井壁纳米—微米—毫米全粒径致密封堵；优选一体式乳化剂、液体降滤失剂、流型调节剂等高效处理剂，确保超长水平段施工井壁稳定。

在施工至水平段5084米时，遇到突发情况，钻井液发生细微的漏失，在下达停工指令后，江汉油田组织现场和后方的各路专家，通过“线上+线下”的方式分析原因，认为这次漏失风险较小，在可控范围内，采取随钻堵漏技术，加随钻堵漏剂，紧盯参数变化，摸索着边钻进边观察，最终漏失情况消失，因为异常发现及时，处置得当，钻进得以继续顺利进行。

“除水平段延伸外，还要保证轨迹平缓，兼顾穿行率，为后期压裂改造储层提供良好的条件。”张玉强说。应用三维长水平段井低摩阻轨道设计方法，结合水平段地层产状、防碰要求、异常曲率等，优化了轨迹控制技术要求和钻具组合，以“旋转导向+地质模型实时修正”应对超长

水平段轨迹偏移挑战，形成了地质复杂情况下三维立体开发超长水平段水平井轨迹控制技术，使钻进轨迹最大限度满足地质构造的需求，实现穿行率与钻进速度统一。该井精准高效完成水平段轨迹调控，工程优质推进并安全完钻，地质、工程“双甜点”靶窗穿行率高达99.4%，为页岩气高效开发提供了范本。

原载

2025年12月2日《中国石化报》第8版

责任编辑

季佳歆

# 河南油田：打造科技利器 唤醒“沉睡”储量

常换芳 雷 琳 秦 玲（河南油田）

11月21日，河南油田科研基地的办公室里，一场围绕“新一轮增产措施优化”的技术研讨会正在进行。由地震资料解释、三维地质建模、油藏描述领域技术骨干组成的三大攻关团队，聚焦不同开发场景的技术升级方向深入交流，为油田持续增产谋思路、找对策。

自2022年起，河南油田立足老区开发痛点，发挥博士后工作站人才技术优势，组建专项团队开展系统性研发与现场应用。经过3年持续攻关，在资源拓展、薄差层动用、稠油开发三大核心领域取得突破性进展，形成10余项行业先进开发技术，成功唤醒500多万吨“沉睡”储量，以科技创新为油田高质量增产注入强劲动能。

## 特色技术支撑，拓展增产阵地

“春67-1H井投产4个月至今仍稳定出油，咱们的储层预测技术经受住了生产检验。”看着最新的生产数据，油田地震资料解释专家张新超及其团队备受鼓舞。该技术自2023年研发成功后，经过多口井的生产验证与优化迭代，今年已实现规模化应用，成为该油田拓展资源增长空间的利器。

春光探区油藏边界附近油气富集、剩余油集中，是新井部署的核心潜力区，但该区域储层厚度减薄、多类型油藏交织，准确刻画油藏边界一直是制约增产的行业难题。为破解这一难题，张新超团队毅然接棒攻关。他们用3个月系统梳理春光探区所有地质、地震资料，从海量数据中挖掘隐藏规律。历经五六轮实验迭代，成功研发高清地震提频处理、地震波形模式识别等特色技术，精准判定油藏类型，勾勒薄储层分布范围、砂体形态及油水边界，为新井部署提供精准靶点。

技术赋能下，增产效果立竿见影。今年以来，团队在春光探区古近系和白垩系落实5个有利条带、19个圈闭目标。随着一批新井陆续投产，春光探区的资源“粮仓”持续扩大，成为油田重要的增产阵地。

### 打破行业定律，高效动用“隐形储量”

“不尝试就没有突破，1.5米的薄差层照样能高效动用！”谈到河南油田双河区块首口薄层水平井泌188-3H井，油田三维地质建模专家李伟才说。该井打破了水平井开发油藏极限厚度3米的行业定律，为老区薄差层储量动用开辟了新路径。

历经近50年开发的双河区块，上倾区剩余油藏厚度均在3米以内，被视为难动用储量。若采用传统直井开发，需钻大量井眼才能控制储量，成本高、效益差，无法实现效益开发。“难道3米就是不可逾越的红线？”带着这样的疑问，李伟才带领薄差层油藏效益动用团队大胆探索：“用水平井技术，或许能实现突破！”

2022年，团队将双河区块油层最薄、生油条件最差的下二门梨树凹作为首个试验点。从油藏精细描述到靶点精准设计，每一个数据都反复核验，最终成功部署水平段长度近千米的泌188-3H井。2023年，该井顺利投产，用实际产量证明了技术的可行性。

如今，这项薄层水平井开发技术已在双河、魏岗、古城、王集等区块推广应用，60万吨薄差层“隐形储量”重焕生机，成为老区稳产增产的重要支撑。

## 精准定位“甜点”，激活稠油宝藏

“春垩17-4H井的靶点位置得调整一下，避开储量空白区，确保精准命中高产油层。”11月20日，油田油藏描述专家樊晓伊拿着井位部署方案与团队成员沟通。作为油田西部中深薄层稠油效益开发带头人，她的任务是唤醒河南油田西部白垩系储层“沉睡”的千万吨稠油宝藏。

白垩系储层沉积特征复杂多变，油层像千层饼一样相互交织，正常生产井数量少，效益开发难度极大。樊晓伊带领团队从开发构造、油井产能、地震波形等维度入手，对100多口生产井进行系统分析，彻底摸清了白垩系储层的家底。

经过持续攻关，团队创新形成多剥蚀面地层精细对比、三角洲水下分流河道定量表征等技术，建立起中深薄层特超稠油储层分类评价标准。2023年，他们在该区域部署24口水平井，新增大量动用地质储量。今年，樊晓伊又带领团队成员深化采油技术攻关，前10个月，在春垩1704井区增油近1万吨，为稠油规模化增产提供了技术支撑。“千万吨储量正在一点一点转化为实际产量，我们还要继续深耕技术，寻找更多开发‘甜点’。”樊晓伊说。

原载

2025年11月25日《中国石化报》第2版

责任编辑

封雪寒



&gt;&gt;

# 江苏油田：将AI技术成功应用于 油气勘探领域

王庆辉 闵建国（江苏油田）

在科技发展的时代浪潮中，石油勘探领域正经历着一场意义深远的技术变革。今年2月，江苏油田物探研究院基于最新的高邮凹陷大连片地质剖面资料，提出了全新的井位，其中关键的信号波速度建模环节是由人工智能完成的。这是江苏油田首次将人工智能技术成功应用于油气勘探领域，开启智慧勘探的新时代。

科研人员研发的基于复合神经网络的速度谱智能解释技术能够更迅速、精准地剖析地球物理数据，识别复杂的地下地质结构。他们使用先进的人工智能处理技术对面积达2600平方公里的高邮凹陷连片三维速度谱展开分析，仅需8.3秒即可完成拾取，且预测精度高达90%以上，相比常规方式效率提升600倍以上。

## 布局人工智能应用

地球物理数据的采集、处理与解释，是油气勘探的首要工序，也是关键的环节。

这项工作需要对海量数据进行全面采集、精心处理和深入解释，加之苏北盆地“小、碎、贫、散”的复杂特性及多解性难题，使物探数据

处理解释工作不仅需要投入大量的人力和时间成本，而且在很大程度上依赖科研人员的经验判断。

近年来，随着江苏油田勘探开发不断向“低深隐难”的复杂区及非常规领域进军，对效率更高、判断更精准的物探技术需求愈加迫切。

科研人员充分借助信息化、智能化技术的强大力量，加快培育新质生产力，制定了“数字基建工程、数字互联工程、数字智联工程”的发展规划。

“我们充分发挥人工智能技术的优势，加快构建新一代以数据为核心的智慧物探新格局，推动科研范式从传统的经验主导模式向数据驱动模式转型，让油气勘探的步伐更快、目标更准。”江苏油田物探研究院党委书记李书瑜说。

2023年，顺应老区勘探开发的迫切需求及数智化转型发展大势，江苏油田设立了“人工智能在石油勘探地球物理数据建模中的应用”课题。他们组建了专业的人工智能研究团队，并制定了全面系统的人工智能技术应用规划，积极探索研究人工智能在构造解释、噪声压制与信号增强、储集层参数预测、物探资料正演反演等多个关键领域的应用，为人工智能在油气勘探领域的广泛应用奠定了坚实基础。

### 炼成“找油学霸”

信号波速度建模是实现高精度地层成像的核心关键。通过信号波反射速度这一关键参数，科研人员能推算出地层各区域的密度、硬度和渗透率等重要信息，进而清晰判断出在千米地下哪些区域是坚硬的岩石、哪些区域断裂发育、哪些区域可能蕴藏着宝贵的油气资源，从而绘制出精准的地质剖面图，为油气勘探开发提供依据。

以高邮凹陷连片三维速度分析建模为例，采用常规方法，需要每

0.64 平方公里计算一个速度点，共计 121 条线 10129 个计算点位。每个计算点位都对应着地下数千米的深度，后期还需要进行多轮次的校正、扫描、加密等繁琐工作。

对此，项目组探索应用人工智能进行智能解释。项目组探索应用基于复合神经网络的机器学习和深度学习算法，对大规模的信号波反射速度数据展开深入细致的分析，让人工智能学习找油秘籍。

为了让人工智能学习更加精准高效，项目组在算法优化、样本设置、高效训练 3 个关键方面下功夫，让人工智能从“石油小白”锻炼成“找油学霸”。

在算法优化方面，科研人员巧妙地将速度谱拾取工作创新转换为图像识别，将速度谱能量团图像作为识别目标进行精准检测，通过复合神经网络模型深入学习速度谱能量团图像的独特特征，然后将拾取的像素点巧妙地转换成时间—速度对，从而成功实现了速度谱的智能化拾取。

“我们将处理解释的规律，通过图像识别、特征提取、特征融合等手段，更精准地转化为算法规律，将地质谜题转化为数学方程，让人工智能像科研人员一样思考。”江苏油田物探研究院资料处理党支部书记、人工智能团队技术首席许冲说。

在样本设置方面，项目组深入研究总结火成岩及断裂带、多次波发育区等不同地质构造和不同资料品质条件下的速度谱成像规律，精心制作了 500 张速度谱样本图像，就像真题试卷，为机器学习提供了丰富而精准的学习素材。

在高效训练方面，项目组强化人工智能学习训练，并加强智能拾取和人工拾取之间的实战对比分析，不断调整优化参数，促进人工智能不断进化，最终得到高精度速度模型。

经过近两年的探索实践，他们利用人工智能实现速度谱的自动、高精度拾取，不管是工区高覆盖、低覆盖位置处的速度谱，还是火成岩、

小断裂等复杂构造位置处的速度谱，均实现智能拾取，与人工拾取到的能量团位置及速度趋势吻合度可达90%以上。同时效率大幅提升，以往需要5个人组成团队耗时40多天才能完成的工作，如今不到10秒就能完成。

## 应用于复杂勘探领域

初至波是非常重要的信息参数，处理分析受复杂地带、复杂山区影响颇大，常规方式存在拾取率低、精度低、容易错层等问题。

物探研究院资料处理一部副主任潘成磊带领团队应用人工智能技术，探索出SSFM大模型的应用，不仅将效率提高了20%，而且提高了远偏低信噪比区初至波拾取有效性，可以有效剔除复杂山区、复杂地带影响。

2024年底，在对黔南—桂中2900平方公里新探区的物探资料重新处理解释过程中，科研人员应用人工智能技术，有效增强重点部位成像效果，助力江苏油田科学部署首口页岩气风险探井——凤页1井。

目前，江苏油田进军智能物探研究领域，已探索研究应用智能化物探资料处理、智能化物探资料解释两个系列12项特色技术。

“下一步，我们将按照整体设计、分步实施的原则，加快人工智能应用步伐，择优选取处理、解释两个环节15个场景作为中长期智能化方向，提升勘探开发效率和效益。”李书瑜说。

原载

2025年3月24日《中国石化报》第6版

责任编辑

秦紫函

# 江苏油田：高精度坐标“透视”地下油气藏

徐博詒闻 聂礼尚 徐焕友（江苏油田）

3月，江苏油田在广东徐闻探区新钻采油井时，科研人员应用2000国家大地坐标系准确定位钻井层位置，确保钻井轨迹精准穿透油气富集区。

相较于原先使用的北京54坐标系，应用2000国家大地坐标系的地下三维构造误差可从近80米缩短至厘米级，这相当于从模糊辨认街区到精准识别门牌号。江苏油田成立坐标系应用系统建设项目组，开展技术攻关，成为中国石化首家在油气勘探开发全链条应用该坐标系的单位。

## 坐标革新破解定位困局

在江苏油田科研人员的电脑屏幕上，地下3000米处的地震数据、测井数据、工程数据一目了然，断层位置、地层情况清晰可辨，这种“地质透视”能力在应用2000国家大地坐标系后得到了增强。

在日常生活中，想去哪里，利用地图导航App搜索后，目的地周边的道路情况一览无余。同理，2000国家大地坐标系就是油田勘探开发的地图导航。北京54坐标系、西安80坐标系、2000国家大地坐标系，像是地图的1.0、2.0、3.0版本。算法的优化、测量技术的改进，让钻井靶

点的精度不断提升。

江苏油田水网密布，数千米深的油藏犹如立体迷宫。钻井轨迹偏移坐标数米，便有可能与油层失之交臂。当勘探目标从浅层构造转向深部隐蔽油藏，传统坐标系的百米误差已如迷雾遮眼，坐标迭代成为破局关键。

为了响应国家要求，同时提高勘探开发的坐标精度，2024年初，江苏油田成立2000国家大地坐标系应用系统建设项目组，人员涵盖地质、物探、开发、地理信息等各专业，通过开展技术攻关，2024年12月，油田坐标系成功转换到2000国家大地坐标系。

## 参数攻坚突破转换瓶颈

“坐标系的转换涉及地质、物探、油藏等多方面，数据繁杂，环节众多，转换难度较大。”江苏油田高级专家蒋阿明说。

科研人员数次走访地方测绘部门专家，查阅大量文献，进行技术调研、分析论证后，梳理出工作流程，明确转换工作各阶段时间节点，主要工作包括求取2000国家大地坐标系转换参数、转换工区成果数据、建立坐标转换平台等。

从北京54坐标系到2000国家大地坐标系，常使用布尔莎七参数充当转换媒介。“布尔莎七参数是2个坐标系转换时的对应数值。就好比苹果系统和安卓系统在进行数据转换时，需要借助第三方App一样。”江苏油田研究院云资源服务部主任陆明华介绍。

项目组在油田探区内布设了85个控制点，横跨江苏水网、两广密林，凭借这些控制点，计算出布尔莎七参数的数值。

当布尔莎七参数跃然屏上，项目组既激动又深感压力。检查参数是否准确，是他们遇到的第一个考验。

项目组科研人员采用4种方法对布尔莎七参数进行误差分析和结果质量控制，构建起严密质量控制体系，结果显示平面精度校验在0.06米以内，较行业标准提升一个量级，其测量精度就如同在太湖水域精准定位一片柳叶的位置坐标。

为确保野外测算控制点的精准性，项目组将控制网成果送至自然资源部审核。自然资源部出具的数据处理报告显示，江苏油田控制网精度远高于国家和行业标准，参数转换获得成功。

### 无缝对接让数据整体迁移

在江苏油田研究院数据处理中心，科研人员正在将年代久远的成果图件，逐帧矢量化，让其在新坐标系中重现。“现在我们要赋予地震数据新的时空坐标。”地理信息研究员任红民轻点鼠标说。

确定了布尔莎七参数后，如何将原有数据成果准确无误地更新至2000国家大地坐标系，成为项目组成员面临的第二个考验。历经50年勘探开发，江苏油田的井位资料、地震资料、成果图件数据量大、格式繁多。

“坐标转换如同给运行中的列车更换轨道，既要平稳过渡，又不能停运。”任红民说。项目组创新采用“双轨并行”策略，保留北京54坐标系的老工区，建立2000国家大地坐标系新工区，通过给地震原始数据建档，在确保地震数据精准转换的同时，兼顾油田日常生产。

经过科研人员的不懈努力，1.9万余口井位、250个地震工区顺利完成迁移，江苏油田2000国家大地坐标系建设取得成功。

“往年，我们上交勘探开发成果数据时，需要通过坐标转换平台转换到2000国家大地坐标系上报，以后可以直接用新坐标系的数据进行申报了。”江苏油田研究院主任师赵高攀兴奋地说。

成功应用2000国家大地坐标系后，江苏油田可实现与兄弟企业、相关政府部门基础资料无缝对接，不仅能降低勘探成本，而且可进一步提高生产效率。

 原载

2025年4月2日《中国石化报》第2版

**责任编辑**

张 炅

# 西北油田：超深井高效完井技术打开深部资源的“金钥匙”

庄光伟 王福全 邹 容 王 森（西北油田）

3月22日，塔克拉玛干沙漠腹地顺北油气田，春意盎然。在绵延起伏的沙海中，井架高耸，施工人员正在顺北6-9斜井开井测试。

“这是2025年顺北油气田完井作业的第三口井，也是实施钻衬一体化新工艺的先导井，意义重大。”正在井场忙碌的西北油田完井测试管理中心HSE副总监兼安全井控室经理李洪文说。过去一年，顺北油气田实施完井作业36井次，作业一次成功率达到97.3%，创历史新高。顺北6-5X井等创造的刮管器最大下深深度、连油射孔最深深度等工程指标，先后刷新完井作业国内纪录。

厚积方能薄发。

2014年7月，顺北油气田第一口重点探井顺北1井完钻。从那时起，超深井完井便开启集智攻坚模式，积极应对地质结构异常复杂带来的诸多世界级挑战，先后在顺北断控缝洞型油气藏高产井完井工艺、破碎带衬管完井工艺、安全完井试油工艺、超深井动态监测工艺、井下复杂处置等方面取得了重要技术突破，逐步创新形成了国内领先的超深井高效完井系列技术体系，10余项完井指标刷新国内外纪录，为高效高质量“向地球深部进军”提供了强力支撑。

## 创新集成 打造深地完井神兵利器

西北油田针对顺北油气田超深、高温、高压等复杂地质条件，通过持续技术创新，攻克了完井作业中的多项难题。为解决封隔器在7500米深井中的失效问题，技术人员先后研发出耐温177摄氏度、耐压70兆帕和耐温204摄氏度、耐压105兆帕的新型封隔器。通过持续的技术迭代和管理创新，2024年顺北油气田完井一次成功率提升至97.3%。

顺北53-2H井，连续油管生产测井下深8808米、井斜89.02度，创亚洲大斜度水平井生产测井最深纪录；

顺北4-5H井，裸眼多级分段完井深度达到8850米，创裸眼多级分段完井亚洲最深纪录；

顺北8-7X井，套管封隔器下深8020.09米，创中国石化西北工区套管封隔器下深最深纪录；

.....

上天不易，入地更难。完井作业是钻井工程的最后一个环节，就像打开油气储层空间前的“临门一脚”。顺北油气田地质具有超深、高温、高压、漏失、破碎、非均质六大特性，每一种特性都给完井作业带来全新挑战，多种因素叠加，难度系数倍增。

面对“深地一号”高质量勘探开发需求，西北油田坚持通过科技创新与技术集成打造“深地工程”完井领域的神兵利器，穿越近万米深层，在“地下珠峰”峰尖打开超深层油气空间，让油气高效流出“地宫”。

封隔器是完井作业中的关键工具，主要用来封隔生产层段、保护套管。目前，顺北油气田已使用15种类型260余套封隔器，综合成功率94.4%。通过持续的技术迭代和管理创新，2024年顺北油气田完井一次成功率提升至97.3%，创历史新高。

“封隔器通常要下到地下7500米深处，在超深、高温条件下，可能

出现下入遇阻、中途坐封、坐封失效、失封窜漏、解封阻卡等问题，处置解决通常需要5至7天，严重影响正常完井效率。”西北油田完井测试管理中心工艺技术所所长周生福说。

手捧“瓷器活”，唯有打造出“金刚钻”。

2016年，初入顺北，在塔河油田应用成熟的封隔器配套技术便出现“水土不服”。顺北一区勘探开发中采用的“小尺寸、高钢级、薄壁厚”油层套管，一时找不到性能可靠的高温高压套管封隔器进行配套。

针对这一难题，技术人员耗时5个多月开展课题攻关，先后在解决封隔器胶筒橡胶材质、水力锚锚定力等方面取得了技术突破，形成了耐压70兆帕、耐温177摄氏度的新型封隔器，以及水力锚、压井滑套、球座配套等多项工艺技术成果。新成果在顺北一区应用12井次，完井成功率达到100%。

2018~2022年，顺北二区4号断裂带投入开发。面对深度更深、温度和压力更高，以及挥发性油藏变为凝析气藏等新的地质情况，封隔器在多口井不同程度地出现替液异常、工具失封等问题。

技术人员剖析异常工具结构，多次开展替液模拟试验，最终确定胶筒结构硬度不合理是造成异常的主要原因。他们创新设计出一体式芯轴、双向自适应锚定密封结构，优化改进“三胶筒+双护碗”胶筒结构，并将中胶筒材料硬度由70度提高到90度。多管齐下，耐压105兆帕、耐温204摄氏度的高性能完井工具应运而生。新工具在顺北油气田累计应用118井次，成功率达到96.61%。

目前，西北油田针对顺北油气田特殊地质结构，与设备厂家、研究单位联合研发出SLP、SHLR等5种耐高温高压的国产高性能封隔器，可满足不同井身结构、重浆及高含腐蚀介质等工况下的完井作业需求，相关成果获得4项国家专利，发表相关论文6篇。

完井关键核心技术就像一道道门槛，迈过去就是门，迈不过去就是

坎。近年来，西北油田以科技创新为牵引，先后攻克了超深井分段压裂、破碎带井壁支撑等完井作业中的重点难题问题，研发、升级或集成各类工具36套，覆盖了完井作业中涉及的井筒作业等各个环节，打造形成了深地工程完井领域的技术和装备体系，为“深地一号”油气储量产量快速增长提供了重要支撑。

## 理念牵引 推动精细管理强基提效

西北油田通过管理创新提升完井效率，推出“五维14向井眼评价工作法”，从5个维度14项指标评估裸眼通过性，优化工艺选择，已应用135井次。同时，细化“全时开井”模式，2024年增油2850吨、增气35.7万立方米。通过流程优化和时效管理，前置通井51井次，累计节约56.5天，复杂地层衬管到场时效缩至12小时内，推动完井作业提质增效。

“打造‘金刚钻’，不能只依赖一项或几项‘独门武器’的卓越表现，更应放眼全局不断创新管理模式，强基提效，推动提升油田完井业务的核心能力。”西北油田完井测试管理中心经理柳志翔说。

2024年10月，顺北6-8X井，井深8862米。技术人员采用“五维14向井眼评价工作法”，计算出这口井裸眼通过性评价得分为83分，再对照模板给予工艺建议，经过研判，最终采用免通井、刮衬一体化工艺进行完井作业。该井成功获得油气突破，初期日产液90立方米、天然气20.1万立方米。

这种“对症开方”的快速诊断方式，得益于近两年西北油田完井测试管理中心创新实施的“五维14向井眼评价工作法”。

2023年以来，围绕推动完井提速提质提效、更好服务深地油气勘探开发的目标，完井测试管理中心进一步创新管理方法，从完井作业“井径扩大率、井斜-狗腿度、裸眼段长度、破碎带-放空、通井摩阻”5个

主要维度入手，划分细化14项重要指标，构成裸眼通过性“五维14向井眼评价工作法”，同时，配套升级完井工艺、泥浆管控机制、沟通联动策略，多点协同发力，构建新技术应用运行平台。

“自2023年二季度实施新的评价工作法以来，累计实施135井次。特别是针对‘一开制、穿泥岩、长裸眼、破碎带’为主要特征的侧钻水平井，底部支撑管柱到位率得到大幅提升。”周生福说。

通过管理创新，传统工作法也在不断细化和升级。

2022年，西北油田立足“早开一天井，多收一方气”增产理念，通过试油流程入地预埋的方式，实现钻机拆甩、搬迁期间全天候开井，力争测试期间天然气“颗粒归仓”。

近两年，完井测试管理中心梳理分析稀油井及稠油井测试特点，通过融入安全要素、细化梳理边界条件，采用“错时间、错空间、硬隔离”方式进一步细化差异化安全管控措施，总结形成稀油井全时开井、“稠油井—场内掺稀”全时开井、“稠油井—场外掺稀”全时开井三种模式，在保证安全生产的同时最大程度推动完井提质增效。2024年，三种全时开井模式推广应用再获佳绩，全时开井50井次，增油2850吨、增气35.7万立方米。

在高质高效策略引领下，西北油田完井工作坚持以精细管理推动强基提效向深向实。2024年，“前置优化、协同优化、并行优化、管理工具优化”四大工作模式流程优化再升级，实现前置通井51井次、前置物资保障226井次，累计节约56.5天；建立分藏分类完井周期对比模板、标准化归因12类时效延误因素，挖掘时效提升点6项，制定12项针对性措施，时效延误指标较2023年减少202.32天；推动复杂地层衬管工艺管材、预警保障机制升级，支撑保障到场时效缩短至12小时以内。

## 风险管控 强势管理筑牢安全屏障

西北油田在顺北油气田推行“手指口述”安全确认法，通过脑想、眼看、手指、口述确保作业安全，已应用187井次。同时建立30余名驻井项目工程师分级管理制度，匹配风险井等级，并设置30分钟应急响应机制，2024年处理64井次异常情况。这些措施保障了超深井完井作业安全，十年间成功开启百余个深层油气空间。

“封隔器工具本体编号与合格证编号一致。”“工具试压报告、试压视频与到井工具一致。”3月15日，在顺北62斜井，项目管理工程师朱志异按照驻井职责，通过“手指口述”安全确认法进行检查，同时录制视频发到单井工作群，作为现场履职的评价依据。

“手指口述”安全确认法是完井测试管理中心针对项目管理工程师日常安全履职的一种过程监督新方式。

作为世界陆上最深商业开发油气田，顺北油气田目前已知最大关井压力达到131.9兆帕，相当于在指甲盖大小的面积上停着一辆1.3吨重的汽车。井控安全，尤为重要。

生产作业现场是安全管理的主战场。2022年5月，完井测试管理中心在顺北油气田现场安全管理中开始实施“手指口述”安全确认法。驻井项目管理工程师通过脑想、眼看、手指、口述等方式，按照安全操作流程对每一道具体工序进行确认，推动形成规范习惯，提升作业安全水平。

“近几年，我们将‘手指口述’安全确认法广泛应用于顺北油气田完井工具、射孔火工品、绳缆作业等日常安全检查中，累计应用187井次，已固化为驻井安全管理的新模式。”西北油田完井测试管理中心完井测试项目管理部高级主管赵忠辉说。

西北油田派驻顺北油气田负责完井工作的项目管理工程师有30余名。

作为“深地一号”井控安全管理的重要关口，项目管理工程师必须要有能力和水平。“我们依据钻完井工艺掌握程度、标准规范掌握应用水平、重点项目业绩贡献等20项指标，从5个方面对项目管理工程师进行能力验证，划分三个能力等级，每年进行鉴定和评级，推动项目管理工程师履职到位。”西北油田完井测试管理中心安全井控室副主任杨云龙说。

管理人员按照项目管理工程师的级别匹配对应等级的风险井。项目管理工程师依据完井测试项目管理工程师操作手册、异常复杂井案例汇编、项目部管理手册等六大专业安全风险预防管控清单，对重点井进行安全管控。

针对现场作业中的异常突发情况，完井测试管理中心还建立了现场复杂工况应对机制。如发生异常，无论白天还是深夜，驻井项目管理工程师将在30分钟内发起视频会议，邀请中心领导、专家、现场承包商服务人员，以及完井测试管理项目部、工艺技术所相关人员，共同参与分析异常、制定对策、统筹资源、组织实施，以提高处置复杂状况的质量和效率。2024年，顺北油气田启动现场复杂工况应对机制64井次，有效保障了多口重点井安全顺利施工。

“面对挑战，井控安全管理工作坚持与时俱进，形成了一套以风险管理差异化分级管理、模块化开发验收、项目管理复盘总结等为特色的安全管理模式，覆盖完井工作事前准备、事中管控、事后提升全链条。”西北油田副总经理刘湘华说，“10年间，这些措施有力保障了在深地极限环境下完井作业跨越‘地下珠峰’，百余次在尖峰顺利打开超深层油气空间，高效勘探开发出更多深层油气资源，为保障国家能源安全作出新贡献。”

原载

2024年4月7日《中国石化报》第7版

责任编辑

季佳歆 魏佳琪

# 西北油田：塔河小缝洞群油藏 拓出“大乾坤”

庄光伟 王福全 冉天龙（西北油田）

“2017年，我们就在塔河油田开展碳酸盐岩油藏小缝洞群的开发研究工作，开发实践逐渐取得良好成效。2024年，塔河油田碳酸盐岩小缝洞群油藏新增动用储量1510万吨、新建产能31.2万吨/年。”西北油田油气藏地质高级专家邓光校说。碳酸盐岩油藏小缝洞群开发正在成为塔河油田实现油气产量硬稳定的重要支撑。

## 小缝洞群成为老区储量动用新目标

端牢能源饭碗，未动用储量的规模效益开发是必选项。

塔河油田目前探明石油地质储量14.7亿吨，其中4.3亿吨储量未被动用。随着塔河油田持续推进奥陶系碳酸盐岩勘探开发进程，油气开发精细化水平日益提升，区块中的大断裂、大缝洞基本被有效识别和控制，老区开发目标逐渐由主干断裂带向次级断裂带、规模缝洞向中小尺度缝洞群转变。

“中小尺度缝洞群多沿断裂、层理面或低幅风化壳残丘发育，储量规模一般在10万~20万吨，仅为规模缝洞体储量的一半左右。空间体积小、储量规模低，给效益开发和单井稳产带来挑战。”西北油田勘探开发研究

院塔河开发研究所副所长张晓说。

科研人员发现，在塔河油田，常规的单个“串珠状”缝洞体储层就像是一条大鱼，独立性较强，而中小尺度缝洞群储层则喜欢扎堆、连片分布，就像一群“小鱼”。

“我们还发现，受岩溶或构造作用影响，很多中小尺度缝洞群储层的孔、缝、洞相互连通。”张晓介绍，对多个小缝洞体组合成的“鱼群”进行连片开发，开发收益可能远大于“捕捞”单个大型规模缝洞体。

开发实践验证了他们的地质认识。塔河油田T443、T740和S48等井均钻遇小缝洞群储层，日产油均超100吨。

“小缝洞型储层具有较大开发潜力，是继串珠状储集体之后又一种潜力大的勘探开发目标”，逐渐成为大家的共识。

虽然研究起步较早，但在厘清小缝洞群分布规律及控制因素、刻画及描述技术迭代升级、评价小缝洞群开发潜力，以及制定开发利用对策等方面，近几年研究和实践成果才逐渐显现，部分未动用储量变成了实实在在的油气产量。

### 练就识别小缝洞群“火眼金睛”

“大鱼”好找，“小鱼”难捞。

小缝洞体储集空间以小尺度的溶洞、孔、缝为主，通常能够识别的尺度在15米左右。小缝洞体岩溶发育深度浅，主要在风化壳内幕或断裂带内组合成“群”，地震响应具有能量弱、信噪比低等特点。此外，地震波场特征多以弱异常、弱串珠及杂乱反射为主，进一步增加了识别刻画的难度。

要精准找到小缝洞体的储层位置，需要拥有一双高分辨率的“千里眼”。

西北油田与中国石化石油勘探开发研究院、石油物探技术研究院等单位协力攻坚，持续推动物探技术迭代升级。经过多年联合攻关，他们创新形成了绕射波分离成像、“时窗积分+方位扫描”多尺度处理等多项地震预测技术，有效解决了10~15米小尺度缝洞体的识别难题。

与常用的地层“反射波”相比，针对风化壳小尺度缝洞体储层的物探作业多采用“绕射波”。

“绕射波的能量较反射波低一到两个数量级，它能通过压制反射能量提升小尺度缝洞体的识别能力。但是现有的绕射波成像技术存在反射能量压制不干净、损失绕射能量等不足，影响了小缝洞体储层物探作业的质量和效率。”西北油田勘探开发研究院塔河开发研究所副所长王明介绍。

2020年以来，研究人员创新提出一种基于共偏移距成像道集的绕射波分离成像技术。新技术在尽可能压制干净反射能量的同时，保护绕射能量不受损失，有效提高6000米以深、15米左右小缝洞体的成像精度。

这一新技术解决了因风化壳掩盖而导致的弱串珠反射掩盖的现象，使杂乱弱反射的内幕更加清晰，中小断裂的断点更加突出，断层位置更容易识别。

在新技术的指导下，研究人员发现塔河油田12区S94主干断裂北段残丘背景下的TH12124CH井储层，在常规成像剖面中显示杂乱弱反射，而在绕射波成像结果中却显示强串珠。钻井中，该井表层钻遇近10米的未充填浅层洞，自然完井，累计产油已达5.4万吨。这让他们更加坚信绕射波资料对缝洞储层表征的判断更为精准。

他们利用新认识研究塔河主体区500平方千米的绕射波资料，划出异常发育区48块，结合常规深度域成像与绕射波资料部署多口井，均钻遇缝洞型储层。

其他领域也在取得新突破。在次级断控区，由于低级序断裂断距小、

地震信号弱、成像精度低，需要针对低级序断裂开展适应性的方法攻关。近年来，研究人员通过“时窗积分+方位扫描”多尺度处理方法有效解决了这一难题。

经过新方法处理后，研究人员可以清晰地看到，剖面上的地层形变处同相轴错断明显，非断裂发育处同相轴连续性增强，高阶相干检测结果变清晰，断裂识别效果较好。

他们利用该技术在塔河油田AD3井区识别出6条隐性断裂。2024年，评价井TH12584投产后，初期日产油达到30吨，不含水。目前，该技术正在塔河油田西部的托甫台区块、12区等区域推广应用，收效显著。

### 特色方法为小缝洞群精准画像

2024年，研究人员运用风化壳表层相控反演和AFE断裂检测属性等技术，判断塔河油田西部AD6单元北剥蚀区的次级断裂带小缝洞群具备开发潜力。当年5月，部署的TH123160H井投产，目前日产油仍稳定在20吨以上，累计产量4300多吨。

这是研究人员运用特色方法为小缝洞群精准画像，并顺利获得油气突破的又一成功案例。

在塔河油田西部的次级断裂带、风化壳弱溶蚀区广泛发育小缝洞群。针对大溶洞刻画的传统方法并不能很好地适用于小缝洞群表征刻画，主要表现为对小缝洞群的预测率低，存在区域建产率低、单井累计产量低和递减快等问题。

研究人员通过深入研究发现，无论是在风化壳岩溶还是在断控岩溶背景下，岩溶强度与断裂、低幅残丘地貌均控制了该区域小缝洞体的发育。

基于新认识，小缝洞群储层空间描述刻画技术攻关工作全面展开。

在地质研究基础上，他们优选小缝洞群敏感属性，建立小缝洞群轮廓识别及内幕刻画地震优势属性系列技术。

在轮廓识别上，他们提出杂乱度几何属性预测小缝洞体外形轮廓及平面分布的思路，并基于门槛值标定预测断控小缝洞群的分布范围。

在内部刻画上，他们分别应用“去强轴+绕射波分离”“杂乱度+相控阻抗反演”表征方法等，形成了风化壳区和次级断裂地震-地质耦合的小缝洞群内幕结构刻画技术。

一系列为小缝洞群量身定制的特色方法实现了储层空间的精准画像。“十四五”时期，塔河油田西部小缝洞群预测吻合率由52%提高至73%，直接钻遇率由58%提高至68%。

## 打造小缝洞群空间动用“十八般武器”

从最初的一片“空白”，到实现规模效益开发，西北油田在生产实践中不断调整开发策略和技术方法，有力推动小缝洞群规模开发的步伐不断前进。

小缝洞群由多个小缝洞体组成，单个小缝洞体地质储量小、动用经济性较差。为了实现效益开发，西北油田前期多采用长水平井钻井、大规模分段分簇酸压改造等方法，以实现动用多个小缝洞体的目标。

在生产实践中，他们发现小缝洞群内部具有一定的分隔性。一旦钻遇无放空漏失，因受应力约束，储层改造只能以“线性沟通”为主，导致储量动用不充分。

找得到、刻画得准，但实现效益开发才是“关键一脚”。探索小缝洞群资源的科学有效动用，成为实现规模效益开发面临的现实而又迫切的问题。

近几年，研究人员打造了小缝洞群空间动用的“十八般武器”。

他们针对由多个小缝洞体组成的小缝洞群，结合应力方位开展断裂-裂缝开启性评价，有效支撑优势连通路径的判别，攻关形成“一井多靶”高效动用技术，推动钻井轨迹实现从“擦洞边”到“擦核心洞”再到“全进核心洞”的多次迭代，目前成井率达到88%；在钻井配套工艺方面，形成了超低密度钻井液、清水强钻技术；在储改配套技术方面，形成了硬、软分段酸压改造等多项技术。

研究表明，塔河油田残丘弱反射似层状风化壳岩溶储集体、主断裂两翼破碎带弱反射裂缝型储集体等均具有大幅提高未动用储量的潜力。“十四五”期间，西北油田投产弱反射特征井19口，累计产原油59万吨。

“小缝洞群开发在地震识别精度、地质成因控制研究、一体化整体效益动用等方面，仍然还有很多难题需要攻关解决。我们有信心通过持续推进技术进步和管理创新，在塔河未动用储量的有效动用上再上水平、再创佳绩。”邓光校说。

原载

2025年5月26日《中国石化报》第6版

责任编辑

秦紫函

# 西南油气：川西新场雷四气藏实现精准评价和高效建产

冯 柳 邓美洲（西南油气）

在川西地区，新场雷四气藏宛如一座深藏不露的“地下宝藏”，静静地躺在雷四上亚段地层尖灭线附近，埋深超5000米。这里以潮坪相白云岩孔隙型储层为主，密密麻麻的孔隙网络交织在一起，形成了一座神秘的天然气储藏迷宫。

## 相距7.5公里、开发同一气藏，两口井为何差异巨大

川科1井是该地区的“常青树”，投产14年，天然气日产气量始终稳定在15万立方米。相比之下，与川科1井相距7.5公里的新深1井，前期测试结果却不尽如人意，天然气硫化氢含量高并伴有产水。

位于同一气藏，天然气流体性质却存在显著差异。对此，科研人员开启了新一轮的评价研究，综合利用地震、测井、录井、测试、试采及分析化验资料，在大量资料里寻找线索，重新开展小层精细对比，将不同井的储层数据进行逐一比对，分析每个小层的地质特征、储层物性及流体性质，明确气藏类型及特征。

经过深入研究和反复论证，科研人员发现：川科1井的产层段位于雷四段上储层，其气体具有海相陆相混源的特征；新深1井的产层段位于

雷四段下储层，气源主要是雷四段自生自储，因此天然气中硫化氢含量较高。

“地质构造的复杂性和成藏机制的多样性是导致这种差异的主要原因。”西南油气开发高级专家刘成川说，“川科1井和新深1井虽然位于同一气藏，但它们所处的地质位置不同，导致储层的发育情况和气源供应也有所不同。这种差异最终导致了天然气流体性质的显著不同。”

科研团队决定对该井进行全面系统的测试，进一步落实该井的产能及流体性质。由于该井位于超深高含硫气藏，地质条件复杂，测试过程中面临着诸多技术难题。对此，他们采用了先进的测井技术和流体分析方法，确保了测试数据的准确性和可靠性，同时，结合地质模型和数值模拟，对测试结果进行了全面分析，进一步优化了开发方案。

最终，该井在下储层段测试获日产气60.75万立方米。

### 拨开地质迷雾，揭秘气藏“真容”

新深1井的测试结果令人振奋。为了进一步验证该井的产能稳定性，科研人员开展了80小时的试采工作，日稳产20万立方米，气藏评价取得初步突破。

“新深1井是否处于地层气水边界？气藏的有利区究竟分布在何处？储量规模又有多大……这一系列关键问题影响着气藏评价与开发的前景。”西南油气专家段永明说，“但我们有信心通过科研攻关和技术突破拨开迷雾，找到答案。”

为破解这些难题，西南油气组织地质、物探、工程等多学科精英骨干成立科研攻关团队，深入研究，建立了川西雷口坡组不同类型储层的流体电性识别标准，犹如为复杂地质条件下的气藏评价打造了一把精准的“钥匙”。同时，结合邻区类似气藏的地层水化学分析，他们发现新深

1井下储层段整体以气层为主，但可能存在夹层水，这或许正是试采时产水偏多的原因。

勘探开发一体化加快了气藏规模落实与产量提升。开发团队聚焦气藏构造主体部位，在同一个井场先后实施新深101D井和新深102D井，测试获高产，目前两口井合计日产气50万立方米；勘探团队针对气藏南北两翼构造相对低部位，精心部署新深105井和新深106井，测试获日无阻流量上百万立方米，为气藏的规模建产奠定了坚实基础。

经过勘探开发一体化的系统评价，川西新场雷四气藏的“真容”逐渐清晰：主力产层主要集中在下储层段，且在平面上呈现相对稳定的分布特征。

值得一提的是，在构造主体区域的新深105井至新深106井区，气藏整体表现出不产水的特性。这一得天独厚的地质条件，显著提高了开发效率和经济效益。

### 精细识别深层薄储层，收获高产井

科研团队并未停下探索的脚步。为了进一步落实建产新阵地的规模，确保气藏的高效开发，他们将目光聚焦于尖灭带附近的薄储层，开启了新一轮的攻关，成功攻克了不整合面下地层尖灭线精细识别及薄互层有效储层预测的技术难题，极大地提高了深层薄互层储层的预测精度，为精准气藏评价开辟了全新的路径。

2023年，川西海相产能最高井——新深106-1H井在新场雷四气藏横空出世。科研团队成功攻克了长水平段钻探、储层改造等一系列技术难题，该井钻遇储层段1336米，钻遇率95%，测试获日产天然气151.46万立方米，日无阻流量358万立方米，进一步落实建产新阵地规模。

科研团队进一步深化气藏气水分布研究，明确了气藏类型，这是一

个常压、高含硫化氢、中含二氧化碳、深层、构造-地层边水气藏，气藏有利区主要分布在新深105井至新深106井区，具备新建8亿~10亿立方米/年产能的储量规模。

与此同时，西南油气全力开展气藏精细描述工作，成功建立了潮坪相碳酸盐岩溶蚀薄互储层的三维地质模型，开展了数值模拟预测，对多个开发方案进行细致的对比研究，力求找到最优的开发策略。

原载

2025年6月23日《中国石化报》第6版

责任编辑

秦紫函

# 华东油气：向更低品位非常规资源进军

沈志军 黄小贞 肖 翠 管 灵（华东油气）

随着我国能源需求持续攀升，保障国家能源安全、优化能源结构已然成为我国能源发展战略的重中之重。

近年来，华东油气深入贯彻落实集团公司“拓资源、增储量、扩矿权”发展战略，深耕非常规油气资源，筑牢高质量发展根基，加快深层煤层气、中浅层页岩气、中低演化页岩油三大领域的战略选区与勘探开发，助力能源结构优化及清洁能源替代升级。

## 深层煤层气：向“更深难开采”薄煤层要效益

截至2025年4月20日，煤层气探井织18井稳定日产煤层气6000立方米144天，最高日产气量7400立方米，一举刷新了贵州省煤层气直井试气评价最高纪录，更为南方复杂构造区煤层气高效开发树立了技术标杆。该井于2023年11月26日实施调层复试储层改造，经过有效支撑储层改造后，成功实现多层合采。

自2008年涉足非常规领域以来，华东油气主要在华北、华南两大富煤区开展煤层气勘探开发工作，目前已建成我国首个商业开发的深层煤层气田——延川南煤层气田，并商业发现织金多薄煤层气田，在晋中、南川区块的深层煤层气勘探方面也取得了新突破。不过，该公司深层煤

层气地质条件复杂多变，总体呈现煤层厚度薄、储层非均质性强、赋存状态差异大、富集与渗流机理复杂等特点，效益开发难度大。

历经10余年攻坚克难与实践探索，延川南煤层气田构建起了地质工程一体化的中深部薄煤层高效勘探开发的理论认识与技术体系，实现气田效益开发，产量逆市上扬。其一，提出“沉积控煤、保存控富、地应力控渗、有效支撑控产”的四元耦合地质理论，明确了中深层高阶煤层气富集高产的关键主控因素；其二，针对常规储层改造单井产量低、递减快的问题，通过深入剖析煤岩特性，明确深层煤岩应力高、塑性强、割理发育，早期常规储层改造支撑缝长不足是气井低产的主因，经多轮次攻关实践及迭代优化，创新形成了以“远支撑”为核的有效支撑储层改造技术，极大延长了高效导流通道，单井产能较早期常规储层改造提升5~10倍；其三，基于储层改造技术的进步，排采理念从“缓慢长期”转变为“优快上产”，进而形成了基于有效支撑储层改造的“四段两压三控”优快上产排采制度，单井上产周期从12个月缩短至1个月，累计产气400万立方米煤层气的周期也从98个月缩短至21个月；其四，针对深薄煤层水平井稳定穿层难、钻遇率低的问题，提出“有效钻遇”理念，地质导向遵循轨迹平滑、利于排采的原则，采用靶向精准储层改造扩大横向波及范围，改造非煤层段，弥补钻遇率损失，实现储量充分动用。通过建立薄煤层水平井“导向-压裂-排采”一体化开发关键技术，延川南气田10号薄煤层（厚度1~3米）从无效资源转变为可有效开发资源，薄煤层水平井单井产能在2万~5万立方米/日，实现效益开发。

在此基础上，华东油气强化不同地质条件煤储层特性的基础研究，持续优化调整有效支撑储层改造技术，在外围勘探评价方面也取得了新突破。一方面，针对晋中区块“低临储比（煤层气临界解吸压力与原始流体压力之间的比值）、难解吸，割理裂隙发育、强滤失难造缝”的难点，创新迭代升级储层改造工艺，2024年在山西晋中区块部署的晋2井

试获日产煤层气超1.1万立方米、试采日产气6500立方米，实现勘探新突破；另一方面，针对南川区块深层煤层气“顶底板与煤层应力差异小、缝高易失控”的难点，探索试验“缓提排量”储层改造工艺，煤层气探井阳2井自喷日产气达1.8万立方米，稳定日产1万立方米，取得深层煤层气勘探重大突破。此外，华东油气针对贵州织金区块多薄煤层的情况，攻关多煤层有效支撑储层改造提产技术；利用织18老井上返调层，取得了新的产能突破。

## 中浅层页岩气：向“更浅低品位”页岩气要价值

2024年10月11日，华东油气页岩气重点评价井胜页11-1HF井试获日产超6万立方米高产气流，截至2025年4月10日，累计产气1092万立方米，标志着浅层常压页岩气勘探再获重要突破。

在勘探评价中，浅层页岩气由于埋藏浅、地层压力系数较低、含气量低、整装储量少，一般不被列为开发目标。然而随着近年来页岩气地质认识深化和技术进步，华东油气不断取得评价研究新认识，近年来，先后部署的坪地1HF井、石桥1HF井、阳页81-4HF井通过对页岩储层进行大规模改造，均试获高产气流，实现了华东油气在浅层页岩气领域零的突破。

相较盆内超压页岩气，盆缘及盆外常压页岩气的沉积相带、保存条件欠佳，地层压力系数处于0.8~1.3，地层能量较弱，资源禀赋较差，单井产量较低，效益开发难度较大。

经过10余年不懈攻关探索，华东油气在中深层常压页岩气勘探开发方面收获了累累硕果，建成了我国首个常压页岩气田——南川常压页岩气田。随着中深层常压页岩气实现商业建产，华东油气将目光聚焦到此前无人关注的浅层新领域。

浅层常压页岩气主要分布于盆缘斜坡区和盆外褶皱带，与中深层相比，保存条件差、总含气量低、吸附气占比高、两向应力差异系数大。

针对这些地质特殊性，技术团队强化基础研究，明确了浅层常压页岩气的攻关对策。他们通过等温吸附实验揭示页岩具有三阶段吸附特征，通过排采工艺优化，降低井底流压至页岩敏感解吸压力以下，可促进吸附气快速解吸，突破了浅层常压吸附气解吸难度大的技术瓶颈。针对浅层页岩两向应力差异系数大的情况，攻关“小段多簇+双暂堵+强加砂”储层改造工艺，以此增大缝网改造体积。

2023年，部署在重庆武隆地区老厂坪背斜坪地1HF井在储层改造后，借助液力无杆泵高效排液，实现自喷生产，试获日产气4.5万立方米，截至目前已累计产气2537万立方米，初步评价单井可采储量达0.36亿立方米，并首次提交盆外常压页岩气预测储量超1100亿立方米。此外，华东油气优选重庆南川地区的石桥断凹部署实施石桥1HF井，该井页岩埋深1825米，地层压力系数0.95，测试日产气4.1万立方米。这两口井的突破充分证实了浅层页岩气具备较大的勘探开发潜力，初步落实渝东南地区浅层常压页岩气近6000亿立方米资源量。

2024年以来，华东油气持之以恒地探索浅层常压页岩气，不断强化对页岩吸附解吸规律、保存条件、缝网发育特征的研究，揭示了不同构造样式下气体聚散机理，构建了背斜型、平缓单斜型、反向逆断层遮挡向斜型三种浅层页岩气成藏模式，优选老厂坪背斜、东胜南斜坡、洛龙向斜等有利目标，部署实施探评井5口，持续攻关储层改造技术及排采工艺，实现了不同类型浅层页岩气勘探的重大突破。其中，坪页1-2HF井页岩埋深934米、试获日产气4.7万立方米，胜页11-1HF井页岩埋深1132米、试获日产气6.5万立方米。

## 中低演化页岩油：向“更低演化区”页岩油要产量

2025年4月10日，华东油气的页岩油溱页2HF井自喷生产超900天，累计产原油突破4万吨。该井创造了苏北盆地页岩油井的多项生产纪录，是见油时间最快、峰值日产油量最高、累产破万吨最快、单位压降产油量最高、单井EUR最高的页岩油井。2020年以来，华东油气实施页岩油探评井32口，涵盖3个试验井组，均取得了较好成效。实施试采井23口，测试日产油30.4~113.1吨，其中13口单井累计产油过万吨，所有井累计产油突破30万吨，提交三级储量2.07亿吨，充分展现了苏北盆地页岩油具备规模增储、多层系立体开发的良好前景，也进一步坚定了实现页岩油效益开发的信心和决心。

苏北盆地蕴含丰富的页岩油资源。华东油气通过加强对低演化页岩生烃滞聚机理的研究发现，斜坡带低演化页岩具有“早生烃、自封闭、物性好”的地质特征，仍具备可观的页岩油勘探潜力。华东油气形成了以岩相、裂缝、压力预测为核心的页岩油“甜点”要素物探预测技术，用于预测有利区。斜坡带阜二段页岩形成于半咸化沉积环境，有机质类型主要为Ⅱ型，页岩碳酸盐矿物含量较高，铁白云石发育，富含铁、镁等金属离子，这些条件促使有机质向烃类转化，且生烃活化能较低。页岩在Ro（热演化程度）为0.7%时便大量生烃，但排烃效率低，滞留油含量较高，且以游离油为主。斜坡带阜二段页岩厚度较大，顶底板和内部隔层发育。页岩内部长英质纹层不连续分布，加之断层侧向封堵，使其具备良好的自封闭性。同时，斜坡带阜二段页岩埋藏较浅，压实作用较弱，基质孔隙发育，孔隙涵盖黏土矿物晶间孔、粒间孔等，并且同时发育纹层缝、成岩缝和构造缝，这些都有利于提升储集性能。

为进一步探索阜二段低演化区页岩油勘探潜力，华东油气在时堰次凹北部部署了溱页3井，测试页岩TOC（总有机碳含量）达1.43%，S1

(岩石中的游离烃 / 残留烃含量) 为 0.95 毫克 / 克, 孔隙度 5.5%, Ro 为 0.72%, 脆性矿物含量 70.4%。在此基础上, 他们优选阜二段Ⅱ亚段实施溱页 3HF 井, 水平段长 1753 米, 采用 4 毫米油嘴放喷, 峰值日产油 21 吨, 目前日产油 15.1 吨, 套压 14.5 兆帕, 累计产油超 4000 吨, 有力证实了低演化区仍具有良好的含油性。通过这一系列工作, 华东油气落实了溱潼凹陷低演化区面积 200 平方千米资源量 1 亿吨, 提交Ⅱ亚段预测地质储量超 7000 万吨, 新增含油面积 28.77 平方千米, 对苏北盆地低演化页岩油勘探起到了积极的带动作用。

原载

2024年4月28日《中国石化报》第6版

责任编辑

秦紫函



# 东北油气：实现火山岩气藏储量效益双突破

张万东（东北油气）

近日，东北油气分公司聚宝山区块火山岩气藏评价井均实现有效产出，标志着这个面积仅78平方公里的新区块成为东北油气的增储上产新阵地。

今年以来，东北油气深入实施天然气优先发展战略，在全力保持老区稳产的同时，全面加快新区产建步伐，创新地质理论、优化工程工艺、精细开发方案，截至9月20日，累计落实火山岩油气储量逾100亿立方米。在火山岩气藏勘探开发这个“小众赛道”上，东北油气以技术创新实现储量与产能的双重突破。

## 理论创新：从“朦胧认知”到“精准刻画”

“我们对聚宝山区块地下构造的认识，是在不断创新中从一片朦胧变得清晰可见。”该公司副总工程师任宪军介绍道。聚宝山区块气藏类型多为火山岩气藏，这类油气藏成因复杂、分布特殊，勘探开发没有成熟经验可借鉴。

为揭开地下“密码”、提高地震资料的解释精准度，该公司高效开发项目部牵头，汇聚地质、工程等专业，开展地质工程一体化攻关。他们

打破常规，结合构造导向滤波、AI断裂识别、地震属性等多维度手段，建立多锥火山地质喷发模型，将地质定位误差缩小到米级，为储层精细刻画打下坚实基础。

面对聚宝山工区断层发育复杂、识别困难的难题，他们坚持“多条腿走路”，创新形成多学科融合验证的“点一线一面一体”火山岩气藏勘探开发技术体系，建立精确的三维地质模型，实现地质构造刻画精、地质储层识别准、优势相带条理清、实钻验证效果好。新井平均气层吻合率91.5%，区块井位部署准确率大幅提高。

### 技术迭代：高寒地带的“钻井加速度”

“地质认识是精准部署的前提，优质高效钻完井是产能建设的关键。”该公司首席工程专家刘彦学说。聚宝山工区地处高寒地带，有效施工时间仅为其他油田的70%左右。

为破解时间紧、成本高、风险大的高寒地带施工难题，钻井团队持续推进钻井工程工艺攻关。通过优化井身轨迹、钻井液性能、防漏堵漏配方等“一趟钻”提速配套技术，全力推动钻井提速，有效节约钻井时间和成本，推动单井产能快速增长。“以前打一口井可能要分好几段、好几趟工序慢慢钻，现在用‘一趟钻’技术，打起井来就像汽车开上了高速公路，区域钻井周期明显缩短。”高效开发项目部副经理穆国臣说。

针对火山岩油气藏储层孔隙结构复杂、裂缝发育不均的特点，他们采用“一井一策”定制化压裂方案，形成火山岩差异化裂缝耦合压裂技术，对裂缝发育少的区域加大压力撑开新裂缝，对已有裂缝的区域则通过注入特殊支撑剂优化连通性，有效支撑地下空间体积增长22.6%，让原本藏在地层深处的油气有了更宽敞的“高速通道”，大幅提升油气开采效率。

## 评价优化：效益开发的“双轨密码”

“并不光要打得快，还要建得好。”刘彦学说。作为评价油气田产能建设质量与可持续性的重要指标之一，效益开发水平直接决定着资源开发的经济性与长远价值。

东北油气将提高单井预估最终采收量和降低单井投资作为聚宝山区块效益开发的关键，建立“技术优化做加法+成本管控做减法”双轨机制，围绕地质研究、工程施工、储层改造开展全链条技术优化。利用三维地质模型精准定位钻井轨迹，让每一米进尺都布设在优质储层段，有效提高投入产出比。深化设备集中采购，采用框架为主、询价为辅、集中招标、统一采购的采购方式，推动采购成本降低15%。

精准投入、高效产出的开发模式下，滚动评价井成功率达100%，单井成本下降的同时平均产能提升46.7%，10亿立方米产能投资较同类区块节约明显，实现降本增效与产能提升的双赢，推动聚宝山区块从地质蓝图变为实实在在的“能源宝库”。

原载

2025年9月23日《中国石化报》第2版

责任编辑

封雪寒

# 上海海洋油气：北部湾海中凹陷获油气突破

杨 涵 祝 朗（上海海洋油气）

3月23日10时，位于南海北部湾盆地的海洋石油钻井平台勘探四号试油现场，一条气贯长虹的“火龙”从燃烧臂腾跃而上，由上海海洋油气部署的海301井喜获高产油气流，在两个层系分别试获日产1108立方米、167立方米油当量，刷新了北部湾海中凹陷油气日产量纪录。此前，海中凹陷首口突破井——海3斜井于2024年7月试获1010立方米油当量，两口高产探井证实了海3构造整体含油，展现出海中凹陷良好的勘探开发潜力。

作为中国石化拓展深海能源的战略新区，海301井的突破标志着中国石化首个中深海自营油田产能建设驶入快车道，为北部湾海域油气勘探开辟了新的增长点。两口高产探井的诞生，为勘探人员在海中凹陷的勘探工作注入了一针强心剂。

## 复杂断块觅油踪 南下海中寻宝藏

南海北部湾盆地凭借优质丰富的烃源岩、高效储盖组合、多类型勘探目标等得天独厚的条件，成为海上油气富矿。

然而，北部湾盆地的勘探进程并非一帆风顺，虽然我国几代勘探工

作者先后在北部湾盆地涠西南凹陷主洼发现了一批含油构造和油气田，但盆地的边缘凹陷却因烃源难觅、断层纵横交错，让众多勘探人员几度折戟，望而却步。

上海海洋油气在涠西的探矿权区正是位于盆地北部坳陷的边缘，主要涉及D洼和海中凹陷两个勘探单元，这片典型海域复杂断块的地层如“碎瓷盘”，断裂多期交错，多序级共生，勘探难度不言而喻。

为尽快明确探区资源潜力实现油气突破，上海海洋油气成立了科研项目组，开启了艰难求索之路。2011年8月，涠3井证实了位于西南缘的D洼深处暗藏优质烃源岩，这一“贫油洼”实为“小富矿”的颠覆性认知，让勘探人员的视野豁然开朗。他们的思路转向东部斜坡带，剑指油气运聚黄金区。此后的10年，D洼东部斜坡带迎来了日产超千吨的特高产油气流重大突破，创中国石化海域油气勘探单井测试产量最高纪录，成功发现了中国石化首个中深海自营油田——涠洲油田。

廿年征途，七井鏖战，勘探人员在涠西探区向国家上报探明地质储量超千万吨。然而要实现效益开发，还必须寻找新的规模储量接替阵地。勘探人员将目光锁定在与涠洲油田仅“一断之隔”的海中凹陷。“如果能在此处发现千万吨级储量规模，就可以与涠洲油田实现连片开发，极大增加涠洲油田的效益。”上海海洋油气副总经理张尚虎说。

海中凹陷位于涠西南凹陷南部，断裂复杂、规模储层难寻、烃源认识不足，是业界众所周知难啃的“硬骨头”。从20世纪80年代开始，国内外勘探人员在传统油气成藏理论的指导下，针对海中凹陷周边构造高部位的油气藏先后开展了多轮勘探，10口探井仅1口获得工业油气流，其他均告失利。

“油气成藏如同精密机械，‘生、储、盖、圈、运、保’六大要素如同6枚齿轮，每个齿槽的形制必须完全咬合，若是某枚齿轮的齿形存在缺陷，机械装置的运转就会卡壳。海中凹陷前期勘探也是一样，成藏匹配

条件差，不是缺储层，就是缺烃源岩，始终没有实质性突破。”上海海洋油气勘探开发研究院院长江东辉说。

## 抽丝剥茧溯油脉 转变思路破困局

当传统思路撞上“铜墙铁壁”，勘探人员决定从石油地质条件出发重新寻找答案。

厘清资源潜力和成藏主控因素两大要素至关重要，首先需要解决的就是海中凹陷究竟有无优质烃源岩的问题。项目组从强化基础研究开始，终于在海量地震资料中寻找到了蛛丝马迹：澜西南凹陷烃源岩与海中凹陷烃源岩在地震相上具有高度的一致性。

难道在烃源岩形成时期，两个凹陷同属于一个湖盆？项目组根据已有资料确定关键参数，精确恢复了盆地原型，成功验证了这一大胆的猜想，不仅解锁了海中凹陷的“油脉密码”，更是颠覆了以前对区域地质演化认知。

下一步就是要深化成藏主控因素的认识。为了查明海中凹陷前期钻探效果差的原因，项目组对之前失利探井“把脉问诊”，发现前期钻探目标普遍存在远离烃源岩、油气疏导条件有限的问题。“原先部署的井都远离大型疏导断层，如今我们通过典型钻井的解剖，发现传统理论认为应规避的大断层，恰是油气垂向运移的‘黄金通道’。以前总想着绕过断层，现在却要追着断层打。”上海海洋油气勘探开发研究院副总地质师杨鹏程说。

为了定区选带，项目组持续深化基地地质研究，强化成藏规律认识，创新提出了海中北部陡坡带具有“近生烃凹陷、规模储层发育、深大断裂高效疏导、多类型目标”的有利成藏条件，将北部陡坡带作为勘探突破的首要区带。海中凹陷的“藏宝图”被逐渐地勾勒了出来。

2023年4月，上海海洋油气在海中凹陷陡坡带实施了该海域首块OBN（海底节点）三维地震资料采集。如果说传统海上拖缆地震勘探是给海下油气藏做CT，那么OBN三维地震资料采集堪称地质领域的“核磁共振成像”，成像效果显著提升。该技术为目前全球最先进的地震采集技术，数百个海洋节点在深海编织成一张无形巨网。当声波穿透千米岩层，断裂带的每道褶皱、储层的每处孔隙，都在数据洪流中纤毫毕现。那些曾隐匿于地质迷雾中的低序级小断裂，在高清剖面图上无所遁形。

2024年7月，海3斜井从地层喷涌而出的千余立方米油流，打破了海中凹陷10余年的勘探沉寂，成为近年来北部湾海域少见的高产探井，这也证实了海中凹陷并非贫瘠之地，而是一个等待被唤醒的深海“聚宝盆”。

### 乘胜追击探新井 协同攻坚擒油龙

“海中凹陷滩坝砂虽然单层厚度薄，但纵向上像千层叠酥，横向大面积连片，我们可不能只浅尝辄止。”上海海洋油气勘探开发研究院副院长周兴海指着三维地质模型上的红色区块说。勘探人员通过井震综合分析，落实了海中凹陷滩坝砂的分布范围，深化了断层疏导能力的评价，认为滩坝砂具有优越的成藏潜力。在海3斜井取得突破的当月，他们决定乘胜追击部署海301井。

在井位部署方向上，勘探人员面临一南一北两个目标选择，它们各有利弊：南部目标虽承载着探索油气藏边界的重要科研价值，却如同在刀尖上起舞，地质风险大；北部区域虽可控制的储量规模小，但油气成藏的可能性更大。为此，他们依托“大兵团”作战优势，联合科研力量集智攻关，综合研究后考虑到北部具有多层系兼探的潜力，依照“由高向低，逐步探边”的勘探原则，优选北部区域部署海301井。

在海301井从设计到完钻的半年时间里，“地质－物探－工程”一体化模式让勘探工作形成了点面结合、立体攻关的格局。前方平台钻进正如火如荼地进行，地质工程师张昆正在陆地机房紧盯屏幕上的随钻曲线变化。刹那间，他敏锐地捕捉到了关键信号——“伽马值下降、气测异常，疑似进入滩坝砂发育的集中段”！曲线变化意味着要进行取芯决策，他当机立断，迅速启动跨部门响应机制。物探科研团队闻令而动，立即调取OBN地震预测图，确定钻遇了滩坝砂发育集中段。平台地质监督张晨收到循环泥浆指令后，同步观测振动筛返出的岩屑情况：“录井见到粗砂岩屑，反馈陆地是否取芯！”与此同时，机房内，勘探人员通过随钻系统密切观测随钻曲线变化，他们结合现场观察到的岩屑岩性及气测异常数据，海陆联动最终一致作出了实施取芯作业的决定。长度17.58米的典型滩坝砂岩芯从取芯筒中完整取出，成了破解海中凹陷“地质密码”的金钥匙。

“海域勘探绝非‘单兵突击’的孤勇之战，而是‘集体会战’的协同攻坚，我们充分发挥一体化专家工作室的作用，构建‘现场实时反馈+后方快速响应’的协同支撑体系，全流程跟踪钻井进度，实时了解现场作业问题，保障了海301井高效完钻，让地质资料得以全面、精准地获取，为后续的勘探开发筑牢了坚实的根基。”油气勘探管理部经理黄建军说。

原载

2024年4月21日《中国石化报》第6版

责任编辑

秦紫函

# 勘探分公司：深耕通南巴地区 探出千亿立方米大气田

贺 彦 姜智利 刘春光（勘探分公司）

巴山大地，春光明媚；钻塔高耸，探索无限。

不久前，勘探分公司在四川盆地北部油气勘探再获重要突破，通南巴气田新增551.59亿立方米天然气探明地质储量顺利通过自然资源部审定，至此，该气田累计提交天然气探明地质储量1066亿立方米，标志着中国石化在四川盆地再添千亿立方米大气田，这也是川北地区首个陆相千亿立方米级大气田。近日，这一重要突破荣获集团公司2024年规模储量商业发现奖一等奖。

## “磨刀石”里藏着气

四川盆地川东北通南巴地区，群山环绕，植被密集，沟谷深邃，地形险峻。勘探分公司科研人员在这里的陆相上三叠统须家河组的致密砂岩中探明了上千亿立方米的天然气地质储量。

三叠系形成距今2.5亿~2.03亿年，历经了沧海桑田、海陆变迁。晚三叠世时期，四川盆地进入前陆盆地发育阶段，周缘山系提供大量碎屑沉积物，形成多期叠置大面积分布的巨厚须家河组砂岩沉积，后期深埋过程中砂岩孔隙持续降低。因砂岩孔隙度不足10%，渗透率不足0.1毫达

西，孔隙直径在1~50微米，就像“磨刀石”一样致密。

那么，磨刀石里的“气”是从哪来的？勘探分公司勘探研究院常务副院长李毕松介绍，致密砂岩气的形成与源岩中有机质的热演化过程紧密相关。在高温高压条件下，有机质经过一系列化学反应转化为天然气，一部分逸散到地层中，另一部分在地下运移、调整与聚集，形成了一定规模的天然气藏。

20世纪50年代起，油气勘探工作者就开始在这里进行地质调查。20世纪60年代，他们运用传统背斜控藏理论勘探思路，在褶皱明显的背斜构造上开展钻探工作，但未获得良好油气成果。20世纪七八十年代，勘探工作者发现了九龙山须家河组气藏，随后，在针对须家河组的背斜圈闭勘探中，地下构造呈现“小、碎、散”的特点，有“地质家考场”之称，勘探效果不理想，勘探工作进入低谷。

### “甜点”在哪里

2003年，勘探分公司科研人员向“禁区”发起了挑战。他们开展烃源岩、沉积储层及成藏条件等基础地质评价研究，按照“立体勘探”思路，在开展马路背、元坝区块海相勘探的同时，兼探陆相。

2007年，针对须四段进行射孔测试的马1井，试获日产3.26万立方米气流，实现了川东北须家河组油气勘探突破。但通南巴地区处于盆内到盆缘过渡带，构造改造强度不同，断层切割层位不同，源储配置关系不同，油气差异成藏富集规律、区带“甜点”形成地质模式和分布规律不同。在须家河组整体致密且埋深超5000米的背景下，是否存在相对优质的储层？地球物理预测“甜点”难度大，制约该区勘探部署。

探明储量就是摸清具有经济效益开发价值的地质储量区块，探井和评价井是获取地下信息的重要手段。

“如果把元坝海相天然气比作一块牛排，那么通南巴地区的致密砂岩天然气就是骨头缝里的肉，需要用小刀剔、用牙签挑出来才能吃到。”李毕松说，由于元坝气田的开发大获成功，大家起初认为照搬相关经验模式就可以了，但是事实证明这条路根本行不通。

科研人员从构造特征入手，加强区块保存条件、含气性和可压性等方面精细评价，明确有利区带，优选突破有利目标区，同时加强地质工程一体化研究，在不断优化中实现地质认识和工艺技术的快速迭代。边摸索边完善，技术方案经历了无数次推倒重来。前期两口重点评价探井前半段压裂效果不理想，经过工艺调整，测试日产量终于达到10万、20万立方米。

## 理论与实践迭代升级

大部分孔隙是次生孔隙，不受相带控制，过程和规律极其复杂；断裂体是以断裂带为核心的气藏，依目前技术，难以刻画清楚，研究认识与实钻吻合程度低……诸多问题一直困扰着科研人员。

理论是实践的推动器，科研人员以气藏系统地质认识为依托，快速推进研究认识。

他们逐步提出致密气“双源供烃、断砂输导、岩性控藏、断缝控富”的富集高产模式，攻关形成基于动态构造恢复的烃源断裂识别技术、分频迭代岩性概率反演及深度学习物性预测技术、叠前OVT域五维各向异性裂缝预测技术、断缝体气藏三元一体融合表征技术等系列“断缝体”描述技术和“甜点”预测评价技术，收到良好勘探开发效果。

2009年，勘探分公司在马路背背斜局部构造高部位部署了一批评价井，在前期海相井兼探突破的基础上，须家河组勘探成果进一步扩大，提交探明地质储量190余亿立方米；2017年，在通江向斜区甩开部署了

马3井，在须四段上亚段试获日产10.12万立方米气流，总结形成“断缝体”新认识，实现新区勘探突破。

接着，科研人员打破原来只盯构造高部位及有利相带部署的思维桎梏，重新梳理整个四川盆地致密砂岩潜在有利目标，再逐一识别评价，实现理论与实践迭代升级。

2018~2022年，勘探分公司积极探索不同构造部位“断缝体”富集带，三轮次部署预探通江须家河组有利带，皆获工业气流，勘探成果不断扩大。特别是马6井在须二段获突破，日产气36.67万立方米。

### 精细雕刻气藏形态

按照资源规模大、规模断缝体发育、通源断裂发育、局部构造相对高部位、砂岩储层发育较好，以及避开生态红线、基本农田保护区等原则，勘探分公司在“断缝体”气藏富集高产模式指导下，沿着不同高产富集带部署的马字系列井测试均获工业气流。

负责储量评价工作的勘探分公司勘探研究院副主任师、储量申报地质组组长周霞说：“我们先用物探技术给地层做CT，再选用合适参数，雕刻出地下几千米气藏的形态。”

科研人员围绕含气面积圈定原则、有效储层下限标准、须家河组的地层精细划分差异、产能劈分、取芯及分析化验情况、裂缝对储量的贡献等，开展技术交流。

针对须二、须四段等重点层系，他们从30口井的钻井资料入手，进行系统梳理和复盘，又以气藏系统地质认识为依托，从录井岩性组合、岩芯界面、沉积构造及沉积旋回、测井曲线形态、成像测井界面和地震反射特征等方面，反复对比分析，精细砂组划分，最终实现了通南巴须二、须四段砂组分层方案的统一，为快速推进后期井位部署奠定了基础。

## 新技术释放更多产能

将一滴水滴在从商店里买来的磨刀石上，5秒之内水就渗透进去了，但将水滴在通南巴气田的岩芯上，根本渗不进去。这说明这里的岩石比磨刀石还要致密。

为了让潜伏在地下数千米深处致密岩石里的天然气挣脱束缚，沿着像迷宫一样、比蛛丝还细的孔隙喉道奔向井底，再沿着井筒喷涌出地面，勘探分公司按照勘探开发一体化评价思路，创新完井储层改造思路与工程工艺，历经小规模解堵改造、加砂压裂、体积压裂3段技术改造历程，创新形成“水平井+大规模缝网压裂”施工思路，实行“一段一策”技术管理，成效显著，水平井提产效果好，单井测试日产量从早期仅3万立方米不断增长，先后突破10万、20万、30万立方米大关。

通过新技术、新方法的应用，已逐步形成了马路背—通江—巴中气藏新老区一体化、纵向多层勘探一体化的蓬勃场面。

原载

2025年3月17日《中国石化报》第6版

责任编辑

秦紫函

# 勘探分公司：突破“富气少油”困局 理论创新催生新油田

本报记者 姜智利 毕亦巍 通讯员 刘晶（勘探分公司）

在勘探分公司陈列室里，一瓶棕黄色的原油在灯光的照射下，金光闪闪如同液体黄金，这是复兴油田发现井——泰页1井的原油样品。

7月，由勘探分公司和江汉油田提交的复兴油田探明地质储量顺利通过了自然资源部评审，标志着我国四川盆地首个页岩油田诞生。

## 剑指页岩 走出“富气少油”的“浪浪山”

“我想离开浪浪山，出去闯闯。”正在热映的国产动画电影《浪浪山小妖怪》道出了人们对突破困境、追寻价值的渴望。

在能源勘探的宏大版图中，四川盆地长期被认为“富气少油”，对于在四川盆地找油的勘探人员来说，犹如一座难以翻越的“浪浪山”。

新中国成立后，老一辈勘探人掀起川中石油大会战，女2井、南充3号井等多口井钻获原油。但由于当时受地质认识和工艺技术限制，仅获南充、龙女等7个小油田。

“早期四川盆地原油勘探集中于探索侏罗系碳酸岩裂缝性油藏，是典型的常规勘探思路，数十年来勘探效果欠佳，原油年产量自1997年最高点的21.6万吨递减至2009年时几乎可以忽略不计。”勘探分公司副总经

理、总地质师魏志红说。

2009年，北美页岩革命启示勘探分公司科研团队将页岩油气地质理论引入四川盆地侏罗系，勘探思路战略性地转向“源内找油”。

“源内找油”就是在烃源岩里找油，是典型的非常规油气勘探思路。2010年6月，原勘探南方分公司（现勘探分公司）成立了页岩气勘探项目管理部，这是中国石化首个专门的页岩油气勘探项目部。

他们联合江汉油田、石油勘探开发研究院等单位，以勘探开发一体化思路，强化老井复查，兼探井取全取准各项资料，立足全盆地进行系统的基础地质条件与勘探潜力再认识和再评价。

勘探开发团队创新建立了以“高 TOC（总有机碳含量）、高孔隙度、高含油气性”为基础，进而优选“高含油率、高脆性”层段的陆相页岩油选层评价体系，据此部署了风险探井泰页1井。

2021年，该井喜获日产油58.9立方米、气7.35万立方米的高产油气流，实现了四川盆地凉高山组陆相页岩油勘探的历史性突破，并保持稳产高产，截至8月25日，累计产油1.18万吨、气1954万立方米。

复兴地区页岩油勘探开发全面提速。勘探开发团队将复兴油田视作共同的战场，紧密配合、一体化推进。江汉油田按照“整体部署、试验先行、滚动评价、加快推进”的工作思路，在复兴油田南部相继新部署了4口评价井和4口试验井组，进一步扩大了勘探发现，夯实了资源基础。

复兴地区后续评价井钻探成功率高达91%，共获工业油气流井20口，也辐射带动了四川盆地其他地区的陆相页岩油气勘探。

### 十年一剑 坐热陆相页岩油勘探“冷板凳”

“复兴油田的发现历经曲折，在很长的一段时间，陆相页岩油气勘探

就是典型的‘冷板凳’。”勘探分公司页岩气项目经理魏祥峰说。2012年以来，一批海相页岩气探井不断试获工业气流，而陆相页岩油勘探却迟迟未见突破。

为解决陆相页岩油富集机理问题，勘探分公司物探研究院陆相页岩气研究室副主任师刘苗苗一头扎进200多米岩芯的微观世界，展开“纹层寻油”攻坚战。通过微米-毫米-厘米级岩芯精细对比，她和同事们提出了“纹层型页岩为最有利勘探岩相”的地质认识，明确“纹层型页岩广泛分布、向斜宽缓稳定、地层弱超压-超压，保存条件好”控制了复兴地区页岩油规模原位富集成藏，这一观点在后来复兴地区的甩开勘探中得到了充分印证。

面对侏罗系陆相页岩岩性复杂、储层薄、夹层多，常规地球物理评价及预测技术适应性差，“甜点”精细预测难度大的难题，陆相页岩气研究室主任刘晓晶带领团队持续攻关。他们综合页岩厚度、TOC、孔隙度等地质参数，创新形成了强非均质陆相页岩关键参数地球物理预测技术，大幅提升了预测精度，预测相对误差小于10%。

在工程技术方面，侏罗系陆相页岩隔夹层多，黏土矿物含量高、塑性强，压裂成缝机理不明。面对难题，勘探分公司涪陵项目部扎实开展基础工作，不停摸索尝试，创新形成了侏罗系陆相页岩“适度密切+增压扩缝+强化微细裂缝支撑”压裂工艺，纵向穿层率提升20.4个百分点，突破了陆相页岩体积压裂技术瓶颈。

### 经验燎原 点燃“复兴经验”星星之火

复兴油田的成功，点燃了四川盆地页岩油勘探的星星之火。如今，“复兴经验”正从复兴地区走向全盆地，让更多沉睡的页岩油资源苏醒。

“复兴油田创新形成的理论认识和关键技术，对补充、完善我国页岩

油气勘探开发理论、技术和标准体系具有重要意义。”魏祥峰说。

科研团队创新形成的陆相页岩油富集规律认识和评价指标体系，就像给页岩油“画像”，为类似地质条件地区的勘探提供了重要参考。在这套理论指导下，勘探人员重新审视四川盆地的侏罗系页岩，进一步明确了四川盆地3个大型整装页岩油有利勘探区。

新的资源分布格局初步构建，中国石化页岩油勘探的重大突破和复兴页岩油田的发现，使原油增储上产迎来了机遇期，实现了老一代勘探人在四川盆地找到大油田的夙愿。

 **原载**

2025年9月1日《中国石化报》第6版

**责任编辑**

秦紫函



# 石油工程公司：Idrilling（应龙） 科学钻井系统发布

王汉卿 李泰豫 李亚男 王 力（石油工程公司）

2025年6月6日，石油工程公司在青岛发布Idrilling（应龙）科学钻井系统1.0版本，这是中国石化首套自主研发的科学钻井系统。面对数据采集不全、决策依赖经验、装备联动困难等行业痛点，这套集“物联感知、科学决策、闭环控制”三大子系统于一体的智能钻井方案，不仅消除了行业顽疾，而且引领油气行业向高效、安全、绿色的未来加速转型。

## 七载积累 不断探索的攻坚之路

在传统钻井作业中，现场作业人员承担着巨大的压力和风险，钻井工人肩扛手抬搬运钻杆；钻井液性能监测需要泥浆工全天候驻守池边，细微偏差便可能出现卡钻、溢流等风险。当钻进遭遇高压层等复杂情况时，现场决策要依赖资深工程师的直觉判断，任何误判都可能导致巨大经济损失……为了改变这一现状，石油工程公司着眼智能化技术，探索利用科技提升钻井的安全性和效率。

2018年，随着数字化转型浪潮袭来，石油工程公司围绕智能钻井核心能力建设，前瞻性布局旋转导向工具研制、装备物联网（MRO）系统开发、数据资源中心建设等重点工作，迈出了以技术破冰引领变革的坚

实步伐。

2022年，依托集团公司十一条龙项目，“经纬领航”旋转导向钻井技术获得重大突破，并在牛页示范区打造了集团首个钻井现场一体化支持平台，开启了石油工程数字化转型的新篇章。

2024年，在中国石化智能油田快速推进的背景下，石油工程深度融入石油工程业务管控平台（IPPE）建设，先后在胜利石油工程和经纬公司成立远程支持中心，实现了数据链、技术链、决策链的融合贯通，步入了科学钻井高速发展的快车道。

“至此，石油工程实现了从‘单一工具’到‘系列集成’的技术跨越、从‘独立模块’到‘系统平台’的升级转型、从‘现场支持’到‘远程决策’的模式变革。”石油工程公司副总经理孙丙向介绍。

与此同时，公司紧跟集团“上游一体化”步伐，依托信息化技术，构建了管控前置化、资源最优化、指挥扁平化的前后方两地联动体系；实现了现场操作方、现场监督方、作业关联方、施工建设方的四方协同作战，打造了“两地四方”新模式，有效支持了集团地质工程一体化的高效、安全、精益运行。

经过多年的技术积累和数字化转型，石油工程公司终于实现了从“人工操作”到“智能决策”的跨越。从旋转导向工具的自主研发，到远程支持中心的建成，再到“两地四方”协同体系的落地，每一步都为Idrilling（应龙）1.0的诞生铺平了道路。

## Idrilling（应龙）亮相 打造科学钻井新样本

在科学钻井实践发展过程中，有三大难点非常突出。

一难，在数据采集方面，钻井、测井、录井、地下导向仪器和地面装备等数据尚未实现时间与空间同步的全领域覆盖；二难，在工程优化

方面，虽然初步实现了从经验钻井向科学钻井的转变，但人工智能辅助下的快速识别与决策程度仍然较低；三难，在装备联动方面，施工指令与自动化装备之间仍存在控制体系的壁垒，高质量联动协同的“最后一公里”仍未打通。

以问题为导向，“应龙”利刃破局。

该系统集“物联感知、科学决策、闭环控制”三大子系统于一体，通过物联感知子系统，捕捉油藏地质特征、井筒实时状态、装备运行信息，构建全域感知数据底座；联动科学决策子系统，融合AI先进技术，打造钻井工程优化、人工智能辅助、井筒风险识别三大特色功能；依托闭环控制子系统，实现以钻参自主调控、导向自动巡航、安全智慧管控为目标的集成协同。

“集三大子系统于一体，犹如给钻地龙装上了精准眼和智慧脑，让钻井作业实现‘无人驾驶’。”该系统研发主力、经纬公司安全总监杨斌形象地比喻。

### 1. 物联感知子系统——井场“神经中枢”

物联感知子系统由装备MRO物联网、智能录井、随钻测井、数据智汇盒4个模块组成，构筑起了整套系统的井场“神经中枢”。

MRO物联网模块可同时在线监测16类关键设备，覆盖392项运行参数、234项保养项点及280项报警提醒，实现现场装备的“智能管理”。该系统已在胜利油田、中原油田、江汉油田等的百余部钻机配套应用，装备运行由“人工值守”向“智能监测”转变。

自主研发的“数据智汇盒”攻关突破了数据低延迟多路分发、定制化续传、高稳定性微处理等技术瓶颈，实现了钻井工程、钻井液、气测、定向、固井5类1139项工程数据的汇聚，全面支撑地质工程一体化应用需求，开创了集团上游数据统采共享新模式。

## 2. 科学决策子系统——科学决策“大脑”

科学决策子系统涵盖钻井优化、地质导向、AI数据分析、井筒风险预警四大核心模块，构建了科学决策“大脑”。

作为科学钻井的核心关键，钻井优化模块首创多参数实时在线计算对比和九大模块设计，决策响应速度较传统模式提升80%；构建了222个工程建模图版和六大气藏优化应用场景，形成国内最完整的钻井工程参数基准数据库；创新智能报表自动生成功能，实现基层数据填报工作量减少70%，报表生成效率提升10倍。前期试验阶段，该模块已在胜利、西南、江汉等工区完成400余口井的现场应用，实现由“经验钻井”向“科学钻井”的转变，为提速提效及井下安全保驾护航。

AI数据分析模块主要有四个智能应用场景。一是施工方案智能优化场景。创新应用检索增强生成与大模型技术，结合井史数据、邻井施工方案、多智能体系统，以及专家业务知识，构建了钻井施工方案智能生成平台，自动规划方案优化路径。二是测井数据智能解读场景。与长城大模型深度融合，突破传统数值型数据解析局限，整合结构化测井数据与非结构化解释报告、岩芯图像等多元信息，打造多模态数据驱动的测录井知识库引擎，使常规测井处理流程耗时缩短40%~60%，复杂井解释周期压缩50%以上。三是随钻诊断智能互动场景。通过植入AI大模型并进行深度赋能，对钻井工程知识库、专家案例库等向量库学习，实现单井综合情况分析、地质导向智能解读、低效事件及参数分析推荐、建模图分析建议、井眼清洁分析建议等个性化功能。四是KPI（关键绩效指标）时效智能评价场景。基于AI机器学习研发的自动工况识别，有效降低了现场工程师工作强度，提高了对于现场施工进度的管理效率及数据准确性。

## 3. 闭环控制子系统——“自动”执行指令的关键

闭环控制子系统包含钻井参数自主调控、导向自动巡航、安全智慧

管控三大控制执行模块。

钻井参数自主调控模块，可基于实时决策指令与钻机设备实现双向通信交互，依托集成控制中心与井场循环、电子控制等六大子系统协同联动，建立高效、稳定的通信机制，确保控制指令的精准下发与快速响应执行。

旋转地质导向钻井模块，通过多维度技术创新，成功突破行业技术瓶颈，形成具有自主知识产权的核心技术体系，系统整体达到国际先进水平，部分性能国际领先。

安全智慧管控，融合视频风险智能识别、声振温设备监测、井场区域安全管理、人员智能定位等核心技术，构建多维度感知与智能管控体系。通过部署AI算法模型实现危险行为监测与报警，结合“声振温一体化”传感器提升设备运行状态识别能力。

### 手握利器 科学钻井已呈燎原之势

走进胜利油田丰页1井施工现场，所见景象已与传统钻井大不相同：钻井液智能坐岗系统像是一个AI泥浆工程师，钻井装备物联网系统改变了现场依赖人工对设备进行巡检的工作模式……还有眼前未能看见的，数十公里外，科学钻井远程决策支持中心正运用信息化与大数据智能分析手段，推荐施工方案……

“依托旋转导向、随钻测井、高速传输等硬件装备和地质建模、综合地质导向、钻井优化等软件平台，实现从钻头到地面设备的导向自动化控制。井场的自动化智能化，逐步改变了井队的运行模式。”该系统研发主力、胜利石油工程智信中心经理何洪涛说，“钻井又脏又累又苦的日子离我们越来越远了。”

如此数智化的施工场景，在石油工程各工区已经成为新常态。试验

应用阶段成效初显。

——在胜利油田，直面陆相页岩油区块断层裂缝高度发育、地层破碎应力差，以及海上深井长油泥岩水平段清洁困难、压力体系复杂等世界级地质难题，联动井筒风险预警、钻参自主调控等模块，成功破解高风险区块安全成井挑战，累计支撑75口井，平均提速15.05%，节约周期12.48%，助力胜利油田高效开发。

——在中国石化首个页岩气“瘦身井”示范工区涪陵页岩气田，薄互层页岩易导致轨迹偏移、高地应力泥岩段易引发井壁缩径的地质风险，叠加井筒瘦身带来的井壁承压能力弱、钻井参数难以提升、钻具振动风险高等工程难题，施工难度呈指数级增加。以信息化、智能化手段推动小尺寸井眼管柱力学、水力学、井眼环空间隙配比等传统理论研究创新发展，累计优化施工60口井，平均机械钻速提升29.42%，节约周期17.59%。

——针对西南工区酸性气、致密气、页岩气等复杂气藏类型，与西南石油工程钻井分公司技术部门成立联合作战团队，靶向施策，钻井提速实现“多点开花”，支撑66口井实现钻井提速12.59%，节约周期11.06%。尤其是2024年以来，在解决资阳筇竹寺页岩气新探区复杂地质特征认识不够、新层系工程技术适应性不足等带来的机械钻速低、井壁失稳风险高、复杂井漏频发、井筒安全性难以保障等系列“卡脖子”技术难题中发挥了重要作用，“量身定制”的资页3井提速攻关方案，创水平井钻井周期最短、平均机械钻速最高等13项施工纪录，推动川西南页岩气勘探开发由龙马溪组向筇竹寺组接替阵地跨越。

Idrilling（应龙）1.0版的问世，为实现智能钻井奠定了坚实基础。2.0版又将描绘怎样的智能钻井蓝图？

“智能化最突出的标志就是钻台无人化、井场少人化。”孙丙向说，“我们希望2.0版可以通过数据采集分析、大模型逻辑推理，让人工智能

决策控制钻井参数、钻井液性能，实现钻井装备无人化操作。”

下一步，石油工程将以“数智赋能，智创未来”为目标愿景，统筹推进以人工智能大模型引领的决策智能化、以智能导航为路径的井下自主化、以井场智联控制为核心的地面自动化，构建以“智能决策+智联控制+全自动化钻机+钻井智能导航”为关键支撑的智慧钻井体系，重塑传统钻井模式，全面提升作业效率、安全水平与资源利用率，推动油气工程迈入更加高效、安全、绿色的新时代，打造引领能源技术革新的智能钻井新范式。

“我们将秉持现场操作自动化、决策管理智能化、运营服务扁平化、施工环境友好化、生产过程低碳化的‘五化’理念，优化资源配置、强化安全管理、深化国际合作、引领科技创新，打造新质生产力，培育发展新动能，全面推进‘数智油服’建设，为保障国家能源安全、助力油气行业高质量发展提供高效、可靠的技术支撑，为构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系贡献油服力量。”石油工程公司董事长、党委书记吴柏志表示。

原载

2025年6月30日《中国石化报》第7版

责任编辑

季佳歆

# 胜利石油工程：“数”联万物，革新钻井模式

李亚男（胜利石油工程）

在民丰湖畔，丰页1井组的施工现场以科技魅力颠覆了人们对传统钻井的固有印象：科学钻井分析优化与远程决策系统能自动推荐最优施工方案；钻井液智能坐岗、性能监测系统让泥浆工程师的工作更加轻松；MRO物联网如同井场的“智慧管家”，实时监测设备运行数据，实现预测性维护；自动管柱系统的引入，让钻井工人可以遥控操作，尽享科技带来的便捷……

“井场自动化、数字化、智能化系统的全面融入，正悄然改变着井队的传统运行模式。”胜利石油工程黄河钻井70169队平台经理董德英说。

近年来，胜利石油工程紧跟时代步伐，坚持向科技要生产力、要效益，数智转型战略蹄疾步稳推进，积极探索新质生产力的发展路径。

## 推动装备“万物互联”开启井场无限可能

随着清脆的哨声响起，绞龙缓缓升起，精准对接泥浆罐口，洁白的工业盐如流水般涌入罐内，短短15分钟，便完成了10吨工业盐的加注任务——这是以往6个人用1个小时才能完成的工作量。

这一切的改变，得益于“一站式”物资保供服务App的引入。一线

员工从此告别“肩扛手抬”的繁重劳动，实现了物资供应零包装、零固废、零扬尘、零泄漏，标志着胜利石油工程迈入“去包装、减人工、自动化”的绿色物供新时代。

传统钻井设备管理依靠人工巡检，设备发生故障时只能逐一排查，不仅耗费大量人力物力，而且间接影响钻井效率。“如果把物联网技术搬到钻井现场，实现井场设备之间的互联互通，变人工巡检为实时监测，就可以大幅提升钻井现场的管理水平，提高设备的保障能力。”胜利石油工程信息化专家于丽丽带领团队采集各类设备数据，深挖数据背后的设备状态信息，成功研发出钻井装备MRO物联网系统。该系统能实时监测绞车、转盘、泥浆泵等关键设备的1184项参数，提供1472项保养项点提醒，以及836项报警参数提醒，确保设备运维无忧，钻井效率大幅提升。

### 打造智能控制产品让钻井数智化绽放光彩

在四川乐山金山105H井，现场再也看不到泥浆工忙碌的身影。“钻井液智能坐岗系统就像是为钻井现场配备的一位AI泥浆工程师。它不知疲倦，24小时精准工作，能随时解决钻井液难题。”重庆钻探的工程师罗远亮赞不绝口。

当金山105H井在4200米左右钻遇断层面临井漏的严峻挑战时，智能坐岗系统迅速发出漏失预警，井队及时调整钻井液泵送流量，有效减少了油基钻井液的损失。此外，该系统还为现场精细倒浆、压水眼、替浆作业提供了可靠的数据支撑，助力70183SL队在胜利济阳国家页岩油示范区创造了29.5天钻井施工新纪录。

如何让在地层中穿行的钻头具备测量感知能力，实现提速提效，一直是胜利石油工程探索的课题。

从前，依靠安装在螺杆上部的测量装置获得的数据存在不足，难以

为提速提效提供真实可靠的分析。国外智能钻头主要有探管式与偏置式两种设计思路，前者仅能进行运动参数的测量，后者存在应力参数解耦难度巨大的问题。

面对挑战，胜利石油工程智能钻头项目负责人黄哲决心走自主创新之路。他们借鉴鸟群捕食信息共享策略，建立了多目标钻井参数方案评价模型，探索出智能钻井参数的优化决策方法。

如今，胜利石油工程自主研发的第三代数字钻头已具备钻头处钻压、扭矩等多参数测量能力，实现了钻头工况、井底比能等关键信息的分析优化。未来，他们将以智能钻头参数感知为突破口，构建“采集、分析、控制、优化”四位一体的智能钻头参数感知与优化控制技术体系，努力打破国外技术垄断，引领钻井数智化新潮流。

### 搭建智慧平台全方位助力钻井数字化转型

2024年2月，胜利石油工程自主研发的智汇盒成功完成产品鉴定并投入使用。这一创新成果实现了1139项工程数据的全覆盖，首次在石油工程行业实现了钻完井及井下作业全链条现场数据的采集、汇聚、存储、传输及应用，为科学钻井分析优化提供了全面、精准的数据支撑。在胜利石油工程科学钻井远程决策支持中心，技术人员通过这一“最强大脑”，远程实时分析钻进效率，指导优化钻井参数，助力作业现场高效施工。

以埕北208B-P4井为例，接到作业建议书后，钻井队迅速优化钻井参数，仅用3.1天便完成钻井施工，较预计提前8.64天。而这一切，都离不开远程决策支持团队的精准指导。他们深入分析地质特征与工程难点，针对性提出施工措施，有效降低了复杂情况的发生概率。同样，在桩斜846井的施工过程中，远程决策支持团队指导钻井队实现全井零复杂，钻

井效率大幅提升，机械钻速提高1.9倍，52.7天便钻完5248米，较设计提前18天完成施工任务。

如今，钻柱双向扭转、井筒业务一体平台、钻井及压裂数字孪生系统等一系列覆盖石油工程各业务的软硬件产品正协同推进钻井智慧化进程。面对井下突发情况，各子系统能够智能联动、快速响应，有效避免井下复杂情况，确保施工安全高效进行。

原载

2025年1月13日《中国石化报》第7版

责任编辑

魏佳琪

# 胜利石油工程：争当石油工程行业“碳路先锋”

丁剑北（胜利石油工程）

近日，山东省东营市丰页1-1-A12HF井场，一幅“绿色”施工图在这里铺开。“超级电容+能量协控”系统，为原本只能依靠柴油发电的钻机注入网电。12栋零碳板房仅靠光伏发电便能满足员工日常需要。依靠国内首个钻井行业“碳足迹”核算体系建立的能碳管理平台，正在线监控井上碳排放指标。

寻碳、管碳、降碳，“十四五”期间，作为中国石化石油工程板块的领头羊，胜利石油工程公司不断健全绿色发展长效管理体系，加强源头管控和末端治理，较“十三五”万元产值碳排放量下降42.2%、万元产值综合能耗下降48.1%，走出了一条“既要绿色低碳又要能源安全”的绿色发展之路。

## 定义国内首个石油工程“碳足迹”

未来，油田生产1吨油产生多少碳，都有明确的指标限制。作为油气开采服务方，石油工程施工作业的“碳成本”将被油田计算在内

“用水也能排碳？”该公司钻井院绿色洁净环保研究所主任师李培丽至今难以忘记，“碳足迹”的显露，当时让很多员工惊叹不已。

不同于采油，石油工程囊括行业众多，施工工艺复杂，井况不同，工序不同，耗能也不同，差异性大、个异性强，这给“碳核算”带来很大困难。

“越是困难越向前，不摸清‘碳家底’，绿色低碳发展就只能停在表面。”该公司总经理、党委副书记舒华文坚定认为。

2024年7月，该公司在国内石油工程领域率先开启“碳核算”工作，并将钻井和试油两大行业作为核算试点。

“边界定义最难。”负责此项工作的李培丽说，没有经验借鉴，行业生命周期从哪儿算开始，工序排放边界怎么定，都是问题。

几经对比，该公司最终选择将排放因子法作为计算公式，工作人员历时3个月在基层蹲点测算，形成涵盖钻井、试油全生命周期，包含原料获取与运输等30多项因子的碳排放计算模型。今年6月，中国质量认证中心通过了该核算体系的典型井评价，并向该公司颁发了国内首个石油工程碳足迹认证证书。

井上修配件使用的润滑油，也在模型计算范围。如今，基层队只要套用模型公式，便能算出施工的碳排放量。

“今年9月，中国石化启动编制绿色供应链方案。”李培丽说，未来，油田生产1吨油产生多少碳，都有明确的指标限制。而作为油气开采服务方，石油工程施工作业的“碳成本”，也将被油田计算在内。

“这意味着，我们必须向甲方提供每口井的施工‘碳标签’，并以此进入市场。”李培丽说，建立全面精准的碳核算体系，将成为公司打开国内外市场的必由之路，也将成为团队接下来的目标。

### 让降碳成为常态

该公司绿色低碳办公室每年要向基层下达年度碳排放指标，同时建

## 立能碳管理平台，有效强化过程管控

如何顺着“碳足迹”，让碳排放管控成为常态？

2023年以来，该公司先后设立绿色低碳办公室、新能源开发利用研究所和新能源服务中心，构建起“管办研”相结合的常态运行体系。

海陆“两栖”作战，国内外市场多点开花，队伍点多、线长、面广，“碳排放”如何管得住、管得好？作为日常管控部门，该公司绿色低碳办公室每年要向基层下达年度碳排放指标，年底将指标情况与双文明评比、班子绩效挂钩。同时，他们还整合前期3000口施工井能碳数据，建立能碳管理平台，通过采集基层碳排放数据、实时开展能耗监测预警，有效强化过程管控。

2024年1月，借助能碳管理平台，在深入总结制约绿色发展共性问题的基础上，该公司下发了绿色低碳工作实施方案，明确了33项重点工作任务。“每季度召开专题督导会，向主要领导汇报重点任务推进进度，对不达标单位现场公示、当场问责。”安全环保部副经理宋华说。

石英砂散装运输依靠“公铁海”联运是重点任务之一。以往，该公司采购石英砂都由中标供应商运至现场，公路运输碳排放量较高。物料抵达井场后，还需处理包装袋、扬尘等问题。启动绿色低碳方案以来，该公司去除“中间环节”，建立从厂家到井场“一站式”物供系统，通过用装载效率更高、更环保的海路、铁路运输，大幅减少了物流环节碳排放量。化工料抵达井场后，再借助自主研发的自动上料设备，实现从进料到上料全过程“零包装、零固废、零扬尘、零泄漏”，累计减少使用包装袋超过87万个。

“33项重点任务目前已高效完成23个。”宋华说，随着“十五五”到来，着眼五年工作重点，该公司又谋划了34项绿色工程，降碳永远在路上。

## 让绿色在基层“生根发芽”

**推进绿色能源新技术、新设备在基层落地，构筑基层绿色应用场景，是该公司物资管理中心新能源服务中心的主要任务**

“终于用上网电了。”该公司50670队平台经理陈公宝喜出望外。因施工用电量大，现有网电功率无法满足，该队一直使用柴油发电。今年9月初，利用“超级电容+能量协控”系统，该队实现了“网电+柴油”混动供电，大幅减少了因使用柴油带来的碳排放。

**推进绿色能源新技术、新设备在基层落地，构筑基层绿色应用场景，是该公司物资管理中心新能源服务中心的主要任务。**

物资管理中心经理陶学全说，一线施工场地小、搬迁频率快，市面上现有的新能源技术和设备不能很好地满足石油工程行业需求。根据自身特点，该公司力所能及地进行了一系列特色化探索。

传统钻井施工靠柴油发电维系钻机运行，但柴油燃烧时带来一定碳排放。推进“网电代油”以来，该公司为胜利油田东部陆地钻机配备了网电装置，但2024年初只有部分钻机能使用网电。陶学全分析说，部分施工用电负荷大，单用网电无法满足；部分施工区域地处偏远，又接不了网电。

针对用电负荷大的现状，该公司融合“超级电容+能量协控系统”等前沿技术，在钻井现场应用能量平衡多源协控装置，实现网电与柴油并联供能，在满足施工需要的同时，最大化利用网电，今年以来，钻机网电利用率提升至70.5%。

网电普及了，如何才能最优化？该公司大力实施绿电能耗最优柔性生产模式，严格执行“削峰填谷”策略，将钻进等高耗电作业调整至凌晨电价低谷时段，并根据生产实际情况将短起下钻、接立柱等低耗电作业调整至电价非低谷时段，最大限度降低高峰用电负荷，同时，全面跟

踪每台设备功耗带来的电价波动，建立《基层关键设备功率/能耗清单》，为用能调整提供可靠依据。今年以来，该公司通过推进柔性用电，减少碳排放量1050余吨。

针对井场地处偏远、无法连接网电的情况，该公司积极推广新能源供电模式。今年8月在50695队应用“甲醇代油”发电，效果良好。同时，引进钻井储能装置，在70121队应用“柴油+储能”供电，累计节省柴油消耗约43吨，减少碳排放135吨。

“绿色”落地，还改善了员工生活。今年3月，该公司试油8队应用光储供能后，当月累计降低柴油成本8.33万元，员工绩效随之增多。“还有没有这样的新技术？”该队党支部书记关菲说，如今，员工们对低碳无比期待。

“绿色”涌进一线，也同样“普照”后勤机关。针对后勤机关场地固定、用电负荷相对较小的情况，该公司大力推广光伏建设，在新疆塔里木分公司后勤场地建立分布式光伏电站。2023年以来，塔里木分公司累计发电73万千瓦·时，节约能耗90吨标准煤；管具技术服务中心建设太阳能光伏电站，3年来累计节省电费22万余元，节约能耗约126吨标准煤。

尝到光伏发电甜头，今年，该公司又选取两家单位驻地作为试点，拟在年底完成“零碳厂区”改造。改造后的厂区，所有用电将完全依靠“光伏+储能”，实现真正意义上的“零碳”。

原载

2025年12月23日《中国石化报》第6版

责任编辑

马 玲

# 中原石油工程：研制生物质合成基钻井液 解钻井难题

杨静丽 程相东（中原石油工程）

进去的是棕褐色的“地沟油”，出来的是清澈透亮的生物质合成基钻井液。在中原石油工程公司钻井工程技术研究院油田化学研究所实验室内，科研人员正在进行变废为宝的绿色创新。

近年来，中原石油工程深耕绿色钻井技术领域，研制出生物质合成基钻井液。与常规柴油基钻井液相比，该钻井液环保性能优异、钻井效率高，可实现高效钻井与低碳减排双赢。截至目前，该钻井液已成功应用在中原、江汉等多个油田，凭借突出的性能及成本优势获得市场认可。

## 创新突破，让地沟油“逆天改命”

“传统的矿物油基钻井液是一把双刃剑，虽然在润滑度、井壁稳定性等方面存在较大优势，但后期处理成本也高得让人望而却步。”该院油田化学研究所所长单海霞介绍道。

为了从源头实现高效环保钻井，该院油田化学研究所成立专项科研团队，立志找到一种既能满足工程需求又能生物降解的替代基液。经过反复实验，科研团队最终将目光投向地沟油等废弃油脂，这类来源广泛、价格低廉的废弃油脂，若能实现无害化改性，将成为理想的环保钻井液。

原料。

然而，让地沟油“逆天改命”绝非易事，其难点在于地沟油含有大量的脂肪酸类化合物及各类杂质，性能极不稳定，活性较差，高温下容易分解。因此，找到合适的生物酶催化剂成为破题的关键。

“科研初期，我们尝试过国内外的上百种生物酶催化剂，不是成本太高就是性能不达标。”该院钻井液工艺专家位华表示。现成的产品靠不住，科研团队就从零开始自己研究，历经近10年的攻关，培养出一种耐高温、高活性的特殊生物酶。

这种生物酶如同“分子剪刀”，精准切断地沟油中的不稳定化学键，再通过化学改性重构分子链。经过多次配方优化，生物质合成基钻井液终于成型——在160摄氏度高温下仍能保持稳定，性能与矿物油基钻井液相当，且环保指标更优。

## 定制方案，专攻各类“疑难杂症”

生物质合成基钻井液研制出来了，但仍需要通过现场的重重考验。

濮7601H井是中原油田在东濮老区部署的首口页岩油水平井。东濮老区地质构造错综复杂，页岩层与砂岩、盐岩、断层犬牙交错，由于该区应用常规水基钻井液极易引发井壁垮塌，而矿物油基钻井液使用成本较高，被地质研究人员称为最难攻克的页岩油“硬骨头”。中原油田经过充分调研论证后，决定采用生物质合成基钻井液“放手一搏”。

“我们根据地层特性，在基液中复配了不同功能的处理剂，形成相应的生物质合成基钻井液。应用后，有效增强了井壁稳定性。”现场技术人员介绍。最终该井目的层钻遇率100%，创濮东老区完钻井深最深、垂深最深、水平段最长等多项施工纪录。在实现东濮页岩油突破的同时，也让该院研发的生物质合成基钻井液崭露头角。

位于长江流域的西南油气分公司中江气田重点施工井——江沙321-11HF井，则见证了该钻井液的环保实力。甲方秉持“零污染”的施工要求，通过对施工效率、安全环保等指标的反复对比和充分论证，最终选定不含硫、氮、芳烃的该生物质合成基钻井液。应用后，该井成功钻至完钻井深4588米，获甲方“润滑性好、抑制能力强、环保性能突出”的高度评价。

### 服务延伸，构建“研产用”价值链

4月10日，该院油田化学研究所技术人员针对江汉油田复兴区块兴页L11HF井的地层情况调配生物质合成基钻井液。“研发只是第一步。从定制研发、批量生产到现场应用，我们已经构建起完整的服务体系，实现了价值链的延伸。”位华介绍道。

今年初，该院接到两笔来自江汉油田复兴工区的“定制订单”。复兴区块目的层凉高山组页岩黏土含量高，隔夹层多，水平段施工摩擦阻力大，严重制约提速提效。

接到任务后，科研团队深入施工现场剖析井况，有针对性地“调制”出可增强井壁稳定性、减少施工摩擦阻力的专项钻井液技术方案。

同时，该院生产保障中心以需定产，精准排产并严格管控产品质量，保障钻井液产品供应。现场应用后，技术团队持续跟进，不断优化调整钻井液配方，确保施工顺畅、钻井作业安全高效推进。

“接下来，我们还将不断优化生物质合成基钻井液的配方与性能，使其能够适应更多、更复杂的钻井应用场景，为复杂油气田高质量开发提供绿色动能。”单海霞说。

原载

2025年4月15日《中国石化报》第2版

责任编辑

封雪寒

# 江汉石油工程：智能钻井技术就像“武林高手”

王宗华 李知聪（江汉石油工程）

6月18日，红页20平台江汉石油工程70366JH钻井队司钻管宏强的操作间内，环绕的屏幕数据闪烁。他指尖轻点控制面板，推动摇杆，沉重的钻柱便被二层台排管手精准送入井口。“以前是人拉肩扛拼体力，现在像武林高手，四两拨千斤，摇杆一点就能操控全局。”管宏强笑着说。这是智能钻井技术对传统“脏、累、苦、险”作业模式的深刻变革。

## 钻台“无人化”，“蓝领”变“白领”

装备自动化是这场变革的基石。“过去钻具吊装靠人拉肩扛，气动绞车加人力，一套操作需要四五个人，大套管还得动吊车。现在两个人即可通过远程集成控制完成无接触操作。”90117JH钻井队平台经理邵将说，“更关键的是大大减少了人员在危险区域的停留。”他所带领的队伍操作着国内顶尖的90DB全自动电动钻机征战“深地工程”顺北油气田。该钻机集成二层台自动排管、液压吊卡等九大自动化系统，堪称“一键式”人机交互典范。

以“动力猫道”“钻台机械手”“铁钻工”为核心的自动化装备，正深刻改变着井场生态。该公司大力配置自动化装置，覆盖率达53%，钻

机电动化占比高达86%。这不仅大幅降低了管柱作业风险，减轻了员工劳动强度，更减少了二层台高危作业，效率显著提升，“钻台无人化、井场少人化”正加速实现。

### 泥浆“智能管”，实时预警守护安全

安全是钻井的生命线，智能技术为井控安全构筑了实时感知的“神经网络”。位于焦页68平台的50143JH钻井队，泥浆工忙碌的身影已成为过去式。“过去坐岗要掐着表每15分钟测量一次液面，现在装了智能液面检测器，所有泥浆罐体积和高度实时显示，一目了然，高效又可靠。”该队泥浆技术员裴正对新装备赞不绝口。智能坐岗系统如同“AI泥浆工程师”，配合钻井液性能在线监测系统，构建起感知“钻井血液”的智能防线。

智能坐岗系统突破了人工监测的频次与精度极限，改变了完全依靠“人盯人防”的传统模式，能第一时间精准捕捉井漏、井涌、失返等异常苗头的细微变化，成功将井下故障复杂率降低了30%，以无间断、高灵敏的“全时段守护”，为安全生产构筑起智能防线。

### 井场“智慧脑”，数据驱动精细钻井

更深层的变革源于数据驱动的精益管理。装备全生命周期管家的MRO物联网系统，是井场“智慧脑”的核心引擎之一。

MRO不仅让现场设备从“经验管理”迈入“智能管理”，而且提供的泥浆泵凡尔磨损数据、柴油机精确运行时长等信息，让技术员像“外科医生”一样提前了解装备情况，非计划停机大幅减少，装备可靠性和利用率显著提升。此外，MRO系统给绞车、发电机组、顶驱等关键设备

装上了传感器和射频识别（RFID）标签，实现一物一码，通过MRO系统后台，该公司能动态掌握各井队装备运行和配件库存等情况，急需某型号非常规配件时，平台能迅速锁定距离最近、有可用配件的队伍，为科学调度提供强力支撑。

从装备维护保养计划的智能提示，到跨队伍装备资源的精准统筹，MRO物联网系统正逐渐构筑起“数据驱动、预防为主、智能决策”的精益装备管理模式，不仅有力支撑该公司“深地工程”、超长水平段等重点项目在复杂条件下的安全高效钻进，也为后续作业积累了数字化装备管理经验。目前，该公司已有12支队伍完成了MRO物联网系统配置。

 原载

2025年7月14日《中国石化报》第7版

**责任编辑**

季佳歆

# 经纬公司：“经纬领航”树立国产旋导技术新标杆

赵春国 丁大雷 郑志成 渠玉兵（经纬公司）

日前，涪陵页岩气田焦页44-Z5HF井刷新亚洲页岩气井井深最深、亚洲陆上水平段最长纪录；顺北油气田SHB5-18H井创造我国自主旋导垂深最深、造斜点最深等纪录。

今年以来，经纬公司持续推进旋转导向技术大规模应用，加快开展远程技术、性能测试、数智赋能等专项攻关，自主研发的“经纬领航”旋转导向系统连创纪录，一趟钻成功率等重要指标达国际先进油服公司水平，树立了国产旋导技术新标杆。

## 远程技术支持，打造“线上智库”

“增斜参数异常，请求远程支持！”8月12日，胜利工区官152HF井旋导施工现场，工程师曾文星通过经纬定向旋导远程支持系统向“线上智库”发起求助，旋导技术专家赵海滨从系统内调取三维地质模型并生成参数方案，快速帮助现场解决施工难题。

经纬公司对标国际先进，开发经纬定向旋导远程支持系统与经纬智汇钻井优化系统，构建远程支持中心枢纽，形成以现场3人作业组为前方单元，与后方专家团队实时联动的“3+X”远程智慧作业新模式。井下

出现异常情况时，旋导技术专家能在5分钟内响应井下异常、半小时内完成处置，复杂工况处置效率提升至40%以上，助推旋导作业全面提档升级。

此外，他们建立超限振动预警机制，现场振动数据通过系统同步传输至远程支持中心，由值班人员实时监控、预警和处置。专家团队基于地质力学建模与邻井数据，对每趟钻的钻具组合进行优化调整，使工具振动异常趟钻数同比降低15%，实现远程监测、分析、优化的闭环管理。

## 多重测试，为旋导仪器“保驾护航”

旋导施工常面临高温、高压、高振动环境，如何防患于未然？“打水试验是关键。”经纬公司地质测控技术研究院院长席习力介绍道。

“打水试验”又叫水循环测试，通过模拟井下高温高压的流体环境，对旋导仪器内部的水路系统、密封性能及承压能力进行全方位检测。

经纬公司对标国际先进，严格执行压力测试标准，所有的旋导仪器在作业前都要经过时间不少于2小时、压力高达15兆帕的水循环测试，确保仪器在极端条件下的密封性、耐压性和工作稳定性达标。今年以来，已进行水循环测试232次，发现并消除所有故障。“测试时多发现一项问题，施工时就少一处隐患。”旋导维保中心副主任李洪彪说。

此外，旋导研发团队还聚焦旋导仪器振动失效风险，开展“步进高温—温度循环一步进振动—综合应力”四阶测试，通过模拟施工环境，锁定电路薄弱点，提升电控系统可靠性；开展“结构密封+结构强度”优化，通过旋导整体结构高温高压测试，提升结构可靠性，促使旋导仪器在几千米甚至近万米深的井下拥有了“钢筋铁骨”。多重测试下，旋导仪器对抗高温、高压、高振动的能力显著增强，旋导仪器计划外返修率下降明显。

## 数智赋能，突出重点“靶向攻坚”

在顺北油气田，工程师紧盯屏幕上跳动的数据，这里的每一次参数调整，都关乎着钻井能否精准命中目标油层。旋导系统是多学科融合的复杂智能测控系统，而这样的施工场景，正是“经纬领航”团队数智赋能攻坚的主战场。

团队利用人工智能和大数据，建立钻井参数数据库，深度分析大量施工数据和维保记录，全面梳理旋导作业现场施工难点堵点，开发出各施工区块专属指令集。在顺北地区，面对20余种地层工况，团队通过多参数、多目标协同算法，完成“毫厘之间”的钻井参数动态优化，连续实现中靶率100%、储层钻遇率100%。

而在胜利油田页岩油重点区块，团队借助大数据分析平台，对邻井300余组地质与施工数据进行深度挖掘，通过机器学习算法精准定位不同伽马值地层对机械钻速的影响规律，快速筛选出地质、工程“甜点”区域。同时，运用智能设计系统，经AI算法优化，创新研发4D异形齿钻头，使平均机械钻速提升50%，数智技术成为推动旋导施工提速增效的核心动力。截至目前，“经纬领航”旋导系统在胜利工区非常规页岩油井施工占比达77%。

原载

2025年9月9日《中国石化报》第2版

责任编辑

封雪寒

# 经纬公司：数智赋能为地层识别做“高清CT”

单旭泽 袁 滨 焦保荣（经纬公司）

“数字化技术就像是为地层录井作业做‘高清CT’，可以精准显示地层各项指标，让我们实现岩芯岩屑快速研判、甜点精确捕捉。”近日，经纬公司胜利地质录井公司在胜利油田FY3HF井中创新应用“数字岩石+全直径岩芯核磁+岩芯高精度图像扫描”组合技术，通过科学精准的地层解释与甜点优选，为压裂选层提出关键建议，助力该井试油获高产工业油流。

今年以来，胜利地质录井公司持续强化科研分析能力，推动数字化技术在页岩油、火成岩等复杂储层中规模化应用。截至目前，已完成41口井储层和目的层的数字化、智能化评价，实现“定性判断”转变为“定量分析”，显著提升储层参数预测精度与开发效率。

过去，岩芯岩屑分析采用“车辆运输、异地送检、排队等待”模式，耗时2小时至6小时，影响钻井现场决策效率；存在岩芯描述与地层判断采样间距偏大、定性评价多等问题，制约了地层精细刻画水平。

“现在，采样间距已由20厘米加密至2厘米，岩性、物性、含油性、可动性等变量由定性描述变为定量描述。”该公司薄片鉴定副主任师侯瑞卿介绍，数字化技术能清晰识别并实时分析每一毫米岩屑里极其微弱的油气信号。

今年4月，在利页203-2HF井解释评价中，技术人员运用数字岩石技术，系统获取2352米岩屑的31种元素含量、50余种矿物成分等9类数据与图像，据此拟合出7项关键参数，精准识别出28个工程甜点段。目前，该技术在胜利工区页岩油甜点评价中，可快速获取矿物组分与物性信息，综合评价符合率高达94%，储集性评价符合率达84%。

面对临盘采油厂田15HF井储层强非均质、油水关系复杂等挑战，该公司项目团队采用全直径岩芯核磁技术，实时获取含油性等8项连续参数，结合三维定量荧光等常规录井手段，提出试油9层、靶窗选层2层、规避出水层6层的建议，被甲方采纳，采纳率100%。“全直径岩芯核磁技术使单井油气层综合解释耗时从1天压缩至30分钟，解释符合率由68%提升至83%。”侯瑞卿介绍，关键数据实时生成，让储层流体评价更快捷、判断更精准。

10月，在纯梁采油厂梁217-斜37井施工中，经过对80米岩芯高精度图像扫描，岩芯外表面、剖切面等数据实现360度数字化成像。“岩芯高精度图像扫描技术如同为岩芯做高精度‘核磁’检查，3秒即可捕捉微米级孔隙特征，任何油气显示的‘蛛丝马迹’都一览无余。”该公司地质研究解释中心负责人王宇轩介绍。

过去，含油级别依赖于肉眼观察和荧光灯下发光状态粗略估算，误差难以避免。如今，岩芯高精度图像扫描技术可定量分析荧光强度与含油信息，将含油观察时间由5分钟缩短至20秒以内。所有图像数据均存储于“实物资料可视化网络平台”，为压裂选层与效益开发提供可靠依据。

从“定性经验”到“定量精准”，从“人等结果”到“数据秒达”，该公司持续深耕“数字化+油气识别”领域，以数字化技术助力油气勘探更精准高效。

原载

2025年11月19日《中国石化报》第2版

责任编辑

郑 虹

# 经纬公司：高温高压测井技术 实现国内领先

赵春国 渠玉兵 丁 静 邵云丽 任燕敏 高佳慧（经纬公司）

近日，由经纬公司负责施工的中原油田东濮探区重点风险探井海通1井测井顺利结束，该井实钻井深5618米，井底温度193摄氏度。面对区块最深、温压条件最复杂等不利形势，经纬公司自主研发的国内首套260摄氏度超高温高压测井仪器凭借卓越的耐温耐压性能和精准的数据采集能力，成功获取了关键地层资料，为后续勘探部署提供了可靠依据。

今年9月，经纬公司260摄氏度超高温高压测井仪器入选国家能源局评定的能源领域首台（套）重大技术装备。紧接着，“经纬视界”高温高压测井系列仪器通过集团公司科技部鉴定，整体达到国内领先水平。“突破特深层油气是保障国家能源安全的重要接替领域，我们面对技术难关‘十年磨一剑’，打破了长期依赖进口的局面，实现了高温高压测井装备全场景应用。”项目负责人、经纬公司测井工程高级专家臧德福说。

## 迎难而上，攻克“卡脖子”难题

今年8月底，经纬公司高温高压测井仪器出口至乌兹别克斯坦，这是经纬公司成立后首次出口成套测井装备。

测井是石油勘探开发必不可少的重要环节，是找油找气的关键工程

技术，被誉为油气勘探开发的“眼睛”。

回溯到2013年，当时国内测井行业缺少自己的高质量仪器，主力装备多是上世纪90年代引进的老旧型号，进口新仪器或配件不仅价格昂贵，而且时间周期受外方控制，严重影响施工效率。经纬公司胜利测井公司迎难而上，臧德福、李海、丁世村等专家组成项目团队，锚定国际先进水平开展专项攻关，自主研发新的测井仪器。

对于测井仪器而言，温度、压力是横亘在团队成员面前最大的难关。特别是随着我国油气勘探开发重点向“两深一非（深地、深水、非常规页岩油气）”挺进，地质结构更加复杂，越来越多的油气井井深超过6000米、8000米，甚至万米，高温高压难以避免。

“一深万难，井下温度每升高1摄氏度，仪器配件的耐受能力、形变程度及功能等都会发生变化，加之井眼轨迹波动大、井况差，多种因素使得高温高压测井仪器研发迫在眉睫。”经纬公司测井工程技术专家丁世村感慨。

团队成员孙锋记得，为了满足对测井仪器地面系统传输速率和稳定性精益求精的要求，无数个深夜，他不停地绞尽脑汁，把刚写好的软件代码又删除修改；为了让新仪器缩短总长度实现一趟快测的极致目标，大家反复讨论、集思广益，在一个短节上集成更多的功能，好在长度固定的前提下安装更多的电子元器件；为了提升仪器绝热性能、实验新的隔热工艺，首席技师李海查阅众多资料，像神农尝百草一样，从数不清的金属和非金属配件里，寻找符合耐高温要求的最佳排列组合。

研发过程中为了测试仪器的耐温耐压能力，胜利测井公司专门建立了中国石化重点实验室——国内温度、压力指标最高的高温高压实验室。该实验室温度压力指标260摄氏度/210兆帕，可仿真模拟地层高温高压环境、检测测井仪器耐高温高压性能，满足超高温高压仪器研发、测试，兼顾随钻测井仪器测试需求，整体技术指标达到国内领先水平。

2021年，经纬公司挂牌成立后，把研发力量集中到地质测控技术研究院成立测井技术中心，高温高压测井仪器研发驶入了快车道。研发团队依托高温高压实验室，累计开展室内和现场试验1000余次，连续攻克30余个技术难题，取得高强度及承压密封、高温采集及低功耗、井下自动稳谱及首波识别等12项创新成果。

有志者，事竟成。团队历时8年，自主研发并精心打造出MVLog测井系统平台，形成175摄氏度、200摄氏度等系列测井技术，较好缓解了井下高温高压矛盾。

### 迭代提升，量身定制超高温高压仪器

3年后的今天，尽管带队啃下了数不清的“硬骨头”，但团队成员、经纬公司测井工程技术专家王金茂回忆起胜利油田工区重点风险探井渤海深斜10井测井作业的情景，仍记忆犹新。这也是高温高压测井系列仪器的成名之战。

2022年初，新仪器在渤海深斜10井测井作业，一举刷新当时国内直推存储式测井施工温度最高纪录——201.2摄氏度。

渤海深斜10井深6340米，最大井斜62度，水平位移2900米，测量井段长1628米，是典型的超深超高温大斜度井。该井最大施工难度在于井温很高，对于下井仪器长时间稳定性工作挑战巨大，当时国内大多数测井仪器只能在175摄氏度以下工作2小时左右，临近200摄氏度则会停止工作。胜利测井公司使用超高温测井仪器，在井下经受住了长时间200摄氏度以上高温考验，一次成功完成了所有数据采集。

2022年9月，胜利测井公司再次圆满完成集团公司重点探井——四川盆地元深1井的四开中完测井施工，完钻井深8680米，创当时中国石化测井最高压力纪录。

“随着高温高压测井仪器一次次现场应用成功，也为我们继续聚焦深层、特深层及复杂油气井，研发市场满意的测井仪器坚定了信心。”经纬公司地质测控技术研究院院长席习力说。

“施工需要什么，我们就研制什么。”高温高压测井系列仪器是一个系统工程。经纬公司领导带头走访市场，广泛听取胜利油田、西北油田、西南油气、江汉油田等企业意见建议，结合各工区地质条件和油气藏实际情况，坚持走好技术突破、现场应用、反馈改进的迭代提升之路，实现了“从无到有、从有到优”的量身定制。

针对页岩油气长水平段、高温高压测井资料采集需求，研制175摄氏度/140兆帕过钻头测井仪器，包含三参数、遥测、伽马、连斜、井径、双侧向、声波、补偿中子、岩性密度、伽马能谱、阵列感应、阵列声波等，实现了钻井通井过程中完成资料采集，单井为钻井队节约1~2趟通井。2021年以来累计应用300余口井，测井一次成功率98%，成为胜利济阳页岩油国家级示范区指定测井仪器。

针对中国石化“深地工程”超深井、超高温高压井及复杂井况逐年增多，研制了200摄氏度/206兆帕高温高压直推存储式测井仪器系列，包含四参数、遥测、伽马、连斜、井径、双侧向、声波、补偿中子、岩性密度等，实现不同钻井液条件下资料采集和精细评价。2021年以来累计应用290余井次，承担了绝大部分超深探井施工。

针对高温高压超深层复杂储层资料评价难题，研制了耐温200摄氏度、耐压172兆帕的推靠式、灯笼体两种结构，电缆、直推两种输送方式的高温电成像测井仪，通过阵列式纽扣电极测量井壁附近的地层电阻率，利用色谱直观展现井壁图像的测井技术，能够对井筒周围地层介质直观、清晰、高分辨率成像，对于砂泥岩薄互层的有效划分、裂缝油藏的裂缝和储集性能分析、复杂岩性油藏的参数评价起到不可替代的作用。

针对超深层小井眼测井，团队研制成功230摄氏度/172兆帕高温高

压小直径电缆测井仪器，包含三参数、遥测、伽马、连斜、井径、声波等，满足超深层小井眼常规测井资料采集需求，实现“一趟快测”，在四川、青海、新疆等区块应用，顺利完成元坝7井、GR1井等重点井施工，为超深层油气、地热资源等领域勘探开发提供技术支撑。

最令人兴奋的是，针对中国石化“深地工程”超万米深井部署，经纬公司超前谋划，取得远程测控成像测井系统、超高温高压高效绝热及承压密封技术、双侧向可控功率发射技术、数字声波发射温度补偿等创新成果，研制成功国内首套260摄氏度/206兆帕超高温高压测井仪器，温度压力指标国内最高，解决了我国特深层超高温高压数据采集难题。截至目前已完成18口超深井应用，刷新多项施工纪录。

### 提质增效，“经纬视界”仪器系列实现全场景应用

去年4月，胜利油田西部油气勘探项目部北疆工区征深101井井场，经纬公司测井操作工程师紧盯着屏幕上不断刷新的测井曲线，260摄氏度超高温高压测井仪器正稳定传输来自准噶尔盆地地下8962米深处的地层信息，该井再次刷新了新疆准噶尔盆地测井最深纪录。

“两年前，这样的超深井测井，我们还必须依靠进口设备，光等待调试就要半个月。”自研高端测井仪器终于不再受制于人，现场所有人自豪感满满。

“高温高压系列测井仪器助力深层超深层测井施工的时效总体提升近25%，深受用户企业认可。”胜利测井公司经理郭同政说。

2024年10月，经纬公司发布“经纬视界”高温高压直推存储式测井仪器、超高温小直径测井仪器等新技术，受到各方高度评价。

“经纬视界”高温高压测井系列技术在“深地工程”、非常规页岩油气等方面发挥着越来越重要的作用。截至目前，“经纬视界”系列高温高

压测井仪器已连续攻克8000米以上超深井近50井次、175摄氏度以上高温井34口、150兆帕以上高压井16井次，助力“深地工程”测井资料采集率提高22%，优质高效完成多口重点探井资料采集任务。

其中，在井深9432.55米的新疆YJ3-3XC井施工中，技术人员使用高温高压测井仪，克服高温高压、地层复杂、超大位移等施工难题，创中国石化垂深大于7100米井水平位移最长施工纪录、亚洲陆上水平井测井最深纪录。

“截至目前，测井仪器从175摄氏度、200摄氏度、230摄氏度到260摄氏度，已形成210种仪器及工具的全系列产品矩阵，施工覆盖陆地各工区、海上全场景，自主可控率达99.3%。累计现场应用1000余井次，超深井作业成功率98%，为东部老区挖潜、西部深层勘探以及海上油气开发等注入坚实动力。”臧德福说。

展望未来，“经纬视界”高温高压测井系列仪器的创新探索之路仍在继续，团队正瞄准超高温高压成像类高端仪器继续攻关。同时，针对新能源领域的地热勘探、盐湖锂矿开发等，研发专用测井装备，推动高温高压测井技术应用于更多领域。

原载

2025年11月25日《中国石化报》第8版

责任编辑

季佳歆

# 经纬公司：射孔技术踢好 油气勘探开发的“临门一脚”

赵春国 刘福宽 丁 静 邵晓玲（经纬公司）

“连续施工21天，两口井70多层，虽然施工难度较大，但射孔一次发射率和一次成功率均为100%。”8月15日，在山东东营胜利济阳国家级页岩油示范区重点井组牛页2号台射孔施工现场，经纬公司胜利测井公司射孔项目部多射5队队长巴黎正带队进行收尾工作。

射孔被喻为油气勘探开发的“临门一脚”，其目的是建立井筒与目的层之间的油气产出通道。长期以来，经纬公司依托中国石化重点实验室——高温高压射孔效能实验室，逐步形成了满足“两深一非一老”（深地深水、非常规、老油田）不同地质条件、储层类型的射孔新技术、新工艺，为油气井高效勘探开发提供了强有力技术支撑。

## 高导流射孔 自主创新助力老油田增产

7月28日，胜利测井公司利用高导流射孔技术，成功完成胜利工区高89-斜25等多口井施工，助力油田增储上产。

高导流射孔技术是常规射孔大家庭的重要成员，由胜利测井公司自主研发。集团公司专家组鉴定，技术整体达到国际先进水平。其中，基于熟能材料二次爆炸做功提高孔道导流能力的射孔弹达到国际领先水平。

“我们研发的新技术新工艺首先要满足油气生产现实需求。”经纬公司射孔工程高级专家张林说。随着胜利、中原、河南等老油田勘探开发进入中后期，对常规射孔技术创新的要求也越来越高。

项目立项前，张林带领技术人员先后十余次走访胜利油田各单位征求意见，项目团队把突破点放在了新型自清洁射孔弹实验研究上，创新射孔孔道改造技术思路，研究配方配比控制方法，研制出新型药型罩，通过聚能射流在孔道内二次做功，提升有效孔容、流动效率。

不仅如此，针对不同储层的高效射孔完井需求，胜利测井先后成功研制高导流、深穿透、大孔径、高孔密、定方位等系列射孔器，开发完成（动态）负压射孔、电缆（油管）输送射孔、射孔测试联作等技术系列，建立形成油气井射孔动态优化系统，实现了高效射孔增产。

截至目前，高导流射孔技术在胜利油田施工1000余口井，平均单井液量提升17%。负压射孔、电缆（油管）输送射孔等常规射孔技术施工井数也不断攀升，受到上游企业高度认可。

### 一体化泵送射孔 为页岩油气开发“量身定制”

四川盆地是我国第一大页岩气区，针对页岩气泵送射孔施工中存在的井眼轨迹复杂、套变情况多、工具串装配复杂等难题，经纬公司西南测控公司持续攻关，形成了一体化泵送射孔配套工艺系列，大幅提升了泵送射孔的作业效率和安全性，泵送射孔一次成功率从90%提高到99%。

在一体化泵送射孔配套工艺系列中，控制系统是不可或缺的“大脑中枢”。技术人员为研制一体化泵送控制系统，专门根据泵送射孔工艺流程对关键参数的需求，研制出集成化程度高的一体可视化绞车面板，实现深度、张力、磁定位、压力、排量、震动等多参数综合采集与显示，较传统绞车面板优势明显。

除了“大脑中枢”，一体化泵送射孔配套工艺系列也离不开“手和脚”——模块化系列井下工具。团队基于常规射孔枪+接头的功能性研究，研制了系列模块枪串，同时为解决套管变形导致的工具串阻卡等难题，研发了泵送射孔震击器。

针对以往桥塞结构不稳定、高压密封难、溶解难等难题，团队自主研制“经纬祝融”全可溶系列桥塞，设计导轨式卡瓦槽、全包围护碗、分体式引鞋，有效应对低温、套变井等生产场景。

一体化泵送射孔配套工艺系列不仅在四川盆地全面应用，而且在陕北煤层气、广西煤层气等区块也发挥了重要作用。截至目前累计施工近400井次，完成泵送射孔约5900段、31000余簇。

值得一提的是，针对深层超深层及非常规页岩油等勘探开发难题，经纬公司持续完善一体化泵送射孔配套工艺系列，建立了温度压力设计指标全国最高、具有国际领先水平的高温高压射孔效能实验室，深入开展射孔效能检测和参数评价。在四川盆地集团公司重点探井福1井顺利完成泵送射孔施工，创亚洲射孔作业井温最高（221摄氏度）纪录；在北疆工区重点井庄深1井完成全国首例超7600米分段桥塞多簇射孔施工，为非常规射孔提供了可借鉴的技术模板。

## 爆炸松扣和机械切割 解决钻井作业卡钻难题

5月5日，新疆“深地一号”顺北工区，随着点火按钮按下，司钻房内指重计由184吨恢复到正常悬重169吨，井口震动明显，标志着由胜利测井负责的顺北5-24X井爆炸松扣施工顺利完成，困扰钻井队的钻具卡死难题迎刃而解。

这不是经纬公司第一次展示工程射孔的“绝活”。今年4月，在顺北工区顺北1-13JS井完成油管测卡及机械切割施工，刷新国内机械切割井

深最深纪录，一次成功率100%。去年2月，圆满完成顺北6-5X井钻杆切割任务，创造了中国石化切割解卡工艺深度最深、井底温度最高两项工程纪录。

近年来，由于西北、西南等工区地质构造复杂、钻井深度大，钻具遇卡成为常见问题。胜利测井等单位组织技术专家开展超高温高压小井眼爆炸松扣和机械切割等工程射孔技术研究，为施工队伍装备万米高温电缆绞车、耐高温高压测卡仪、爆炸杆等工具，解决卡钻难题。

今年2月，在西南工区中国石化重点井绵竹1井，西南测控公司完成了一项极具挑战性的爆炸松扣施工任务，面对该井井下管柱长达半个月的“卡钻顽疾”，他们在射孔专家谭猛现场指导下，一次性解卡成功，赢得甲方高度赞誉，成为行业标杆案例。

近3年，经纬公司先后完成顺北5-3井爆炸松扣施工、顺北鹰1井切割施工等高难度解卡任务600余次，创国内爆炸松扣、切割施工最深等多项纪录，解卡成功率在96%以上。

原载

2025年9月1日《中国石化报》第7版

责任编辑

季佳歆

# 石化机械：数智化全电动压裂装备成为 油气高效开采新引擎

卢 鹏（石化机械）

近日，石化机械针对超深层压裂规模大、高压下压裂泵寿命短、单机功率小、设备配套数量多等难题，研制出最新一代连续满载数智化全电动压裂装备，在焦页32平台完成3口井122段压裂作业，累计使用244小时，单机输出排量2~2.9立方米/分钟，设备平均负载率41%~60%，同工况下相较上一代产品性能提升40%，机组装备数量减少33%。

石化机械研制的数智化全电动压裂装备曾在国家页岩油先导示范区重点工程樊页1试验井组应用，打破了胜利东部油区单井段数最多施工纪录，实现全自动模式下供液、供砂系统自运行。随后，胜利牛页1试验井组同时应用两套数字化指挥中心打造“联合舰队”，首创页岩油双机组同步电动压裂新模式，通过智能变频、装备集群化控制技术实现“零排放”作业， $7\times24$ 小时持续输出绿色能量，不仅助力打造“绿色开采示范区”，而且填补了“同步电动压裂”装备技术空白。

## 前沿攻坚 从蓝图到实物的跨越

压裂装备是实现增产的核心设备之一，是从“低效难采”向“高效经济”跨越的核心驱动力。20世纪80年代末以来，石化机械四机公司先

后开发出国内首套700型、1000型、1800型、2000型压裂机组。2008年，由石化机械自主研发制造的世界首套车载式2500型压裂机组亮相普光气田大型酸压现场。2013年，功率更大、马力更强、自动化控制程度更高的3000型压裂车问世，并在涪陵国家级页岩气示范区建设中大展身手，成为主力装备。2014年8月，在焦页42号平台当时国内最大规模的“井工厂”交叉压裂施工中，3000型压裂装备创下7项压裂施工新纪录。

但新的困扰随之而来。“20多台压裂车同时作业，像联合舰队，壮观，但噪声也大。”石化机械着力突破大功率电动驱动系统关键技术瓶颈，研制5000型超大功率电动压裂装备，适配压裂作业复杂工况。

2017年12月，石化机械研发的首台电动压裂泵装置在涪陵193平台完成先导试验，随后，历经单台工业试验、油电混合压裂到全电动成套压裂。

2020年5月，超大功率全电动压裂成套设备在涪陵页岩气田焦页27东平台成功开展工业试验，首次从主压装备到辅助设备实现100%电动化、橇装化。

该成套设备的核心——超大功率电动压裂装置采用多相变频电驱动压裂泵系统，是基于中国高铁变速控制技术的自主创新，部件国产化率超过95%。与传统压裂装备相比，该成套设备取得了机组功率智能匹配、装备集群控制和远程数据管理等7项创新成果，功率更大、智能更高，二氧化碳、氮氧化物等实现零排放，且降噪20%以上。

## 数智领航 智慧大脑赋能开采

随着页岩油气勘探开发深度纪录被不断刷新，为了更有效地压开地层，形成更复杂的裂缝网络，从而增加油气的渗流通道、提高油气产量，智能成为研制压裂装备的关键词。

给压裂装备装上“最强大脑”，利用大数据算法与人工智能模型，精准调控压裂泵注程序成为趋势。操作人员在远离井场的中控室，面对可视化大屏，就能依托电脑分析决策，实现远程、精准、自动化作业，大幅提升压裂效率，将过去粗放式压裂带入精细化时代。

石化机械基于自主开发的 SOFELink 智能控制平台，充分利用物联网、大数据、智慧云平台等先进技术，实施信息技术改造和作业全流程优化，将企业生产经营全业务链数据化整合，推进信息技术和油气装备深度融合，促进生产效率提升和装备应用的数字化智能化转型升级。

石化机械联合江汉石油工程，在涪陵页岩气田开展混砂、供配液、液罐液位等辅助装置的自动化技术攻关，初步实现主、辅装备的远程集中控制，推动了压裂全井场施工现场操作的无人化。

2024 年，石化机械在胜利油田将 5G 技术应用于大功率油气压裂机组施工中，现场部署 16 套压裂装备，包括 12 台主压电驱压裂橇、2 台泵送电驱压裂橇、1 个双扩数字化控制中心和 1 套低压全流程系统，设备及视频全部接入压裂机组 5G 系统，实现可视化远程监控、高清视频并发传输、实时监测与集群控制，引领压裂增产作业迈入全机组 5G 无线时代。

### 绿色智能 低碳变革驱动未来

为实现绿色施工，新型压裂设备正向低噪声、低污染、节能环保、智能化方向发展，不仅具备远程监控、自动调节等功能，而且能够根据实际工况实时优化，提高作业效率和安全性。

石化机械为了促进压裂装备迭代升级、提升压裂时效，着力攻关工艺流程和自动控制技术，开展智能化平台设计，实现从供液、混砂到泵注的全流程电动化，配套电网负荷预测技术确保供电可靠性。实现“全流程供液供砂”远程一键式控制、“压裂泵、高压管汇和井口阀门”高压

流程的一键控制，支持作业指令一键下发。压裂参数毫秒级动态优化，施工误差控制在 $\pm 0.5\%$ ，较人工操作精度提升20倍，并具备设备健康自诊断、故障预判等能力。

石化机械不仅将绿色智能压裂装备应用在陆地，还为中国首艘海洋压裂船打造了核心装备。该公司携手国内知名海工产品制造商、研究所、高等院校，充分考虑与陆地压裂装备的差异性，将压裂作业系统功能和船舶功能分解、重组和融合，历时8个月，最终形成16种关键装置及集成式多层结构布局方案，为我国首艘海洋压裂船提供了5000型电驱压裂橇、HS20型电驱混砂橇、电驱混配橇、高压软管滚筒、高压管汇系统等超过100台（套）关键配套设备，填补了我国海上油田压裂技术和工程领域的空白。

从柴驱到电驱、从人工操作到一键式操作、从单机到集群、从陆地到海洋，石化机械以“智造大国重器 服务能源安全”为职责使命，以高端化、绿色化、智能化压裂装备引领能源开发的技术变革。

原载

2025年6月16日《中国石化报》第7版

责任编辑

季佳歆

# 石勘院：开辟地质工程一体化智能压裂新赛道

郭旭升（石油勘探开发研究院）

在全球能源格局深度重构、国家能源安全保障日益紧迫的当下，非常规油气资源已成为我国能源自主可控的“关键增量”。页岩油气、致密油气的规模化开发，迫切需要突破制约地质工程一体化压裂技术智能化发展的关键瓶颈。

传统模式下，国外垄断核心技术、“数据孤岛”横亘，压裂工艺适配油气储层缺乏指引，制约了资源潜力释放。石勘院以创新为刃、协同为盾，在技术自主化与融合化上破局攻坚，以“物理+数据”双轮驱动开辟智能压裂新赛道。

## 能源变局下的技术突围

随着常规油气开发进入中后期，非常规油气藏承载着我国增储上产的核心期望，但其勘探开发面临“双重挑战”：一是地质条件复杂，非均质性强、应力状态多变，传统“分段接力”设计模式受制于“数据孤岛”，地质、物探、测井、压裂等专业认识难以有机融合；二是核心技术受制于人，国际巨头构筑了技术和专利壁垒，进行多方面封锁。例如，压裂设计软件被国外产品垄断，价格高昂且存在断供风险；分布式光纤

监测也被国外封锁，我们的数据需要在境外解释处理，埋下安全隐患。中国非常规油气压裂技术就在这重重围堵中破茧而出，升级发展！

“关键核心技术是要不来、买不来、讨不来的”，技术命脉必须自主可控，升级发展地质工程一体化压裂技术不仅是非常规油气勘探开发的“金钥匙”，更是守护国家能源安全、掌握技术命脉的“战略必争之地”。

### 自主创新铸就破局之力

石勘院聚焦“自主可控”与“深度融合”，不断交出答卷、给出中国石化的自主答案。在地质工程一体化压裂核心软件上，自主研发的HiFrac压裂模块打破国外垄断，构建了“地质建模-裂缝模拟-产能预测”技术流闭环流程，实现了多源数据流“持续更新、全程挖掘”；在关键材料上，联合北化院、上海院研发耐高温高盐滑溜水压裂液，可耐温200摄氏度与25万毫克/升矿化度，填补国内空白；在光纤监测上，自主研发HiFIber1.0光纤监测软件，实现了DAS/DSS协同监测和数据解释，将“油气藏的眼睛和耳朵”牢牢掌握在自己手中。

石勘院打破部门壁垒，组建跨专业地质工程一体化压裂团队，以“数据流+技术流”双贯通体系跨越专业鸿沟。7年来，团长期驻守生产前线，和油田分公司密切配合，以“一段一策”的执着，在普光陆相致密气（普陆3井获13万立方米/日）、林滩场深层页岩气（林页3HF井获17.19万立方米/日）、寒武系筇竹寺组新层系（金石103HF井获25.8万立方米/日）等重大突破中作出贡献，践行了“把论文写在祖国的大地上”。

### “物理+数据”培育硬实力

智能压裂不是选择题，而是必答题。产业链升级刻不容缓，深地与

非常规油气潜力巨大但挑战艰巨，唯有抢占核心技术制高点，才能打通未来能源供给命脉，铸造端牢能源饭碗的硬实力。

地质工程一体化压裂团队精准锁定未来产业链升级的核心痛点——“智能决策滞后”与“地质认知不清”，以“物理认知+数据智能”双轮驱动破局，赋予压裂“自主决策大脑”，目标直指地下裂缝的精准、高效、自适应控制，突破人工决策瓶颈。这不仅是解决当前增产难题的利器，更是为“十五五”及长远发展储备核心创新动能的关键布局，将成为未来产业链智能化、高效化升级的“技术锚点”和“价值引擎”。

从实验室的岩芯实验到井场的智能调控，从打破国外垄断到培育新质生产力，地质工程一体化压裂技术的每一步突破，都紧扣着国家能源安全需求。未来，石勘院将继续以“物理+数据”双驱之力，在智能压裂新赛道深耕前行。

 原载

2025年9月8日《中国石化报》第6版

**责任编辑**

秦紫函



&gt;&gt;

# 中国石化：打造数据“航母” 加快上游业务数智化转型

(油田勘探开发事业部 石油勘探开发研究院)

在数字化浪潮席卷全球的当下，能源行业数字化转型已成为提升核心竞争力、实现高质量发展的关键路径。在此背景下，中国石化勘探开发数据资源中心（EPDC）项目启动。

今年8月，EPDC项目顺利通过专家组验收，其建成投用具有里程碑意义：它不仅是我国石油行业上游领域首套体系完整、技术先进的新型数据资源管理系统，填补了该领域统一数据管理平台的空白，更为中国石化上游业务数智化转型搭建了核心支撑平台。通过整合数据资源、统一标准规范、提升数据质量，EPDC有效打破了业务壁垒，释放了数据要素价值，为行业数据资源管理树立了新标杆，也为后续能源行业数字化项目建设提供了可借鉴的实践经验，助力中国石化向世界一流企业迈进。

## 四大“拦路虎”提出极高要求

EPDC项目在推进过程中面临多重复杂且艰巨的挑战，对团队技术与管理能力提出了极高要求。

数据标准与“方言”困境。油田勘探开发事业部历经8年时间打造了具有自主知识产权的油气勘探开发业务协同平台（EPBP）、油气生产信

息化平台（PCS），涵盖物探、地质研究、钻测录、采油气等核心业务，支撑了勘探开发基础岗位业务信息化和协同，确保了数据源头采集和数据唯一，但是尚未实现业务域全覆盖，在不同油气田长期发展中形成了各自的数据标准与“数据方言”，矿权储量、化验分析等核心业务对象的定义和规则差异显著，要实现全领域数据“讲同一种语言”，需协调多方资源，攻克跨区域、跨业务的标准统一难题。

“数据孤岛”与异构融合难题。上游业务涉及地球物理、石油工程、生产运营等多个领域，12家油气田企业的数据分散存储于EPBP、PCS、统建系统等多个平台，数据格式涵盖结构化、非结构化等多种类型，总量庞大，要将这些异构数据高效汇聚、深度融合，打破“各自为战”的局面，技术复杂度极高。

历史数据质量顽疾。2019年以来积累的海量历史数据，存在数据缺失、格式不规范、逻辑矛盾等问题，且数据量高达3255万条，要在保证业务连续性的前提下，完成全量数据的质检、整改，建立长效质量管控机制，任务艰巨。

系统协同与高效服务挑战。项目需同时满足总部统建应用、各油气田业务需求以及跨域业务（如审计、运营）的数据调用，要求平台具备高并发、高存储、实时响应能力，如何平衡系统灵活性与高性能、缩短数据服务周期，是项目建设的重要难点。

### “四步走”推动从蓝图到落地

为攻克上述难题，油田勘探开发事业部扛起域长责任，在信息和数字化管理部的统一安排下，以上游数字化转型“十四五”实施方案为指引，制定“业务驱动、标准先行、平台支撑、服务赋能”的实施策略，分阶段、系统性推进项目建设。

前期筹备，绘蓝图、定标准，筑牢转型根基。“做数据工作之前，不仅要摸清‘家底’，还要厘清‘家谱’。”项目负责人、石勘院专家韩萌说。项目团队首先开展全业务链调研，明确上游业务九大主题域、32个一级子域、135个二级子域的业务边界与数据需求，编制全方位数据资源目录，厘清900个业务对象、2754个逻辑数据实体及38493个数据属性，绘就清晰的“数据蓝图”。同时，组织110余名勘探开发业务专家，历经4个月集中攻关，针对九大业务领域，制定包含3727项数据标准的国内首套油气勘探开发统一数据标准体系，明确7类主数据对象及40项相关属性，从源头解决“数据方言”问题。

核心建设，聚数据、搭平台，打造数据“枢纽”。在统一“普通话”的基础上，项目团队启动数据整合工作，高效接入多平台数据，涵盖地球物理数据、石油工程实时数据及企业历史补录数据，完成12家油田企业数据资源整合，实现井、站库、设备、管线等核心生产要素数据“汇聚一堂”，数据总量约17.2PB。同时，构建“采、聚、理、用、保”五位一体的数据管控与服务平台，采用“湖仓一体”先进技术架构，每秒支持1500次并发服务，日均处理各类任务近2万项，实现从数据采集到安全保障的全链路闭环管控。

完善提升，严质控、优服务，激活数据价值。数据质量是生命线，为确保数据可靠性，项目构建“采前预防、汇中管控、用后优化”闭环质控机制，制定4500余项质控规则，完成2019年以来3255万条数据的质检与整改，将数据质量达标率提升至99%以上，并建立数据质量与业务绩效挂钩长效改进机制。此外，团队持续优化数据服务能力，针对IPPE、油气生产经营驾驶舱、探井在线等业务需求，开发3000余项数据服务，实现“按需点播、秒级调取”，并上线企业级数据门户与开源大数据平台，将数据服务周期从“周级”压缩至“天级”，大幅提升业务响应效率。

落地投用，严验收、强运维，保障稳定运行。项目建设完成后，组织专家组进行全面验收，从系统功能、数据质量、服务能力、安全保障等维度进行严格审核，确保项目满足设计要求与业务需求。验收通过后，正式投入使用，并配套建立EPDC运维支持体系，实时监控系统运行状态，保障平台稳定高效运转，同时根据业务发展需求，持续迭代优化系统功能，为后续扩展奠定基础。

## 全业务链“焕新”实现价值释放

EPDC投用后，在油田勘探开发、生产运营、决策支持等全业务链发挥了重要作用，应用效果显著，为上游业务高质量发展注入“数字动能”。

科研攻关方面，高质量数据助力“探井降风险、工艺提效率”。高质量数据为地质研究、油藏分析等科研工作提供可靠支撑。例如，在探井部署环节，科研人员可通过EPDC快速获取目标区域的地球物理数据、历史钻井数据，结合分析建模功能，精准评估勘探潜力，降低探井风险，提升勘探成功率；在地质工程一体化信息平台建设过程中，多源数据的深度融合，实现地质模型与工程方案的动态匹配，优化钻井工艺，降低施工成本。

生产运行方面，“一张图+实时服务”让一线效率“跑起来”。数据“一张图”与实时数据服务让一线技术人员无须在多系统间切换，即可快速获取井、站库、设备等核心生产要素信息，实时监控生产状况。例如，石油工程现场可通过EPDC获取实时施工数据，结合预警模型，及时发现异常情况并调整方案，减少停机时间；12家油气田数据的统一整合，让跨区域生产调度更加高效，避免资源浪费，提升整体生产运营效率。

决策支持方面，全领域数据支撑“科学决策、精准管控”。EPDC为总部统建应用（如油气生产经营驾驶舱、勘探开发决策支持系统）提供

了坚实数据支撑。管理层可通过平台获取全领域业务数据，结合可视化分析工具，实时掌握生产运营、经营管理情况，制定科学决策。例如，在资源配置决策中，基于EPDC的跨区域数据，可精准评估各油气田产能与需求，优化资源分配方案，提升整体效益；审计、运营等跨域业务通过调用EPDC数据服务，大幅缩短数据获取时间，提升工作效率和决策准确性。

原载

2025年10月27日《中国石化报》第6版

责任编辑

程 强



# 新能源



# 乘“氢”风破浪，赴绿色新程 ——中国石化2024年新能源高质量发展 系列报道之一

王庆辉（江苏油田）

万吨级绿氢炼化项目接续推进、海水制氢创新突破、氢能交通走廊贯通全国、氢能装备制造基地揭牌、央企绿色氢能制储运创新联合体扬帆起航……

乘“氢”风破浪，赴绿色新程。刚刚过去的2024年，中国石化勇担国家战略科技力量，加速培育新质生产力，加快能源绿色低碳转型，大力发展战略性新兴产业，积极打造“中国第一氢能公司”，持续筑牢“制储运加用研”全产业链条，努力以氢能产业高质量发展助力“双碳”目标实现。

## 规模与效益并重，探索绿氢产建新路径

氢能集清洁无污染、能量密度高、资源丰富等优势于一身，被认为是“21世纪的终极能源”，既是实现“双碳”目标的重要路径，又是全球能源技术革命的重要方向。在奔赴氢能产业化应用的新征程中，中国石化聚焦国家重大战略需要，向新前行、向难攻坚、向绿转型，勇于开拓新路。

在氢能应用现代产业链高质量发展推进会上，集团公司党组书记、董事长马永生表示，氢能产业是我国新兴产业和未来产业的重点发展方向，是发展新质生产力的重要方向之一。中国石化将充分发挥自身优势，聚焦绿色低碳发展、应用场景打造等核心任务，在基础固链、技术补链、融合强链、优化塑链上持续发力，加快推动我国氢能产业高质量发展。

紧抓“氢”机遇，万吨级绿氢炼化项目相继推进。中国石化启动建设内蒙古鄂尔多斯3万吨/年风光制绿氢一体化项目，所产氢气将服务煤化工绿色降碳升级改造；推进内蒙古乌兰察布10万吨/年风光制绿氢一体化项目，依托该项目将建设中国首条跨省区、大规模、长距离的纯氢输送管道。

锤炼“氢”功，应用场景多点开花。2024年12月18日，我国首个工厂化海水制氢科研项目在青岛炼化建成。该项目采用海水直接制氢与绿电制绿氢结合的模式，既为沿海地区消纳可再生绿电生产绿氢探索了新方案，又为资源化利用高含盐工业废水提供了新路径。

此外，由大连石油化工研究院自主研发的我国首个百千瓦固体氧化物（SOEC）电解水制氢侧线装置在中原油田示范运行。该项目首次实现产品氢气增压纯化功能且纯度达99.999%，处于国内领先水平，对推进新型绿氢技术产业化具有示范意义。

2024年11月，在第29届联合国气候变化大会上，中国石化牵头举办中国角“氢能助力气候行动：迈向净零排放的清洁能源未来边会”。会议为共同构建氢能产业生态圈、共同迎接能源“氢时代”凝聚共识，汇集了智慧力量，进一步推动了氢能产业化发展。

### 构建全国“氢走廊”，布局氢能产业新赛道

交通是氢能应用推广的“先导领域”。中国石化充分依托炼化企业

生产优势、加能站网络优势，以交通场景应用切入，加强基础设施布局，深化产业链布局，做大做强氢能交通走廊，助力交通运输绿色低碳转型。

截至2024年底，中国石化已建成140余座加氢站，成为全球最大加氢站运营企业，初步打通成渝万、京津唐、沪嘉甬、济青、汉宜和京沪等6条氢走廊。

在供氢方面，“氢”尽全力。在重庆，中国石化充分发挥一体化优势，建成投产3000标准立方米/时的供氢中心，生产的高纯氢纯度达99.999%，通过管道送至重庆石油长寿加氢综合能源母站，由管束车配送至加氢子站供氢燃料电池车使用。在北京，随着1万标准立方米/小时氢气提纯设施完善项目投产，燕山石化燃料电池氢总产能超过8000吨/年，可为京津冀地区提供24吨/日的燃料电池汽车用氢，成为华北地区最大燃料电池氢供应基地，对助力北京地区氢能源产业发展具有积极意义。

在加氢网络方面，“氢”情奉献。在广西南宁，我国首座商业化分布式氨制氢加氢一体站——广西石油南宁振兴加能站运营以来，彰显了绿色高效便捷的优势。该站采用中国石化自主研发的低温高效分布式氨制氢成套技术，制氢规模为同类型最大，持续探索大幅降低用氢成本的不同途径。在香港，首座面向公众的加氢站——中国石化香港凹头加氢站建成投用，这是中国石化在境外建设的首座加氢站，日加氢能力达到1000公斤，可为公交车、环卫车辆、私家车等提供全天候加氢服务，助力香港能源绿色转型。

此外，中国石化还开展了跨省氢车运输示范。两台氢能重卡跑完全程约1500公里，跨越京津冀鲁苏沪6个省市，沿途在7座加氢站加氢补能，这是我国氢能车辆首次大范围、长距离、跨区域的实际运输测试。

## 全链条技术攻关，拓宽氢能应用空间

中国石化加快科技创新步伐，开展全链条攻关，积极消除氢能商业化瓶颈。

在强化支撑保障方面，“氢”装上阵。中国石化成立氢能装备公司，加强与高校院所、氢能企业创新合作，成功投用兆瓦级质子交换膜电解水制氢装置、橇装式甲醇站内制氢和氨站内制氢装置，实现燃料电池铂基催化剂公斤级工业生产。2024年4月，中国石化氢能装备制造基地揭牌；7月，石化机械成功研制出22兆帕大排量隔膜式氢气压缩机，服务燕山石化万方级供氢中心，标志着我国氢能储运装备技术再上新台阶。

在中国石化氢能产业布局和创新突破的带动下，越来越多的中国企业加入氢能装备制造、科技研发领域，其中，碱性电解槽供应商由最初的几家发展到百余家，电解槽等制造成本下降20%~30%。

在标准化建设方面，步履“氢”晰。为推动我国氢能交通产业发展，填补制氢加氢一体站建设的标准空白，中国石化联合国内数十家氢能头部企业制定发布国内首个《制氢加氢一体站技术指南》团体标准，为制氢加氢一体站系统化和标准化建设提供依据。

在大兵团联合作战方面，“氢”力前行。由国务院国资委指导，中国石化和国家能源集团共同牵头组建中央企业绿色氢能制储运创新联合体，共集合80余家单位，汇聚国内优势力量，融合优质资源，探索攻关关键技术，推进绿氢规模化应用，加大新兴产业培育力度，支撑和引领我国氢能产业高质量发展。

2024年，中国石化以“绿”为纸，执“新”为笔，绘就了氢能高质量发展新画卷。回头看，“氢”舟已过万重山；向前看，“氢”路漫漫亦灿灿。

2025年1月1日，《中华人民共和国能源法》正式施行，明确将氢能

纳入能源管理体系，首次从法律层面确立了氢能的能源地位，为氢能产业发展提供更广阔的空间。中国石化将紧抓重大战略机遇，“氢”启未来、逐梦前行，加快推动我国氢能产业高质量发展，为促进能源绿色低碳转型、发展新质生产力、保障国家能源安全作出更大贡献。

 **原载**

2025年2月17日《中国石化报》第8版

**责任编辑**

马 玲

# 追风逐光，让能源更“净”一步 ——中国石化2024年新能源高质量发展 系列报道之二

王庆辉（江苏油田）

积极推进“万站沐光”行动，中原油田112兆瓦风电项目建成投运，仪征化纤25.76兆瓦分布式光伏发电项目并网发电，中国石化绿电产业规模持续扩大……刚刚过去的2024年，中国石化聚焦“双碳”目标，在巩固油气主业的同时，抓住时机培育新能源产业，深化能源供给侧结构性改革，大力发展战略性新兴产业，加快培育新质生产力，着力建设传统能源和新能源相融互促的能源供给消纳体系，形成了低碳发展、绿能十足的新生态。

## 加快建设，追风逐光跑出加速度

围绕新能源“十四五”发展规划，中国石化各企业坚持分散式与规模化并举，科学合理制定规划，深度融合能源链与生产链，提升自主创新能力，并加强与地方政府部门对接沟通，加快扩大风光电装机规模，推进新能源规模发展。

在区域上，星罗棋布，实现资源节约和绿电创效“双向奔赴”。一方面，井站、井场、厂区及闲置低效土地、自有电网，是“追风逐光”的

有利条件之一。另一方面，油气田和炼化企业既是产能大户又是耗能大户，构建以风光电新能源为主体的新型电力系统，既有利于降低生产成本，又符合绿色低碳、转型发展的要求。

胜利油田在盐碱滩上建起了一座座光伏电站，累计装机规模达450兆瓦；西北油田在戈壁大漠做大绿色电力，一批分布式光伏发电项目成功并网；江苏油田在美丽水乡建起该油田最大光伏电站——金北基地光伏电站；华东油气首个风电项目——南川页岩气田风电项目投入运行，这也是中国石化在四川盆地页岩气田建设的首个风电项目。

在应用上，量效升级，促进新能源建设规模化、产业化发展。中国石化首个百兆瓦级风电项目——中原油田112兆瓦风电项目全部建成投运。该项目由新星公司承建，所发绿电接入中原油田电网就地消纳。仪征化纤与新星公司合作建设的25.76兆瓦分布式光伏发电项目，全部建成并网发电，这是中国石化在长三角地区投用的又一大型绿电项目。

此外，新星公司山西古交光伏项目积极推进、陕西大荔风电第二期项目顺利开工，推进了新能源产业质的有效提升和量的合理增长。

在模式上，创新引领，推进产业创新和科技创新融合发展。由新星公司实施的中国石化首个茶光互补绿电项目——安徽岳西集中式光伏发电项目首批发电单元并网发电。该项目在生产绿电的同时，着力打造茶光互补乡村振兴产业，助力提高农户收入，带动当地经济社会发展。

各企业追风逐光跑出加速度，绿电装机规模再创新高，高质量发展“含绿量”持续提升。

### 精巧布局，推进新能源与油气生产融合发展

在新能源建设过程中，中国石化各企业充分利用现有资源条件，持续探索“井场+光伏”“加油站+光伏”“屋顶+光伏”“水面+光伏”等

模式，提高新能源项目建设效率。同时，统筹多能同步开发、互补应用，精巧布局，积极打造“新能源+”综合应用特色场景，推进新能源与油气生产深度融合。

在空间规划上，因地制宜，充分挖掘潜力。青岛炼化首个水上光伏发电项目充分利用应急水池的水面建设光伏电站，该项目由新星公司承建，采用“分块发电、就近并网”的技术方案，具有较好的经济效益、生态效益和社会效益；江汉油田盐化工把光伏板安装在闲置厂区、不便利用的水洼地及停车棚屋顶，建设形成了“水陆空”立体模式。

在应用场景上，推陈出新，丰富绿电模式。中原油田在部分井场建设橇装式可移动光伏项目，可在井场修井作业时实现光伏电站快速装卸，大幅提高了土地利用率。

在协同发展上，多能互补，提升绿电效能。江苏油田在联38CCUS示范区，集成应用绿色光伏发电、自然能热泵换热、密闭原油储输、穿透气CCUS处理等工艺，达到了全流程零碳标准；河南油田在33口油井推广实施“光热+谷电加热+伴生气加热+蓄能”多能互补模式，日节电率提升70%，减少碳排放1700吨。

## 高效利用，提升新能源开发效益

用上绿电，还要用好绿电。为提升新能源开发效益，中国石化各企业在“发绿电”和“用绿电”上齐发力，不断完善储能电站、智能电网、综合能源站、充电平台等基础设施，打造新能源“源网荷储”特色模式，促进新能源高效利用，为绿色发展“充电赋能”。

在资源统筹方面，探索智能调控。胜利油田依托国内油气领域首个具有自主知识产权的大型“源网荷储”一体化智慧能源系统，通过智能匹配“发供用储”等各类资源，实现多能平衡互济、源荷高效匹配、新

能源友好消纳，提高资源配置质量和效率。去年，胜利油田首个电化学储能项目投运，进一步提升了“调峰填谷”能力。

在清洁替代方面，“源网荷储”联动。江苏油田以重点生产用电区域江都油区、崔庄油区为中心，构建“绿电为主、多能互补、源荷相济”模式，打造“源网荷储”高比例绿能替代示范区，厚植绿色发展底蕴。江苏油田绿电占比位居中国石化国内上游前列，新能源建设成效在国家能源局发布的2024年全国油气勘探开发十大标志性成果中榜上有名。

在绿电供应方面，加大配置力度。中国石化充分发挥加能站网络优势，着力推进“光伏+加油站+充电站”综合能源站建设，积极构建传统能源和新能源融合发展的低碳能源生态圈。一座座绿能满格的综合能源站，掀起低碳转型新风尚。

浙江石油首座集光、储、充于一体的金华义乌梅湖新能源充电站投运以来，以绿色低碳、高效便捷的优势，受到车主欢迎，日均充电量排名销售系统前列。该站可同时容纳120多辆新能源汽车充电，有效满足了新能源汽车的快速充电需求。随着中国石化“万站沐光”行动加快推进，更多综合能源站将融入城乡脉络，助力绿色发展。

在充电保障方面，织密网络布局。中国石化将充电业务作为主营业务来发展，站内站外同步推进充电网络布局，推出“石化易电”品牌，织密直营与合作充电平台的“全国一张网”，加快建设国内头部充电运营商和第一直营平台。截至2024年底，中国石化充电“全国一张网”已覆盖31个省（区、市）370座城市，全方位保障经济社会发展和人们出行。

不断优化充电站设计，中国石化在超过95%的充电场站配备国内最前沿的充电设施，致力于构建覆盖各类车型的充电服务体系。其中，湖北襄阳石油为了方便车主就近充电，积极投入充电桩安装业务，经过1年多的规划布局，在襄阳市区打造了5分钟充电圈，让车主能快速找到充电桩。便捷的充电网络，促进了新能源汽车推广应用，让绿电大有可为。

2024年，中国石化各企业驭风而上、逐光向前，让能源更“净”一步，谱写了一幅幅“风光无限好，石化绿意浓”的美好画卷。

原载

2025年2月24日《中国石化报》第8版

责任编辑

马 玲

# 向深向新 聚“热”降碳 ——中国石化2024年新能源高质量发展 系列报道之三

王庆辉（江苏油田）

持续领跑我国地热开发利用领域，地热供暖能力达1.2亿平方米。积极向深部地热领域进军，牵头成立未来空间深部地热领域创新联合体，成功实施我国最深地热科学探井福深热1井……

刚刚过去的2024年，中国石化深入贯彻落实习近平生态文明思想，积极顺应全球能源绿色低碳发展趋势，勇担国家战略科技力量，坚持战略引领、加强产业布局、强化技术攻关，大力推进地热规模化、效益化、产业化发展，加快培育新质生产力，不懈探索深部地热领域开发与利用，持续巩固地热领先地位，聚“热”降碳，奏响了绿色乐章。

## 向深向新攻坚，探索深部地热高效开发

地热能是一种稳定可靠、绿色低碳的可再生能源，具有储量大、分布广、清洁环保等特点，逐渐成为全球能源转型的重要方向。当前，我国地热资源开发利用多以浅层和中深层的水热型地热为主，埋深3000米以深的深层地热，尤其是干热岩资源的开发，尚处于探索阶段。

聚焦探索深部地热领域开发，中国石化既仰望星空，也脚踏实地。

在国务院国资委指导下，中国石化牵头成立深部地热领域创新联合体，联合中央企业、优势高校、科研院所等22家单位，致力深部地热能勘探评价、高效开发、综合利用等全流程关键技术产学研用一体化协同攻关，高效推进未来空间产业深部地热能开发与利用。

集团公司董事长马永生表示，实现深部地热产业高质量发展，离不开科技创新的有力支撑，离不开全产业链的整体联动。中国石化将认真履行牵头企业责任，集智攻关，加速变革性技术创新，奋力抢占科技制高点，共同推动我国深部地热产业高质量发展，为推进能源绿色低碳转型、建设现代化产业体系作出更大贡献。

挖掘地热“宝藏”，中国石化向深突破，攻坚地热开发关键前沿技术，引领深层地热资源勘探。石勘院牵头部署实施的我国最深地热科学探井——福深热1井，在多个地层发现高温地热资源，取得华南地区深层地热资源勘探新突破，对进一步探索形成适用于中国南方地区的高温地热发电、制冷及综合利用技术路线等具有重要意义。

在4615~5200米埋深、2.5亿年前的花岗岩中，科研人员发现了超过188摄氏度高温地热资源。石勘院牵头组织对该井进行压裂作业，实现了岩石压得开、水注得进、热量采得出，形成了全套的深层地热资源勘探开发和利用技术。目前，福深热1井已完工进入开发阶段，将在海南深层地热开发利用现场试验和示范工程中发挥更大作用。

发挥地热效能，中国石化向新前行，拓展中深层地热能发电新领域，拓宽地热开发利用产业链。新星公司咸阳中深层地热能发电及“热电氯”集成先导性试验项目投入运行。该项目是中国石化建成的首个地热、光伏、微风发电示范项目，也是首个集中低温发电、水溶氯气提取、居民供热服务于一体的地热开发利用项目。

该项目位于陕西省咸阳市，选用宝石佳苑小区1口地热生产井进行“热电氯”三联产试验，实现供暖季发电+供热、非供暖季发电、发电同

时提取水溶氯气，目前项目运行稳定。

围绕加快培育关键核心技术，中国石化加强创新驱动，由石勘院牵头承担的国家重点研发计划项目“深层地热资源探测评价关键技术研究”以优异成绩通过专家组验收；由新星公司牵头，联合19家单位申报的国家科技重大专项“重点地区深部热能探测评价”通过专家组论证并获得立项批复。这些重点项目的创新实施，将为我国培育深部地热能战略新兴产业提供理论技术支撑。

## 深耕绿色供暖，促进地热能产业化发展

围绕地热能规模化、效益化、产业化发展，中国石化深耕绿色供暖，既注重典型示范、规模应用，又注重理论技术创新、智能化建设，已发展成为我国最大的中深层地热利用企业。

在典型示范方面，中国石化用心打造地热能开发利用国际合作典范，新星公司与冰岛极地绿色能源公司共同在河北雄县建成我国首座“无烟城”，被国际可再生能源机构（IRENA）列入全球推广项目名录，在雄安新区建设和运行地热供暖能力超过2000万平方米。

中国石化积极打造“地热井工厂”模式，去年11月，新星公司下属单位绿源公司与西安热电有限责任公司合作共建的地热能替代燃气供热项目一期并网投运，该项目应用“采灌结合、等量回灌”先进技术，全面建成后的供暖面积将达到232万平方米，是我国目前规模最大的地热能替代燃气供热项目，对当地供暖保供起到了有效推动作用。

在推广应用方面，中国石化持续深耕地热领域，地热供暖能力达1.2亿平方米，较“十三五”末实现翻番，服务区域覆盖北京、天津、陕西、河北、河南、山东、山西、湖北等11个省（直辖市）70余个市（县、区），120万户居民，每年可替代标准煤近230万吨、减排二氧化碳超

590万吨，对我国调整能源结构、节能减排、改善环境，具有重要意义。

在理论技术创新方面，中国石化新星公司创建了全球首个地热供暖CDM方法学，攻关形成了地热资源开发“两项基础理论，六大核心技术”，填补了国内该领域空白。目前，中国石化拥有地热资源开发利用重点实验室1个、技术专利300余项。中国石化还积极担当国家智库，深化国际合作，牵头编制了首个国际地热协会标准《中国地热供暖推荐做法》，为世界地热产业标准化发展贡献中国智慧。

在智能化应用方面，新星公司聚焦供热生产“数智化”，进一步提高地热供暖精细化水平，做到了数据实时采集、温度实时调控、问题实时监控，有效降低能耗、提升供暖质量，助力供暖季“屋更暖、天更蓝”。

### 多元场景应用，推进“油田”“热田”相融互促

围绕“地热+”“余热+”多元场景应用，中国石化积极探索地热供能与油气生产相结合的发展模式，通过地热梯级综合利用、油气田余热综合利用等模式进一步扩大地热利用规模，助力“油田”“热田”相融互促、协同开发。

作为中国石油石化行业油田地热重点示范单位，目前，胜利油田已建成15个地热供暖项目，实现规模化发展。其中，胜利油田和东营市合作开发的东营市华泰金融中心-吾悦广场片区中深层地热能替代燃煤供暖项目共建14口地热井，可覆盖90万平方米的燃煤供暖面积，是山东省8个地热能开发利用示范工程项目之一。胜利油田还在辛109区块建成集团公司首个废弃井等量自然回灌地热利用项目，盘活油气闲置资源，既为周边居民小区供暖，又为辛二联合站油气生产提供清洁热能，实现多元场景应用，年减排二氧化碳6689吨。

在地热能助力乡村振兴方面，江苏油田将关停的油水井改造为地热

采水及回灌井，为扬州高邮国家农业科技园提供冬季温室保温服务，已连续运行7个供暖季，打造了独具特色的“油田+现代农业”绿色发展样板。

在余热综合利用方面，各企业采取先进、环保、节能的采出液余热利用技术，实施“余热代气”改造，推进生产过程绿色低碳。

中原油田累计建成文一、文三、濮城中转站及油库新能源综合利用等6个余热综合利用项目，采用“余热光热+蓄热”技术，通过余热梯级利用，实现余热低品位向高品位转换，年节约天然气668万立方米、减排二氧化碳1.47万吨。

河南油田下二门联合站采出液余热利用项目采用“板式换热器+热泵机组+蓄能调峰”等技术，充分利用采出液低品位余热，年可减少天然气用量210万立方米、减排二氧化碳4600吨。

西南油气充分利用元坝净化厂余热资源，实施节能电机改造、闪蒸气回收、凝结水回收资源化利用等节能项目，年减少燃料气消耗351万立方米；充分利用采气厂地层水蒸馏余热资源，实施锅炉除氧器蒸汽热能回收等节能项目，年减少燃料气消耗57万立方米。

原载

2025年3月3日《中国石化报》第8版

责任编辑

马 玲

# 打造能源超级盆地 ——传统油气产业与新能源产业 融合发展系列报道之一

王维东 朱克民 王迪（胜利油田）

6月的渤海湾畔，风裹挟着咸涩，掠过胜利油田成片的磕头机。

在这片曾孕育出中国第二大油田的土地上，如今正经历着一场能源革命：当传统能源依然跳动着强劲脉搏，新能源的种子早已在春风里拔节生长，共同编织着新的能源版图。

坚持传统油气产业与新能源产业融合发展，是传统油气企业实现“既要绿色发展又要能源安全”的必由之路。

## “替补”变“主力”

2024年，中国新能源发电装机容量首次超过火电装机容量，从“替补能源”走向“主力能源”

近日，中国石化油气与新能源融合发展技术交流会召开，150余名业内专家齐聚胜利油田，交流油气与新能源融合发展的技术与实践经验，探求新型能源体系建设新蓝图。

这场技术交流会阵容强大，除中国石化国内上游企业悉数到场外，还有三家特邀企业：全球信息和通信领域头部企业华为公司，在风电领

域独树一帜的金风科技，全球储能领域的佼佼者宁德时代。

“突飞猛进”。作为第一个登台交流发言的人，华为公司数字能源大企业系统部副总经理童永智见证了过去十余年风光产业在中国的腾飞。

2013年风光渗透率只有7.4%，在国家政策补贴和技术进步的推动下，中国风光产业一路高歌猛进，2024年一跃站在32%的高点。

在童永智看来，2019年是光伏产业发展的转折点，光伏度电成本和煤电度电成本实现平价。

2020年9月，在联合国大会上，中国郑重向世界宣布“双碳”目标，极大地刺激了中国新能源产业的发展。短短5年间，光伏装机容量翻了9倍，达到270吉瓦。

乘着政策“东风”异军突起的还有中国风电。从引进吸收到独立自主，中国风电产业用了38年时间实现完全国产化替代，风电机组平均装机容量从不足1兆瓦到8兆瓦，叶轮直径从30米到252米，扫风面积增加近5倍，“相当于7个足球场”。

自2009年起，我国年新增装机规模开始超过美国，成为全球最大风电开发市场，累计装机容量连续15年稳居世界第一。2024年，我国风电新增装机容量87吉瓦，累计装机容量561吉瓦。目前，风电零部件和整机供应量为全球市场份额的60%~70%。

令金风科技副总经理樊彦斌引以为傲的是，38年前，中国在全球风电榜上还没有一席之地，如今遥遥领先。

据彭博新能源财经发布的《2024年全球风机市场份额》报告，全球前十大风机制造商中，中国企业占六席，包揽了前四，金风科技以19.3吉瓦的新增装机容量高居榜首，保持了全球最大风机供应商地位。

2024年，我国新能源发电装机容量达14.5亿千瓦，占全国电力总装机规模40%以上，首次超过火电装机规模，新能源从“替补能源”走向“主力能源”。

站在中国风光的“风口”上，中国石化国内上游新能源产业驶入快车道。“十四五”以来，立足油气生产用能场景，国内上游企业依托油气田闲置土地、电网等资源，大力开展光伏、风能等新能源产业，一批“风光热储”多能互补、洁净高效项目陆续投产，形成传统油气产业与新能源产业融合发展的新格局。

## 消纳为王

过去，行业普遍关注的是“发出来”，现在，变成了“消得下”，“消纳为王，得消纳者得天下”

新能源产业给油气企业带来“无限风光”，过去4年，国内上游企业光伏、风电度电成本分别下降0.64元、0.10元，实现经济效益和环保效益双赢。

“无限风光”的同时，油气企业面临“成长的烦恼”，新能源产业发展遭遇消纳瓶颈。

30%是新能源渗透率的分界线。童永智说，急剧扩张的新能源快速消耗了电力系统灵活调节资源，一旦达到临界值，电力系统的稳定性就会受到严重挑战，发电侧并不上、送不出、不稳定，电网侧供需不匹配，用电侧供电可靠性低。

以火电为主的传统电力系统逐渐转向以清洁能源为主的新型电力系统。童永智说，电源结构由化石能源变为可再生能源，电子基础由机械电磁系统变为机电、电力电子数字化系统，电网形态由单向潮流平衡变为双向潮流分级平衡，负荷特性由刚性消费型变为柔性产消型，运行模式由源随荷动变为源网荷储多元协同。

煤电跟着绿电“调”、负荷随着电价“柔”，由胜利油田自主创新的源网荷储一体化智慧能源管控平台，智能匹配各类资源，油气生产“因

时而变、按需而调”进行柔性生产，实现了自发绿电“能用尽用”、峰期火电“能发尽发”、谷期外电“能买尽买”，提高了资源配置质量和利用效率。一季度，胜利油田源网荷储一体化增效2500余万元。

“136号文”是被参会者提及的高频词。1月27日，国家发展改革委、国家能源局联合印发《深化新能源上网电价市场化改革促进新能源高质量发展的通知》(发改价格〔2025〕136号，简称“136号文”)。根据“136号文”，自6月1日起，新能源项目上网电量原则上全部进入电力市场，上网电价通过市场交易形成。

这一政策，促使新能源市场从“规模扩张”转向“消纳为王”。童永智说，过去，行业普遍关注的是“发出来”，现在，变成了“消得下”，“消纳为王，得消纳者得天下”。

储能技术的发展为新能源消纳提供了新的可能。宁德时代储能解决方案技术总工程师林久标说，储能通过灵活的充放电策略，既能平滑不稳定的新能源输出，促进新能源消纳，又能配合火电参与削峰填谷，提升电力系统的稳定性和灵活性。

在与会专家看来，储能具有双重功能，既是电源，又是负荷，储能本身不创造价值，只有储随源动、储随荷动，在时空维度进行延迟、延缓，才能创造价值。国内上游企业要充分发挥储能“源荷”双重调节套利功能，打造区域储能中心，聚合油气行业、炼化企业、社会用能单位用能资源，提供低耗高效、绿色低碳、低成本综合解决方案，拓展发展新赛道，提升全产业链价值创造能力，服务区域经济社会发展。

2024年，中国石化启动“万站沐光”行动，结合油气矿区、石油石化工业园区及加能站等大量分布式用能场景，规划新建光伏站点约1万座，利用分布式光储进行就地消纳，促进光伏产业向高质量发展跃升。

“136号文”正式生效，电价有望迎来下降，对五大发电集团而言，这是一个利空，对坐拥巨大负荷的用能企业却是利好。

任何事情，不在于形势怎么变，而在于手里握有的资源。与会专家认为，过去是以发电为主，现在是以消纳为主，谁拥有负荷，谁就是王道。负荷是最大的资源，而不是沉重的包袱。

谁有负荷，谁就拥有市场话语权。今年初，中国石化驻鲁企业与五大发电集团旗下售电公司进行策略谈判，首次争取到绿电溢价下降25%、谷电降价10%等优惠条件，仅胜利油田预计创效千万元。

当前，我国最大光电转化率是27%，“十五五”末，光电转化率有望突破35%。届时，光伏的度电成本进一步下降，有望成为度电成本之王，光伏产业的洪流将势不可当！

童永智乐观估计，2030年，中国新能源的渗透率将达62%。

### 锻造抵御低油价的“撒手锏”

打造能源超级盆地，拓宽传统能源发展的路径，开辟第二增长曲线，以自身工作的确定性对冲国际油价的不确定性

传统油气、新能源、绿色低碳，三大产业如何实现协同发展？目标是价值最大化，抓手是平台智能化，导向是技术产业化，核心是资源最优化。

发展新能源要坚持因地制宜，宜电则电、宜热则热、宜发则发、宜购则购，而采用哪种方式，判断的标准是价值最大化。

面对外购还是自建的选择题，2024年，胜利油田纯梁采油厂利用地方政府已开发的社区供暖地热井，就近为计量站供热，完全替代自有的加热炉，年节气61万立方米、减排二氧化碳1339吨。胜利油田相关负责人表示，“衡量一个企业的绿色低碳水平，不是看自有水平，而是看清洁能源消费的占比”。

资源可分为显性和隐性两类，土地、人力、电网、风、光、用电、

用热、地下空间等是看得见的显性资源，峰谷套利、电能长期合约与电力期货、可中断负荷、调峰服务、套期保值、外部资源聚合等是看不见的隐性资源。过去，新能源价差套利是项目盈利的主要来源，未来，要统筹优化两种资源，打造源网荷储一体化经营平台，加快从“源端绿电价差增值”向“整体解决方案服务创效”转变，提高新能源综合利用效能和效益。

如何实现各种资源的优化配置？依靠人力无法完成各种资源的统筹配置，必须依托数智化技术，把各种资源整合到智能化平台上，实现资源配置效率最优化和效益最大化。

譬如虚拟电厂，过去电厂是线下实体，现在是线上虚拟电厂，聚合发电侧、用电侧和储能等灵活可调资源，利用物联网、大数据、人工智能等技术整合形成源网荷储一体化智慧能源系统，参与电力市场化交易，提升价值创造能力。

2022年8月，山东省迎峰度夏用电高峰破亿千瓦，创历史新高。胜利油田聚合源网荷储资源，采取响应策略，累计参与山东省虚拟电厂交易265万千瓦·时，创效215万元，既履行了保供责任，又实现了价值创造。

油气与新能源产业融合发展，对内，要保障能源安全、低碳、经济发展；对外，要聚合资源快速扩大规模，形成商业模式和产业集群。

油气企业是没有围墙的工厂。源网荷储一体化服务，绝不能自我封闭，满足自给自足，而是要强化对外开放，为社会提供服务，只有发挥最大作用和效能，才能形成产业。

既有巨大的用能需求，又有大规模的土地、地下腔体、待废弃井、工业余热、地热等可利用资源……走油气与新能源产业融合发展之路，国内上游企业具有得天独厚的资源禀赋，要以创新突破困局、以融合拓宽路径，深挖优势潜力，探索“油气风光热储”一体化开发模式，加速

生产用能方式革命，激活全链条资源价值再造能力，形成传统能源保供稳链、新能源增效赋能、全要素价值创造的协同发展格局，为油气转型发展注入新动能。

国际油价是每个油气企业面临的最大外部不确定性因素。与会专家表示，“要把风光、地热等新能源纳入油气盆地，加快构建新型能源体系，打造能源超级盆地，拓宽传统能源发展的路径，开辟‘第二增长曲线’，锻造抵御低油价的‘撒手锏’，以自身工作的确定性对冲国际油价的不确定性”。

能源超级盆地像是一把应对低油价的“密钥”，给传统油气企业打开了一片新天地。

原载

2025年6月23日《中国石化报》第8版

责任编辑

马 玲



# 打造第二增长曲线 ——传统油气产业与新能源产业 融合发展系列报道之二

王维东 王 迪 夏兆明（胜利油田）

古有卖炭翁，今有卖碳翁。

2024年以来，中国石化3家国内上游企业成功完成碳交易，创造了新的效益增长点。

绿色低碳产业给油气企业降本增效开辟了一条新路径。近日，中国石化油气与新能源融合发展技术交流会强调，要加快传统油气产业和绿色低碳产业融合，实现“减碳—创效—减碳”闭环的可持续发展路径，提升绿色发展核心竞争力。

## 点碳成金

胜利油田为碳“明码标价”，2024年，48家单位获绩效奖励

全球碳市场的萌芽最早可追溯到18年前。

1997年，《京都议定书》确定了碳排放交易制度，赋予碳减排“产权”身份，成为一种可以流通、交易、投资的资产。2005年，二氧化碳正式作为一种商品，进行全球交易。欧盟是全球最早的碳市场，2005年，欧盟碳交易系统开始运营，目前已覆盖上万个实体，占欧盟温室气体排放

总量的40%，2024年，交易量约90亿吨。

中石化碳产业科技股份有限公司副总经理陈军说，碳排放权交易制度是把二氧化碳排放权作为一种商品交易，让碳权具备了可交易的金融属性。

绿色低碳发展，已成为全球主要经济体的共识。目前，全球已有151个国家加入净零排放承诺行列，GDP全球占比90%，碳排放量占比89%。

我国碳市场还处于“青春期”。2013年，上海、北京、广东、深圳、天津、湖北、重庆7省市率先启动碳交易试点工作，重点针对二氧化碳等6种温室气体进行自愿减排量交易。2021年7月16日，全国碳排放权交易市场启动上线交易，发电行业成为首个纳入全国碳市场的行业，纳入重点排放单位超过2000家，中国碳市场一举成为全球覆盖碳排放规模最大市场。

2024年，中国碳市场迎来扩容，水泥、钢铁、电解铝行业被纳入管控范围，新增重点排放单位约1500家，覆盖排放量新增约30亿吨二氧化碳当量，进一步提升了市场容量和活跃度。当年，我国碳市场交易量创新高，达1.89亿吨，市场成交额比上年增长25.4%，达181.14亿元。

胜利油田为碳“明码标价”，建立能耗、碳排放与绩效考核挂钩的激励约束机制，激励各单位不断提升能源供给质量、利用效率和减碳水平。2024年，48家单位获绩效奖励。

根据《胜利油田固定资产投资项目碳排放评价与节能审查管理细则》，每一个新建项目，在项目可行性研究报告中，对项目全生命周期内每吨可预见的碳排放都计算“碳成本”，而对二氧化碳排放量大于5000吨的新建产能项目，编制碳排放评价专篇，置于可行性研究报告批复的前置环节，只有通过地方政府审批合格方可实施。

这意味着，每一个新建项目，不仅要算投资回报率，而且还要过“碳评”关，算清经济账和环保账，引导项目决策向着绿色低碳方向发展。

## 有迹可循

原油产品碳足迹核算，可以帮助企业摸清碳排放家底，厘清碳减排的方向和潜力

开采1吨原油的碳排放量是多少？

打开中国石化碳资产管理平台，原油开采流程中隐形的碳在平台上留下“足迹”，让油气产品生产全过程碳排放“有迹可循”。

碳足迹，是人类在生产生活中直接或间接排放二氧化碳和其他温室气体的总量。陈军说，油气产品碳足迹一般指每生产1吨原油或1立方米天然气产生的碳排放量，包括油气勘探、开采、集输处理及生产服务商、承包商等环节产生的碳排放。

2019年，胜利油田、中原油田等国内上游企业开展部分油气产品的碳足迹核算。2023年，胜利油田孤东采油厂荣获中国石化首张油气产品碳足迹评价证书。2024年，中国石化制定了《国内上游原油、天然气及油气衍生品产品碳足迹核算指南》，指导国内上游企业开展碳足迹核算，胜利油田完成了17家油气开发单位的油气产品碳足迹核算认证。

算碳的目的是为了减碳。胜利石油管理局有限公司党委常委、胜利油田分公司副总经理王跃刚说，原油产品碳足迹核算，可以帮助企业摸清碳排放家底，厘清碳减排的方向和潜力，有的放矢制定有针对性的减碳方案。

产量占比66%、碳排放占比22%，水驱油藏是减排降耗重要阵地。2023年以来，胜利油田优化产液结构调整，压减高耗低效液量，增加低耗高效液量，减少电力消耗上亿千瓦·时，减少了碳足迹。

减排看得见、控排有抓手。打开胜利油田能源与碳排放管控平台，小到一台设备，大到整个油田，能耗和碳排放都能实时在线监控、分析、评价、优化，实现全产业链全过程降能耗、减损耗、控物耗、减排放。

2024年，胜利油田原油产量比上年增加14万吨，碳排放总量和强度实现双降，达到了增产不增能、增能不增碳目的。2024年，在上游油气储量产量“箭头向上”的情况下，实现温室气体排放总量和强度双降。

作为炼油化工的原料和燃料，油气产品碳足迹将传导叠加到炼化产品，直接影响其在国际市场的竞争力。开展油气产品碳足迹核算，将为国内产业链构建绿色门槛，倒逼设备供应商、服务商协同降碳，形成“内外协同”的绿色供应链，提升企业品牌形象。

2023年8月，欧盟《电池与废电池法规》正式生效，按照要求，电池产品全生命周期碳足迹超标，将面临高额关税。同年10月，全球首个“碳关税”——欧盟碳边境调节机制实施，对没有达到标准的产品，征收碳关税。

碳足迹核算绝非被动合规，而是企业从“资源驱动”转向“创新驱动”的战略支点。加快建立与国际标准接轨的碳足迹管理体系，可以突破绿色贸易壁垒，扩大能源治理的影响范围。

2024年，中国石化印发《中国石化产品碳足迹管理体系建设实施方案（2024~2027年）》，明确今后一个时期中国石化产品碳足迹管理体系建设的“任务书”，加快形成涵盖全产品的标准体系，推动建立石油化工产品碳足迹标准体系。

## 开辟新赛道

**传统能源企业要挖掘碳潜力、开发碳资产、用好碳资源，为油气产业减碳增绿，打造第二增长曲线**

在胜利油田，稠油热采是碳减排的重中之重，产量占比20%，碳排放占比高达31%。

根据油气产品碳足迹分析，注采输采油工艺流程是碳排放的大头，

占比83.2%。近年来，通过应用多元热复合驱、化学降黏冷采等开发技术，胜利油田不断控制稠油热采低效注汽投入。2024年，在稠油产量增加的情况下，注汽量不升反降，减少了碳排放。

“如果把稠油井的加热装备放到井底油层附近，采用绿电加热，是不是效率更高、成本更低？”面对提问，专家给出的回答是，从碳减排角度看，未来，开发模式和管理方式都是革命性的变化，绝不是修修补补。

减少的碳排放，如何变现？起决定性作用的是方法学。当前，我国自愿减排碳市场处于起步阶段，已发布的CCER（中国核证自愿减排量）方法学只有《造林碳汇方法学》《并网光热发电方法学》等6种，适合油气行业的CCER方法学十分稀缺。2026年，《边远井及钻井放空甲烷回收》CCER方法学有望通过审批。

“减了碳，怎么把它描述出来，让专业机构认，形成碳资产？”面对同样的困惑，国内上游企业达成共识：要牢固树立碳资产、碳资本理念。

2023年，齐鲁石化—胜利油田百万吨级CCUS（二氧化碳捕集、利用与封存技术）示范项目二氧化碳输送管道工程，申请绿色贷款，降低了融资成本。

目前，我国的碳配额是免费发放的，随着碳市场日渐完善，未来，碳配额必然会走向有偿配额，这既加大了控排企业的履约成本，又为企业带来碳资产价值开发的巨大机遇。

传统油气企业走降本增效的老路越来越窄，而绿色低碳产业给降本增效开辟了一条新路径，这条新路，载体是新能源，手段是传统能源与新能源产业融合发展。

作为能源央企，保障国家能源安全是核心职责，保障国有资产保值增值是经济责任。国内上游企业要努力实现碳资产保值增值，未来，卖碳有可能比卖油气更赚钱，特别是低油价下，碳资产的价值愈加凸显。

过去讲的是用能，现在讲的是碳足迹；过去讲的是节能，现在讲的

是减碳。陈军说，传统能源企业要挖掘碳潜力、开发碳资产、用好碳资源，为油气产业减碳增绿，打造第二增长曲线。

原载

2025年6月30日《中国石化报》第8版

责任编辑

马 玲

# 中国石化开启智慧电力新篇章

何翔任 陈 香（中国石化报社 江苏石油）

当分散于城市楼宇屋顶的光伏板、工业园区的备用发电机乃至电动汽车电池组，通过智能算法汇聚成可调度的“无形电厂”，传统电力生产的边界被彻底打破。作为国有能源巨头之一的中国石化，其遍布全国的3万座加能站正悄然变身，不再是单纯的能源补给站，而成为数千万个“电力神经元”的控制中枢，编织成一张智慧能源互联网。

8月5日，中国石化在江苏电力交易平台成功完成虚拟电厂资质注册，这张电力核心交易圈的“入场券”，标志着这家传统能源巨头正变身参与电网调节、辅助服务、现货交易的“资源聚合商”。在全球能源革命浪潮奔涌向前的历史节点，中国石化以超前的战略眼光和扎实的实践步伐，在这场关乎“双碳”目标实现、新型电力系统构建的深刻变革中，书写着能源央企转型升级的时代答卷。

## 解码新型电力系统的“数字中枢”

过去“源随荷动”的被动格局，正转向“源网荷储协同互动”的主动生态

虚拟电厂是什么？对多数人而言，它是一个充满科技感却略显抽象的概念。根据国家发展改革委、国家能源局联合印发的《关于加快推进

虚拟电厂发展的指导意见》(简称:《指导意见》),这一新型电力运行组织模式的核心在于“聚合”——将分布式电源、储能系统、可控负荷等分散资源进行跨空间、跨主体的有机整合,形成具备统一调度能力的“虚拟发电单元”,从而参与电力系统优化和市场化交易。它并非物理意义上的发电厂,而是依托数字化技术的“电力协调者”,本质是通过资源的高效配置实现电力系统的灵活性提升。

“我们可以把虚拟电厂理解为一个打车或者团购软件”,中央财经大学中国互联网经济研究院副院长欧阳日辉告诉记者,虚拟电厂本身不直接发电,但能像一个总指挥一样,把很多分散的小型能源整合在一起,统一调度、统一管理,像一个“看不见”的电厂。当电网需要电时,它就从各个地方“调度”出来;当电网不缺电时,它就让那些不必要的负载先“休息一下”,实现电网的灵活调配。可以说,虚拟电厂入市,开启了碎片化能源“团购”时代,解决了电力市场发展的痛点问题。

若将传统电力系统比作单向流动的河流,虚拟电厂则如同精密的水闸控制系统:既能在用电高峰时段调动储能设备放电、引导工业用户错峰生产,又能在新能源大发时段组织分布式电源并网、激励电动汽车有序充电。这种动态平衡能力,恰好解决了当前电力系统面临的风电光伏的间歇性给电网稳定带来挑战,以及逐年攀升的尖峰负荷迫使电网投入巨额成本建设备用机组两大痛点问题。数据显示,我国每年高于95%的尖峰负荷时长仅几十小时,采用虚拟电厂方式可削减6000万~7000万千瓦尖峰负荷,投资成本仅为新建火电的10%~15%,经济性和环境效益显著。

更深远的意义在于,虚拟电厂推动了能源生产消费模式的革命性转变。过去“源随荷动”的被动格局,正转向“源网荷储协同互动”的主动生态。普通用户不再只是电能消费者,更能通过需求响应成为电网调节的参与者;企业的分布式能源资产,从“自发自用”升级为可交易的

商品；电网企业的调度对象，从大型发电机组延伸至海量分散资源。这种转变不仅增强了电力系统的韧性，而且为“双碳”目标下新能源大规模消纳提供了关键支撑。正如中电联一位专家所言：“虚拟电厂是新型电力系统的神经末梢，也是能源互联网的核心接口。”

## 中国石化从战略布局到落地实施

**在全国范围内加速布局充换电网络，截至2025年7月已建成充换电站1.1万座，覆盖370多座城市**

根据《指导意见》，到2027年，我国虚拟电厂调节能力在2000万千瓦以上；到2030年，我国虚拟电厂调节能力在5000万千瓦以上。

今年以来，国内虚拟电厂发展驶入快车道。在年初国务院新闻办举行的“中国经济高质量发展成效”系列新闻发布会上，时任国家发展改革委副主任赵辰昕介绍，2025年要统筹好培育新动能和更新旧动能的关系，因地制宜发展新质生产力，要更加坚持深化改革，其中就包括支持各类经营主体参与电力市场，为虚拟电厂、智能微电网等新业态提供发展空间。

虚拟电厂凭借聚合、灵活等优势，将迎来爆发式增长，其收益主要包括现货交易、辅助服务和需求响应，经测算，2025年、2030年运营商收益空间分别达166.48亿元、961.24亿元。面对能源革命的历史机遇，中国石化以敏锐的市场洞察力和强大的资源整合能力，率先在销售板块开辟虚拟电厂赛道。江苏石油作为排头兵，其发展历程堪称国有企业参与新型电力市场的鲜活样本。

江苏石油完成虚拟电厂资质注册，成为销售企业首家获得准入资格的主体。这一突破的背后，是江苏石油多年深耕综合能源服务的厚积薄发：依托遍布全省的充电终端网络、工商业分布式光伏项目及储能设施，

构建了覆盖“发、储、充、用”全链条能源资产组合。更重要的是，他们将目光投向了以往被忽视的“柔性负荷”——通过智能合约连接加油站空调系统、充电桩群控装置甚至员工办公区的照明设备，将这些分散的调节潜力转化为可交易的资源包。

在商业模式创新上，江苏石油展现出强烈的开拓精神。2025年上半年，该公司代理用户电量超4700万千瓦·时，交易收益突破百万元；参与“五一”期间全省中长期可调负荷辅助服务交易，日均调节负荷达1720千瓦。展望未来，江苏石油将以充电业务为基础和核心，积极构建涵盖“电力交易、充电运营、智能配电、负荷聚合、电网互动”的电能价值链，创新打造“电力交易+充电服务+负荷聚合+辅助服务”统筹运营、协同发展、综合收益最大化的新模式，为公司在能源革命新浪潮中培育新的增长引擎。

同样值得关注的还有安徽石油在车网互动（V2G）领域的突破：国内首个基于“5G+量子”虚拟电厂的车网互动规模化实测在合肥政务中心充电站成功完成，单日总放电量超1000千瓦·时，单枪最大放电功率达60千瓦。这意味着电动汽车不再是单纯的电能消耗者，而是成为移动储能单元，在电价高峰时段向电网反向送电获取收益。

这种创新绝非孤立试点。中国石化在全国范围内加速布局充换电网络，截至2025年7月已建成充换电站1.1万座，覆盖370多座城市。这些站点不仅是补能设施，更是微型能源互联网枢纽：南京中和路加能站集成“源网荷储”微电网，配备V2G双向充电桩；浙江湖州鞍山充电站打造“光储充换”一体化示范，实现能源自给自足；广东深圳龙珠源加能站突破兆瓦级闪充技术，5分钟补能400公里。传统加油站正在蜕变为集充电、换电、储能、便利店、汽车服务于一体的“全能服务站”，成为虚拟电厂最理想的落地场景。

## 价值链重构：从单一服务商到生态主导者

中国石化将加油站网络打造成分布式能源聚合基座，连接上游发电企业、中游电网公司、下游用电客户，形成“能源共同体”

中国石化的虚拟电厂实践，本质上是对电能生产－消费全周期价值链的深度挖掘。通过“电力交易+充电服务+负荷聚合+辅助服务”四位一体的商业模式，企业实现了从单纯服务提供商向能源生态运营商的跃迁。

在资产端，存量充电终端被赋予新的价值维度。江苏石油运营的12座微电网场站，通过优化光储充放运行策略，充电平均单枪效率及收益较同类场站分别提高66%和80%。这种提升源于对时间价值的精准捕捉：利用夜间低谷电价充电储能，白天高峰时段释放电力或给电动汽车快速补能，峰谷价差利润空间被充分放大。

在用户端，创新的收益分配机制激发了大家广泛参与的热情。合肥大众综合加能站的车主可通过V2G系统将车辆空闲电量“卖”给电网获利；南京中和路站推出“一杯咖啡，满电出发”服务，将充电等待时间转化为休闲体验；深圳龙珠源站提供“一站式”能源解决方案，满足工程车、私家车、物流车的差异化需求。这些举措不仅增强了用户黏性，更培育了庞大的需求响应群体。

在电网侧，虚拟电厂成为重要的灵活性资源。江苏石油参与的辅助服务交易显示，调节类收益显著高于发电类收益。通过精准预测电网负荷曲线，该公司在夏季用电高峰前主动降低充电功率，冬季供暖季调用储能设备供热，这种“削峰填谷”操作既缓解了电网压力，又创造了额外收益。

更深层的变革发生在产业协同层面。中国石化先后与宁德时代签署共建1万座换电站协议，与万帮数字能源合资成立新能源公司，联合上

汽集团等产业链伙伴推动换电标准制定。这种“朋友圈”式的生态构建，使虚拟电厂业务获得了稳定的资源供给和技术支撑。这样，中国石化将加油站网络打造成为分布式能源聚合基座，连接上游发电企业、中游电网公司、下游用电客户，形成“能源共同体”。在合肥大众综合加能站，光伏板发的绿电优先供给充电桩，多余电量存入储能系统；当电网出现阻塞时，储能系统立即切换为调频模式；遇到极端天气，充电桩自动降低功率保障居民用电。这种多能互补、源网荷储协同的模式，正是新型电力系统的理想形态。

## 现实多重挑战与未来发展图景

**正在重新定义能源的生产方式、消费模式乃至社会关系，为全球能源转型贡献东方智慧和中国方案**

尽管前景广阔，虚拟电厂的发展仍面临多重挑战。现行电力市场机制尚未完全适配虚拟电厂的特殊属性：不同资源类型适用不同交易规则，复合型项目的计量结算存在技术障碍；辅助服务市场补偿标准偏低，难以覆盖系统集成成本；用户侧资源参与市场的门槛较高，中小商户缺乏专业运维能力。这些问题导致部分虚拟电厂项目盈利能力不足，影响了社会资本投入的积极性。

对此，顶层设计方已在积极回应。《指导意见》明确提出拉大现货市场价格限价区间、公平设定申报价格上限、探索跨省交易等举措。中国石化的实践为制度创新提供了鲜活案例：江苏石油开发的智能化报价策略，可根据现货电价波动自动调整充电负荷；V2G实测数据为完善电动汽车参与电力市场的技术标准制定提供了依据。

展望未来，中国石化的虚拟电厂战略呈现出清晰的演进路径。江苏石油提出的“三大路径”——夯实充电业务基础、攻坚工业用户突破、

拓展生态服务价值，勾勒出可复制推广的发展模式。在充电领域，随着新能源汽车渗透率提升，充电网络将成为最大的分布式能源聚合平台；在工业领域，钢铁、化工等行业的生产流程蕴含着巨大的可调节负荷潜力；在生态构建方面，车网互动、家庭储能、社区微电网等新业态将不断涌现。

这场变革的终极目标，是打造“电-车-人”深度融合的低碳综合能源服务生态圈。当每辆电动汽车都成为移动储能单元、每个屋顶光伏板都接入智能微电网、每个工厂的生产设备都能灵活调节用电，传统的线性电力系统将进化为立体互联的智慧能源网络。在这个过程中，中国石化凭借独特的场景优势、雄厚的资源优势和前瞻的战略布局，有望成为新型电力系统的重要参与者。

站在“双碳”目标的历史坐标下回望，虚拟电厂不仅是技术创新的产物，更是能源治理体系的深刻变革。中国石化的实践证明，国有企业完全能够在保障能源安全、推动绿色转型、创造经济价值之间找到最佳平衡点。当越来越多的“虚拟电厂”在神州大地生长，人们看到的将不再是简单的技术迭代，而是一场由内而外的能源革命——它正在重新定义能源的生产方式、消费模式乃至社会关系，为全球能源转型贡献东方智慧和中国方案。

原载

2025年9月22日《中国石化报》第8版

责任编辑

马 玲

# 炼油化工



# 高端针状焦：劣质油浆变身 新能源“精英”

陈子佩 张亚培 孙宝翔 陈伟伟 杜益军等

( 炼油事业部、石科院、茂名石化、大连院、金陵石化、炼销公司 )

作为战略性新兴材料，针状焦是生产锂电池负极材料和石墨电极的主要原料，广泛应用于国防、冶金和新能源汽车领域。针状焦的质量指标分为Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类，其中Ⅰ类为最高等级。近年来，随着新能源产业的兴起，中国石化大力拓展高端新材料业务，成功研发生产最高等级针状焦，提升了企业在高端碳材料领域的竞争力，也为我国新能源电池原材料加工、转型及电炉炼钢行业的发展提供了可靠的原料保证。

## 石科院：让劣质油浆生产优质针状焦

2013年起，石科院在集团公司科技部组织下，联合多家兄弟企业进行“劣质油浆生产优质针状焦技术开发及工业应用”十条龙项目攻关，于2016年在上海石化完成工业试验，成功生产优质针状焦4000余吨，产品各项指标实现攻关目标。

劣质油浆生产优质针状焦技术是以高硫、高灰分、高沥青质含量的劣质催化裂化油浆为原料生产优质针状焦，具有良好的经济效益和社会效益，且自主可控。2021年，石科院利用该技术在茂名石化建设10万吨/年

高端碳材料联合装置，以催化油浆为原料，生产高品质针状焦，并副产干气、蜡油、柴油、汽油等，可将低附加值的催化油浆高效绿色转化为高附加值的电极、负极原材料和清洁油品。2021年8月4日，采用石科院专利技术的10万吨/年高端碳材料联合装置在茂名石化一次开车成功，产出合格针状焦（生焦）产品，标志着中国石化自主开发的高硫劣质催化油浆生产针状焦工艺技术首次实现大规模工业化应用，具备了自主生产高端碳材料的能力。

### 大连院：成功攻关针状焦产品高端化应用技术

3月3日，采用大连院THTD技术生产的金陵针状焦制备直径700毫米大规格超高功率石墨电极完成石墨化工序，石墨电极各项指标正常，标志着中国石化针状焦产品在石墨电极领域高端化应用方向迈上新台阶。

2024年，在集团公司科技部、炼油事业部等部门大力支持下，大连院联合金陵石化、炼销公司开展金陵针状焦产品高端化应用技术攻关，在石墨电极领域，完成了金陵针状焦生产直径600毫米超高功率石墨电极技术攻关，顺利通过下游多家钢厂应用；在锂离子电池负极材料领域，完成高容量锂离子电池负极材料针状焦生产，经下游负极企业评测，金陵石化针状焦产品首次放电比容量达到359.6毫安时/克，与国外高容量进口针状焦产品相当，满足高容量锂离子电池负极材料要求，标志着大连院THTD技术生产的针状焦产品在石墨电极领域、锂离子电池负极材料领域均迈入高端化行列。今年初，攻关团队持续开展直径700毫米UHP石墨电极针状焦产品技术攻关，并在下游石墨电极企业顺利完成挤压成型、浸渍、焙烧、石墨化等工序。

## 金陵石化：产品性能与进口针状焦相当

近年来，高端针状焦产品在新能源汽车、电弧炉炼钢领域的应用需求持续拓宽，金陵石化成立包含生产、研发、销售等各环节骨干的高端碳材料攻关团队，大力开展技术攻关。

2021年1月，中国石化首套自主研发设计的高端石墨装置在金陵石化成功产出合格产品，实现中国石化连续稳产高端针状焦产品零的突破。2022年，金陵石化与大连院成立高端碳材料联合研发中心，持续推进高端碳材料研发应用，攻克了原料性质不稳，针状焦粉焦量高、纹理差、硬度不高、含水率大等九大技术难题。

2024年，采用金陵石化煅后针状焦生产的直径600毫米超高功率石墨电极在国内4家钢铁厂试用成功，同批次煅后油系针状焦顺利通过国际专业评测机构的评价测试，达到优质水平。同年11月，该公司生产的高容量负极材料针状焦获得下游企业应用性能评价反馈，产品性能与进口针状焦相当，且石墨化后的电阻率、电导率和压实密度等电化学性能指标更优，满足导入高端负极材料生产线要求。

## 茂名石化：产品质量不断迈上新台阶

2021年8月4日，茂名石化高端碳材料装置正式投产。针对该装置前期运行中存在的影响产品质量的源头性问题，茂名石化多次召开攻关会深入分析，积极与科研单位对接，利用2024年装置首次大修机会进行源头性合理化改造。大修期间，他们还完成了高端碳材料装置原料优化等多项改造，进一步提高了原料选择的灵活性，为提升针状焦质量创造了条件。

2024年12月，高端碳材料装置历经首次大修及优化提升项目改造

后，一次开车成功，第一批针状焦产品分析克容量达到355毫安时/克，符合国家I类针状焦标准。高端碳材料装置针状焦单元改造开车后，该公司经过一个多月的优化调整，针状焦克容量最高达360毫安时/克，石墨化度最高达到96.42%，产品质量再次迈上新的台阶。

原载

2025年4月9日《中国石化报》第6版

责任编辑

雷 蕤



&gt;&gt;

# 高端针状焦：在超高功率石墨电极领域的创新之路

耿存状 杜益军 陈伟伟 孙宝翔 王建慧 房 挺 张馨月 王 博 张 兴  
(大连院、金陵石化等)

随着我国钢铁行业转型升级及新能源产业蓬勃发展，超高功率石墨电极作为电弧炉炼钢的核心材料，重要性日益凸显。近年来，中国石化在超高功率石墨电极领域取得了显著进展。前不久，以中国石化高端针状焦为原料制造的首批直径700毫米UHP石墨电极成功交付，标志着中国石化针状焦产品在石墨电极领域高端化应用迈上新台阶。

## 大连院：为石墨电极高端化应用提供技术支撑

2007年，大连院开启针状焦的自主研发工作，彼时国产油系针状焦品质较差，直径600毫米及以上UHP石墨电极用油系针状焦依赖进口。高端油系针状焦制备技术成为制约我国电弧炉炼钢、新能源等行业快速发展的“卡脖子”难题之一。大连院针状焦研发团队于2017年形成拥有自主知识产权的“THTD催化油浆生产优质针状焦技术”。在集团公司统筹指导和资源支持下，大连院、金陵石化、广州（洛阳）工程等单位联合攻关，2020年底，15万吨/年高端石墨工业装置于金陵石化顺利落成，并稳定运行至今，验证了大连院针状焦技术的领先优势和可靠效能。

自2022年起，大连院针状焦研发团队一方面全力推动金陵石化针状焦品质提升，另一方面积极布局下游高端产品精细化发展。UHP石墨电极是针状焦极其重要的下游产品应用领域，大连院深入探究原料、过程、产品的结构关系，以及工艺参数与产品质量、针状焦纹理及强度等指标的关联，构建了核心工艺参数体系。2024年，采用100%金陵石化针状焦制备的直径600毫米UHP石墨电极在国内4家钢铁厂成功应用，标志中国石化针状焦产品在石墨电极领域成功实现高端化应用。2025年，以中国石化高端针状焦为原料制造的首批直径700毫米UHP石墨电极在南通扬子碳素公司成功交付，标志中国石化针状焦产品在石墨电极领域高端化应用迈上新台阶。

### 金陵石化：生产高端针状焦产品满足客户需求

金陵石化积极打造高端碳材料“专精特新”产业链，将针状焦作为践行“油转特”战略的亮点产品。该公司根据新工艺、新技术特点，在大连院的共同努力下，成立高端碳材料研发中心，形成“研发-生产-销售”一体化攻关团队，每日派专人进行产品采样，对比分析每塔产品质量数据，根据分析结果有针对性地开展研讨，精细调整参数细节，并固化操作要求，攻克了原料性质不稳，针状焦粉焦量高、纹理差、硬度不高、含水率高等九大技术难题，针状焦纹理日渐清晰，硬度、哈式可磨指数等关键指标能够根据下游客户要求定制化调整。

2021年1月，中国石化首套自主研发设计的高端石墨装置在金陵石化成功产出合格产品，实现中国石化连续稳产高端针状焦产品零的突破。2022年，针状焦煅烧合资项目在江苏连云港建成投产。2024年，煅后针状焦生产的直径600毫米超高功率石墨电极在钢厂试用成功，负极材料用针状焦克容量等关键指标比肩国外进口高端针状焦产品。今年5月14

日，采用金陵石化煅后针状焦生产的首批直径700毫米超高功率石墨电极产品在南通扬子碳素公司成功交付。

## 炼油销售公司：产销协同助力石化高端材料国产化

2024年，炼油销售公司通过资源整合和优化配置，推动技术协同和质量提升，累计销售针状焦产品逾12万吨。

该公司充分发挥产业链协同优势，整合金陵石化等上游炼厂的优质原料资源，通过科学的供需匹配机制，为下游头部企业供应高端针状焦产品。同时，建立“生产-加工-应用”全链条技术协作体系：一方面将下游石墨电极制造企业的工艺需求反馈给炼厂，指导针状焦产品指标持续优化；另一方面联合实验室，共同攻克降低CTE（热膨胀系数）等行业技术难题，显著提升国产针状焦的品质稳定性。

此外，该公司积极构建覆盖钢铁行业的立体销售网络，推动金陵石化针状焦制品成功进入龙头企业供应链。通过收集终端用户对电极断裂率、吨钢消耗等关键指标的反馈，形成市场需求-产品改进-价值提升的良性循环。该公司还首创“产能锁定+联合研发”合作模式，与上下游企业建立长期战略伙伴关系，为石化高端材料国产化提供可复制的产销协同样板。目前，该公司正探索将炼厂低碳工艺与下游碳足迹追溯系统对接，既能保障产业链稳定运行，又为行业绿色转型提供了创新实践。

原载

2025年6月11日《中国石化报》第6版

责任编辑

雷 蕾

# 保暖纤维：从石油变身而来的御寒材料

陈思琪 万 敏 刘芳芳 翟瑞龙 倪 倩 张永其 刘玉福  
(上海石化、齐鲁石化、仪征化纤等)

初春时节，乍暖还寒。保暖依然是人们关注的焦点。从石油变身而来的纤维材料，经过技术创新，在保暖性能、舒适度和耐用性上都有了很大提升，不仅能够抵御严寒，而且能够保持轻盈，为人们提供更好的透气性和舒适度。从贴身内衣到围巾手套再到厚被暖垫，保暖纤维的身影无处不在。

## 上海石化：推动原液着色腈纶量质齐升

随着国内外腈纶市场需求的高端化、腈纶生产工艺迭代加速和生产过程绿色环保要求日益严格，上海石化发挥产销研用一体化优势，积极调整腈纶产品结构，加大技术攻关力度，持续开发绿色环保腈纶新产品。

经过多轮次技术攻关、生产优化和试生产运行，2008年，上海石化自主研发出明星产品——原液着色腈纶，并远销中东、欧洲等地，其抗水洗色牢度、日晒色牢度均处于国内领先水平。2018年，该产品在中国工业设计研究院创新设计大奖比赛中，荣获“优秀创新设计产品奖”。近年来，为配合上海石化碳纤维产业发展战略要求，实现腈纶产品的延续性发展，上海石化采用二步法生产工艺生产原液着色腈纶产品，仅用两

个月就完成技术攻关，并实现连续化生产。二步法原液着色腈纶纤维一经问市，便受到客户青睐。截至2024年底，原液着色腈纶产品产量达1.53万吨，拥有百余种色系。

同时，上海石化积极开发腈纶纤维新色系品种，加强与客户、色浆供应厂家的沟通，整合资源配置，搭建产品售前、售中、售后全方位服务平台，并依托多年的腈纶生产经验，不断优化原液着色系统，提升装置柔性化和连续化生产能力，推动原液着色腈纶量质齐升。截至目前，上海石化二步法原液着色腈纶全部实现满产满销。

### 齐鲁石化：合作开发保暖内衣性能媲美“德绒”

齐鲁石化是全国唯一的干法腈纶生产基地，其生产的高端细旦仿羊绒干法腈纶纤维产品结构紧密、柔软、光滑、羊绒感强，疏水性、覆盖性、蓬松性较湿法工艺更优，适用于棉纺或毛纺，可与湿法腈纶、涤纶、棉、粘胶、羊毛等混纺，在包芯纱上的应用具有明显的优势，可制作羊绒衫、毛绒、打底裤、保暖内衣及其他高档纺织品。

齐鲁石化腈纶厂研发团队成员深入开展市场调研，在了解到市场需求能替代“德绒”的高端细旦仿羊绒纤维后，发挥专业技术优势，积极走自主创新之路，加快推进新产品的研发，探索工艺路线并改造设备，制定了详细的试产方案，成功研发生产出高端细旦仿羊绒腈纶纤维。

产品成功研发后，该厂产销研团队成员奔赴全国各地，对知名下游企业进行走访和产品推介，他们听取客户意见，反复优化每一道生产工序，精心调整每一个工艺参数，不断提升产品质量，从而提高产品市场占有率。他们还联合下游用户合作开发了贴身超薄保暖内衣，从手感到可纺性都与“德绒”媲美，得到客户认可和赞誉。

## 仪征化纤：持续大力拓展保暖材料市场

仪征化纤持续开展涤纶中空纤维产品的研发攻关，原生涤纶中空纤维业务领跑行业，持续保持品种最齐全、产量最大两项全球第一。

近年来，仪征化纤围绕客户需求持续创新，先后开发全谱蓄热纤维、十孔涤纶中空纤维等新产品。同时，大力持续拓展保暖材料市场应用场景。前不久，该公司与多家服装企业联合研发的“轻薄型保暖防护工装”入选工业和信息化部安全防护类“2024年度十大类纺织创新产品”名单，该产品的内芯采用的是仪征化纤研发生产的熔喷保暖絮片，通过涤纶中空纤维等各种组分纤维一次性复合，使同样克重的保暖性能大幅提升，适用于室外高空、严寒等作业环境的劳保工装。目前，用熔喷保暖絮片制作的冬季劳保工装已在部分石油石化、国家电网等企业投用。客户试穿反映，用熔喷保暖絮片制作的冬季劳保工装保暖性能优于以前的防寒服，且更加轻薄。仪征化纤新型保暖絮片开发团队根据市场需求又开发出远红外熔喷保暖絮片、阻燃熔喷保暖絮片等功能性中空纤维产品。

原载

2025年2月12日《中国石化报》第6版

责任编辑

雷 蕤

# 有光短纤：更“亮”更“绿”的高端缝合材料

韩 雪 郭克锋 周 阳 倪 倩 刘玉福 陈思琪 常 丽  
(化销公司、仪征化纤、上海石化)

春回大地、万物复苏，色彩鲜艳的春装成为街头巷尾的亮丽风景，露营活动也被人们重新提上日程，而这些春日里的美好，都与一种神奇的材料——有光短纤密切相关。

有光短纤是制作有光涤纶缝纫线的关键材料，具有强度高、色泽鲜艳、耐腐蚀等特性。有光短纤赋予了衣物明艳动人的色彩表现力，让每一件服饰都能在春日里光彩照人；凭借自身优良特性，为帐篷提供结实耐用的保障，让人们在享受户外乐趣时无后顾之忧……本期专题带您一起走进有光短纤的奇妙世界。

## 仪征化纤：产品畅销国内制线企业

我国是服装生产和需求大国，每年缝纫线需求量在几十万吨，过去国内制线企业生产高档缝纫线大都使用进口原料。仪征化纤从2000年开始瞄准国外缝纫线原料最高水平，用10年时间锲而不舍攻关，成果显著，生产的有光短纤具有可纺性好、强度高、染色性能好等特点，成功替代了进口产品。

之后，仪征化纤大力推进产品升级，产销研一体化攻关团队在产品的稳定性、切断白粉、尾丝疵点、缠辊乱丝等方面进行质量提升，使产品处于行业领先水平。仪征化纤生产的有光短纤不仅畅销国内制线企业，而且成功出口欧美国家，成为高端用户的首选。

如今，有光短纤作为仪征化纤重要的高附加值短纤产品，产销量全国领先，生产线从4条增至16条，有光短纤年产量从8万吨增至36万吨，市场占有率超过50%，属国内同类产品市场标杆。仪征化纤将差异化作为新时期的发展战略，围绕下游高支纱、低支纱对有光短纤质量差异化、定制化需求进行持续开发，做到人无我有、人有我优、人优我特。在全国最大有光缝纫线市场——湖北汉川马口地区，仪征化纤与化销公司共同设立服务点，通过向重点区域市场派驻技术、销售、物流人员，将服务向市场一线延伸，形成了产、销、研、财务、物流、市场“六位一体”营销服务新模式，有效提高了服务效率和客户满意度，增强了客户黏性。2024年，仪征化纤有光短纤产销量比上年增长近10%。

### 上海石化：依托技术优势拓展产品领域

20世纪80年代，随着国内市场对腈纶有光短纤产品需求的快速增长，上海石化开始试制生产有光短纤产品并成功实现稳定量产，成为国内最早规模化生产有光短纤的企业之一。

上海石化加强技术攻关，通过减少原液气泡、保障成型充分等措施，解决了腈纶有光短纤产品生产过程中存在的“粉末多”问题，保障了产品质量。在此基础上，该公司不断加强对原液均匀、纺丝成型、水洗温度等生产环节的精细化操作控制，并持续优化生产工艺方案，确保生产装置长周期安稳运行，推动腈纶有光短纤产品量质齐升。上海石化腈纶有光短纤产品因具有光泽度高、可纺性好、产品综合质量优等核心竞争

优势，深受客户认可和信赖。

目前，该公司已成功开发抗起球、抗菌、阻燃等功能性有光短纤产品，填补了部分国内细分市场空白，形成自主可控的生产技术体系，产品产销率达100%。

下一步，上海石化将依托技术优势，推动有光短纤向超细旦、粗旦等方向进一步拓展，为客户提供更多、更优的解决方案。

### 化销公司：助力生产企业实现全产全销

2005年起，全国有光短纤竞争格局呈群雄并起态势，仪征化纤有光短纤生产线从4条增至8条后，面临产销平衡压力。化销公司在市场腹地设立武汉代表处，就近服务以汉川为核心的湖北市场。产销联合为客户提供“5+1”营销服务，即品牌支持服务、差别化功能化增值服务、技术支持服务、物流增值服务、财务优质服务、专项解决方案，帮助仪征化纤有光短纤巩固以汉川为核心的湖北市场，实现8条生产线产销平稳。

以汉川为核心的湖北有光缝纫线市场扩产后，化销公司推行销售前移、库位前移、服务前移，跟进下游缝纫线扩产进程，根据下游对有光短纤的需求增量，引导仪征化纤有光短纤扩产。2012年，仪征化纤有光短纤生产线增至12条，并逐步实现产销平衡。

2016年起，化销公司与仪征化纤联合，在汉川马口镇设立马口营销服务点。该服务点位于马口镇便民服务中心，方圆10公里范围内有38家纺织厂，半个小时车程可以为90%的客户提供到厂服务。他们创造性地发挥客户经理、财务、技术服务、物流等人员的力量，开展“六位一体”服务。2012年，在激烈的市场竞争中，仪征化纤有光短纤12条生产线28万吨/年有光短纤产能实现全产全销。即使在疫情期间，化销公司与仪征化纤也通过优质服务，实现实现有光短纤销量三连增。去年，该公司助力仪

征化纤实现有光短纤16条生产线36万吨/年产能全产全销。

原载

2025年3月12日《中国石化报》第6版

责任编辑

雷 蕾



# 锂电池材料：中国石化全面推进布局

陈子佩 潘亚男等（石科院 北化院）

2024年，全球电动汽车销量突破1700万辆。而关乎电动汽车续航里程、电池寿命、充电快慢及安全性能的关键，就是锂电池。

在“双碳”目标指引下，中国石化在大力发展战略性新兴产业的同时，加快推进新能源技术研发和产业布局，通过研发生产锂电池材料，为我国锂电池产业发展注入源源不断的动力。

## 正极材料

正极材料是锂电池的关键部件，根据生产原料的不同，锂离子电池的正极材料主要包括三元材料、磷酸铁锂材料、钴酸锂材料、锰酸锂材料等。

其中，三元正极材料是由镍、钴、锰等三种过渡金属元素组成的复合氧化物材料，因为三元正极材料，特别是NCM811等高镍型三元材料较其他正极材料比容量更高，可达180~220毫安时/克，所以制成的锂离子电池电压更高、能量密度优势明显，常用于电动汽车等需要长续航的设备及手机、笔记本等电池空间有限的电子产品。

### 产品名片：三元前驱体

三元前驱体是制备三元正极材料的关键中间产物，通过镍、钴、锰

盐的共沉淀工艺合成，后经锂盐混合烧结等环节加工最终形成正极材料。作为生产正极材料和锂电池的关键核心原料，三元前驱体成本占生产锂电池总成本的30%~40%。

### 石科院：自主研发三元前驱体合成新技术

2024年，全球电动汽车销量突破1700万辆，带动锂电池需求激增，三元前驱体市场需求增加。目前，我国三元前驱体产能占全球总产能的88%。

石科院研发出一整套具有自主知识产权的三元前驱体合成新技术，能将三元材料的颗粒尺寸均一化，摒除极小或极大颗粒，保证电池在充放电过程中材料颗粒保持同步脱锂和嵌锂，从而抑制某些颗粒过度充电或放电，不仅延长了电池的使用寿命，而且提高了安全性能。石科院研发团队通过成核与生长的精准控制，增强了生产线的纠错能力，可生产出物化性能优异的三元前驱体产品。

以石科院专利技术为依托，中国石化在湖南建成千吨级工业生产线，生产的三元前驱体产品性能整体处于国内先进水平。经国内正极材料龙头企业评测，由该三元前驱体合成的NCM811三元材料的倍率性能和循环性能均优于商业化产品。

## 电解液

电解液作为锂/钠离子电池的核心组成部分，直接影响电池的电化学性能、能量密度、循环寿命及安全性。在锂电池电解液中，三元高压/硅碳电解液有效突破电池能量密度限制，满足下一代高端动力电池技术问题；磷酸铁锂/石墨快充电解液能够解决磷酸铁锂电池动力电池快充问题，满足下一代高端动力电池闪充需求；高安全电解液提升电池的热安全性能；固态电解质则基于聚合物与无机材料复合设计，具备良好的离

子传导性能与电极界面稳定性，已在软包电池中开展应用探索。

## 产品名片：钠离子电池电解液

面向多种层状氧化物钠电正极体系，开发层状氧化物钠离子电池电解液，兼顾能量密度和循环性能，电池寿命可超3000次。面向磷酸铁钠电正极体系，开发聚阴离子钠离子电池电解液，兼顾循环寿命与安全性，电池寿命可超8000次。

## 上海院：多批次吨级钠电池电解液供应多家头部企业

2024年，受六氟磷酸锂价格下行影响，全球锂电池电解液企业盈利空间持续承压。与此同时，钠离子电池在储能领域实现关键性技术突破，全球出货量达3.6吉瓦·时。2025年，锂电池电解液向高端化迈进，高电压、快充与固态化需求增长预计达35%；钠电池产业化进程同步提速，全球市场需求有望增长至23吉瓦·时，其中储能领域占比约40%。锂钠协同发展格局逐步显现，预计钠电池在动力电池领域的渗透率有望逾15%。

上海院加快钠电池电解液推广应用，完成多批次吨级产品生产与出货，供应多家钠电池头部企业，计划年内扩大出货规模。面对储能需求，研发出适配宽温域（零下10摄氏度至60摄氏度）钠电池电解液体系，在零下10摄氏度的低温下仍具备良好充放电性能，容量保持率超过95%，5C大倍率放电容量保持率超过90%。上海院还掌握电解液原料电池级碳酸乙烯酯（EC）、碳酸二甲酯（DMC）、碳酸甲乙酯（EMC）等关键溶剂的高纯合成与精制技术，其中电池级碳酸乙烯酯实现20万吨/年工业化产能。

## 负极材料

负极材料影响电池的能量密度、充放电效率、循环寿命与安全性能，

占锂电池总成本的5%~15%。目前，商业化锂电池负极材料主要有石墨负极（含人造石墨、天然石墨）和硅基负极材料（如氧化亚硅复合材料、纳米硅碳复合材料）。

其中，人造石墨负极材料以石油焦、针状焦等为原料，经粉碎、造粒、分级和高温石墨化制成。比容量在310~360毫安时/克，电位平台低、循环性能佳、生产工艺成熟，利于大规模生产与安全使用。

天然石墨负极材料由天然鳞片晶质石墨经粉碎等处理制备，比容量达340~370毫安时/克，接近理论值，成本低；与电解液相容性差，循环稳定性相对较差，常通过表面改性、与人造石墨复配等提升性能。

氧化亚硅复合材料比容量达1300~1700毫安时/克，膨胀低、循环稳定性好。不过首效通常低于80%，预锂化等虽能提升首效，却带来成本高、表面残碱等问题，限制其推广。

### 产品名片：硅碳负极材料

上海院通过自主开发的纳膜包覆工艺为纳米硅材料提供了均匀的表面包覆结构，赋予产品“高首效，低膨胀”的特点。通过液相混合工艺将纳米硅及碳材料进行二次包覆，可获得多种型号的“高首效、长循环”硅碳负极材料。

### 上海院：成功推出硅碳负极材料配套电芯

2024年，全球负极材料出货量220.6万吨，其中，我国出货量达211.5万吨，占95.9%。硅基等新型负极材料虽然仅占当前市场份额3.3%，但随着新能源行业对电池性能要求提高，其高比容量优势凸显，份额有望逐步提升。

上海院致力于优化、丰富硅碳负极材料产品，积极开发配套电芯，依托自主研发的高性能硅碳负极工艺，搭建吨级中试装置，顺利完成两大类型四种牌号硅碳负极的开发和中试，实现产品定型。产品采用自研自产的纳米硅为原料，大幅削减了生产成本。在此基础上，上海院成功

推出比能量高达 264 瓦·时/千克的 18650 硅碳负极材料配套电芯，各项指标均处于行业领先水准。未来，上海院将携手下游厂商加速硅碳负极材料商业化，推动锂电池产业升级。

## 封装材料

锂电池封装材料主要包括铝塑膜和铝塑复合膜。铝塑膜是一种由多层材料复合而成的薄膜，通常包括尼龙、聚丙烯、聚酯等材料，主要用于封装锂电池的电芯。传统软包封装材料依赖进口聚丙烯原料，成本高且供应受限。

### 产品名片：软包电池封装流延聚丙烯薄膜专用料

铝塑复合薄膜材料核心层可采用北化院自主开发的软包电池封装流延聚丙烯薄膜专用料。该材料具有高强度、耐电解液腐蚀、高可塑性等特性，能够有效保护电芯、隔绝外界环境、防止电解液渗漏，同时提升电池的能量密度和安全性，是当前锂电池封装材料的理想选择。

### 北化院：封装材料部分性能超越进口产品

北化院科研团队深入探究影响电池软包薄膜耐冲深、热封性能提升和耐电解液性能的关键因素，成功开发出多相多组分软包 CPP（流延聚丙烯）薄膜材料结构改性技术，在千吨级专用料生产装置上，首次实现了 5 个流延聚丙烯薄膜专用料的工业化生产，打破了国外垄断，填补了国内空白。

他们还联合产业链企业开发多层薄膜材料界面调控技术及软包封装材料整体解决方案，通过开发铝合金表面改性及热处理技术，提高了多种材料复合的界面强度，实现了锂电池用铝塑封装材料的工业化生产。

目前，CPP 薄膜专用料系列产品已在多家封装材料生产企业实现规模化应用，累计生产封装材料 20 余万平方米，并通过下游厂商严格测

评，部分性能超越进口产品，降低了产业链成本。未来，北化院将持续优化材料性能，拓展在动力电池、储能、固态电池等领域的应用场景，进一步增强国产材料的市场竞争力。

## 隔膜材料

### 锂电池隔膜专用聚丙烯催化剂

该催化剂是北化院自主研发的超高活性聚丙烯催化剂，具有超高聚合活性和超高立构定性等显著优势，可生产高等规度低灰分的聚丙烯树脂，能够满足干法锂电池隔膜对原料的严格要求。

### 北化院：“一步法”技术制备产品性能更优

干法锂电池隔膜所用的原料，为灰分含量低、立构规整度高且具有特殊分子量分布及凝聚态结构的聚丙烯，常规聚丙烯树脂远达不到要求，高档锂电池隔膜专用聚丙烯树脂长期依赖进口。进口料主要采用聚合后洗涤脱灰、脱无规物的“两步法”工艺，流程长、能耗高、污染高、成本高。

北化院科研团队另辟蹊径，通过催化剂创新，采用本体聚合“一步法”直接从反应器中制备锂电池隔膜专用聚丙烯。该团队制备出目前国际上活性最高的HA催化剂，同时开发了配套的生产锂电池隔膜专用聚丙烯技术。为让产品满足单拉工艺要求，科研团队进一步开发了超高立构定向性超高活性的催化剂，并开发了配套聚合工艺技术。基于这一高性能催化剂开发的“一步法”生产超高纯高等规聚丙烯技术，可满足双拉和单拉工艺要求，优于国外“两步法”。

### 中原石化：锂电池隔膜料国内市场占有率逾30%

2016年以来，中原石化采用北化院研发的催化剂，在反应器内直接聚合，生成超低灰分、高等规度的聚合物粉料，并采取全流程洁净化控

制措施及适配国产粉料特性的助剂体系，成功实现用于超纯净聚丙烯树脂工业批量化生产，填补了国内空白，实现了替代进口。2021年，双方联合攻关生产出性能优异的FA03、FA02等系列锂电池隔膜专用聚丙烯树脂产品。目前，中原石化生产的锂电池隔膜料国内市场占有率达30%以上，基本覆盖国内主流客户，主要用于储能和动力领域，部分产品用于国内知名电动汽车企业。

 原载

2025年4月23日《中国石化报》第6版

**责任编辑**

雷 蕾

# 中国石化在钠离子电池材料领域的研究实践

孙宝翔 张舒冬 蔡海乐 颜 冬 薛浩亮 周梦瑾 李昱颖 王晓峰  
( 大连院 上海院 )

## 钠离子电池正极材料

与负极材料相比，正极材料决定钠离子电池的性能上限，是钠离子电池产业链的关键一环。大连院开展层状金属氧化物正极材料研究，从钠离子层状氧化物材料结构稳定性的基础科学问题出发，采用元素掺杂方法制备高比能高稳定性镍锰基正极材料，通过掺杂电化学活性金属，在充放电过程中发生氧化还原反应，同时抑制不可逆相变反应，提高材料的空气稳定性，为材料提供额外容量；通过掺杂电化学非活性金属，激发结构氧的电化学活性，且在充放电过程中发挥晶格支柱作用，有效抑制过渡金属离子迁移和材料相变，提升材料的循环稳定性。大连院基于层状氧化物正极结构设计，结合催化剂制备工艺优势，采用低成本且环保的制备工艺路线，制备的正极材料可逆比容量大于138毫安时/克，循环稳定性和快速充放电性能优异，已完成百公斤级验证。

## 钠离子电池负极材料

为满足产业发展需求，大连院坚持可商业化路线，利用石化行业石油焦资源优势，基于多年的石油焦利用技术研究基础，提出“软碳硬化”策略，从纳米层级改变石油焦精细结构和表面性质，抑制石油焦易石墨化特性，既保留软碳的电子传输特性，又兼具硬碳的离子传输和储钠特性，开发出独有的高性能钠离子电池负极材料制备技术。大连院首次实现以石油焦为原料合成低成本高比能钠离子电池负极材料，可逆比容量达到360毫安时/克以上，首周库伦效率超过93%，振实密度大于0.8毫升/克，性能超过目前普遍使用的生物质基、树脂基硬碳负极材料，来源稳定、成本低等竞争优势显著，已完成百公斤级验证。

## 钠离子电池电解液

2025年，全球钠电池产业进入加速发展阶段，电解液作为关键基础材料的需求量显著上升。1~9月，全球钠电池电解液出货量达0.9万吨，同比增长201%，预计2030年出货量将达157.7万吨。在储能、电网调节及启停电源等多元化应用场景驱动下，钠电凭借成本优势与安全特性逐渐应用于各类终端市场，从而带动电解液需求持续增长。

针对快速增长的市场需求与技术升级压力，上海院研发团队构建了钠电电解液核心技术体系，重点突破新型溶剂体系设计和特种添加剂开发等关键技术瓶颈。通过研制高安全性、成本可控的新型溶剂体系，显著提升电解液的电化学稳定性与热稳定性，从根本上提升钠离子电池在复杂工况下的安全性能。同时，该团队开发的适用于高温、低温及阻燃条件的特种功能添加剂，可在多类型钠电体系中快速构建致密、稳定的界面膜，有效抑制副反应及过充风险，从而延长电池的循环寿命并提升

整体安全性。

依托上述自主技术成果，上海院研发团队于2025年首次实现钠离子电解液吨级销售，产品质量稳定可靠，具备规模化供应能力。新型高倍率电解液及基于高安全溶剂体系的电解液均顺利完成小试验证，表现出优良的界面稳定性和宽温适应能力。基于自主电解液体系研发的方壳钠电电芯成功实现小批量生产下线，相关产品通过国家钠电单体标准测试CNAS（中国合格评定国家认可委员会）认证，各项性能指标达到国内先进水平，为其后续产业化应用及大规模推广奠定了坚实基础。

原载

2025年12月9日《中国石化报》第8版

责任编辑

雷 蕾 季佳歆



## 一场超越想象的“橡塑之旅”

傅晓晶 洪晨曦 王启飞 苟澜弋 卞江岐 彭 展 潘亚男等  
(化工销售公司 中国石化报社 镇海炼化 北化院等)

前不久，第三十七届中国国际塑料橡胶工业展览会在深圳国际会展中心举办，吸引全球4500多家企业参展。作为全球第二大化工公司，中国石化第四次参与国际橡塑展，以“塑·有型万物，造·无限未来”为主题，设置汽车解决方案、功能包装解决方案、建筑+家电行业解决方案、新材料、绿色可持续、石化e贸六个展区，集中展示在专精特新材料领域的成果与应用，吸引众多观众驻足。本版专题展示中国石化在此次展会上亮相的部分创新产品、高新技术及一体化解决方案。

### 汽车解决方案展区

#### 抗虎皮纹抗冲聚丙烯PPB-MG30-G

##### 产品特性：

抗虎皮纹抗冲聚丙烯能够有效解决聚丙烯制品在注塑过程中常见的虎皮纹问题。虎皮纹是由于注塑过程中熔体前端压力不稳定导致的光泽度差异，最终在制品表面形成波浪纹路，影响外观。抗虎皮纹抗冲聚丙烯具有高流动性和低收缩性，这使得其在薄壁注塑制品中表现出色，能够减少制件内部的应力集中和表面缺陷，提高制品的成型质量和外观效

果，从而避免虎皮纹的形成。此外，该款聚丙烯还具有良好的抗冲性能。

#### **应用领域：**

主要用于汽车制造领域，特别是汽车保险杠、仪表板、门板及内饰件等部件。

#### **企业实践：**

2023年底，镇海炼化聚烯烃团队在走访调研中了解到，因开发难度大，抗虎皮纹抗冲聚丙烯一直被国外垄断，售价长期居高不下。该公司抗冲系列产品高性能化创新攻关团队在进行充分的市场调研和产品对标表征后，经深入研讨，找到实现平稳生产的关键因素，并制定完善的生产方案。2024年2月22日，镇海炼化在3号聚丙烯装置成功生产出抗虎皮纹抗冲聚丙烯新产品。10余家国内头部汽车改性企业测试验证后认为，该产品抗虎皮纹效果显著，可完全替代国外知名产品。截至目前，该产品销量逾5000吨。

## **功能包装解决方案展区**

### **PETG聚酯材料**

#### **产品特性：**

PETG（聚对苯二甲酸乙二醇酯-1,4-环己烷二甲醇酯）是一种由1,4-环己烷二甲醇（CHDM）共聚酯改性的聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）共聚酯材料，其制品具有高透明性、优异的抗冲击和拉伸性能，易着色且耐化学性优良，并具有优异的热成型性能、耐候性、加工性，能够满足流延、注塑、吹塑领域生产。

#### **应用领域：**

主要用于厚重高透制品、热收缩薄膜及3D打印材料等，具体可用于生产医疗器械包装、卡基膜、透明化妆品瓶、高档板材等。

## 企业实践：

2020年，仪征化纤开展PETG聚酯材料专项攻关课题揭榜挂帅，集合研发、生产、销售等人员联合攻关、协同创新，推动实现高效催化、高黏熔体制造等方面的技术突破，加快顶替进口，相继成功开发了不同CHDM含量的系列PETG产品。该系列产品具有良好的加工性能、出色的透明度和亮度，各项指标均优于同类进口产品。2023年，仪征化纤联合化销公司开发新客户，高透型PETG BG804瓶片成功顶替进口，应用于医用造影注射器、手术器械包装等。目前，仪征化纤强化新产品研发和下游客户应用开发的有机融合，根据客户需求成功开发多款定制化PETG产品，广泛用于食品包装、电子显示、医疗器械等高端领域，市场占有不断提升。下一步，该公司将以PETG为基础，深度开发耐热、耐冲击、耐化学腐蚀、耐辐照等高性能共聚酯，不断提升高端聚酯国产化水平。

## 无规共聚低析出聚丙烯（ZHP868）

### 产品特性：

作为定制化高端产品，ZHP868具备低析出特性，产品析出量显著低于普通无规共聚产品，能够有效避免包装材料中的成分（如添加剂、低聚物等）迁移到表面，尤其适用于深色包装制品的高洁净需求。该产品兼具高透明、高抗冲、高刚性、高光泽度、低气味等特性，能满足高端包装制品对质感与安全性的双重要求。

### 应用领域：

主要用于化妆品包装、食品容器及医用容器领域，如口红外壳、粉饼盒、精华液容器等，能够满足高端包装制品外观与耐用性需求。

## 企业实践：

2023年10月，镇海炼化聚烯烃攻关团队根据下游客户定制化需求，启动无规共聚低析出聚丙烯的研发。2024年10月，中石化宁波新材料研

究院自主研发助剂配方，搭配北化院国产催化剂，成功在实验室产出合格产品，在下游试用获得认可。该产品计划2025年底前在镇海炼化1号聚丙烯装置进行工业化试生产，从助剂到配方均实现国产化突破。

### 聚乙烯瓶盖料（ZH5050/ZH5632）

#### 产品特性：

聚乙烯瓶盖料ZH5050与ZH5632为高端专用料，通过了食品认证，具有低气味、高密封性、易开启等特性，兼具耐环境开裂性与加工性，能够全面满足食品包装的安全与性能需求。

#### 应用领域：

作为食品级专用料，适用于饮料瓶盖制造领域，尤其适用于对气味敏感的纯净水场景，能够提升终端消费体验。

#### 企业实践：

2023年5月，镇海炼化项目团队抓住国内高端瓶盖料80%依赖进口的痛点，直面高端瓶盖料开发难度高、装置无生产经验的挑战，深入开展市场调研与对标分析，聚焦气味控制开展攻关。2024年3月，镇海炼化3号聚乙烯装置成功产出合格聚乙烯瓶盖料ZH5050。同年8月，根据部分特殊客户需求，该公司优化产品指标，推出聚乙烯瓶盖料ZH5632。截至今年一季度，这两款高端聚乙烯瓶盖料产品产量逾千吨，提升了国产食品包装材料的核心竞争力。

## 建筑+家电行业解决方案展区

### 接枝改性高性能聚丙烯（PP）电缆绝缘料

#### 产品特性：

接枝改性高性能聚丙烯具有击穿强度高、体积电阻率高、介电损耗低、抗电树和水树老化性能优异等特点。相比交联聚乙烯，接枝改性高

性能聚丙烯电缆绝缘料高温电气性能更好，全生命周期碳排放可降低40%。

## **应用领域：**

可用于中压、高压电力电缆绝缘材料（交流、直流、海缆）。

## **企业实践：**

2019年，北化院组建跨部门、跨专业的联合攻关团队，与清华大学联合开发接枝改性高性能聚丙烯电缆绝缘材料。同时，与产业链应用端紧密合作，协同完成电缆制造设备改造及电缆挤出和冷却工艺条件优化等工作，顺利完成中、高压环保型接枝聚丙烯电缆的研制。

目前，该产品已成功应用于10千伏、35千伏和110千伏等级的电力电缆，通过了新产品技术鉴定，已有6条电缆在国家电网和南方电网工程中应用。首条接枝聚丙烯电缆已平稳运行30个月。与此同时，完成了1000吨/年接枝改性高性能聚丙烯中试工艺包，中试装置正在茂名石化建设中。

## **高密度聚乙烯土工膜专用料**

## **产品特性：**

高密度聚乙烯土工膜专用料易挤出加工，具有较高的熔体强度，抗氧化性能高、耐油耐腐蚀性强，具有优异的耐环境应力开裂性能和耐蠕变性。其制品具有良好的机械性能、尺寸稳定性及防渗透性。

## **应用领域：**

主要用于各大型垃圾填埋场、水利、尾矿处理、畜牧业、化工油库等环保防渗漏工程及高铁产业，可用于吹塑1~3毫米土工膜（光面/糙面）。

## **企业实践：**

2013年，茂名石化成功开发高密度聚乙烯土工膜专用料，填补了国内土工膜专用料的空白，技术达到国际先进水平，其制品被应用于高铁建设、南水北调工程等多项国家级重点工程项目，成为多家行业龙头企业

业生产土工膜的指定标杆牌号。2020年，随着土工膜在畜牧业领域应用高速增长，该产品年产量首次破万吨。随着与国内矿业龙头企业合作不断深化，该产品的市场占有率不断提升。2024年，该产品年销量已达2.5万吨。

### 氢化丁腈橡胶

#### 产品特性：

氢化丁腈橡胶具有耐油性、高强度、耐高温、耐臭氧、耐介质等优异性能，同时具有良好的物理机械性能和动态力学性能。

#### 应用领域：

主要用于航空航天、石油开采、交通运输、智能家电、密封件等领域。

#### 企业实践：

氢化丁腈产业化技术是中国石化重大科技攻关项目。2022年底，具有中国石化自主知识产权的齐鲁石化橡胶厂5000吨/年氢化丁腈橡胶装置一次开车成功。装置投运后，齐鲁石化持续攻关提升产品性能，产品硫化速度优于国外同类产品，拉伸强度等指标达到国外同类产品水平。该公司深度调研客户需求，持续完善产品牌号，不断拓宽应用领域，联合化销华北加大销售力度，产品市场竞争力持续增强。今年一季度，氢化丁腈橡胶首次实现批量出口。

### 聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）材料

#### 产品特性：

PBT是五大工程塑料之一，具有优异的机械性能、绝缘性能、化学稳定性和耐候性，以及良好的加工性能，可以采用注塑、挤出等方法加工成型，并通过改性提高阻燃性能和缺口冲击性能。

#### 应用领域：

广泛用于汽车、电子电器、工业机械和聚合物合金、共混工业等领域。

域，特别是在充电桩领域有较大的应用潜力。

## 企业实践：

在集团公司科技部的支持下，海南炼化、北化院、上海工程公司、中国纺织科学研究院等单位开展联合攻关，共同建设6万吨/年PBST可降解材料工业化示范装置。该装置于2024年建成中交，2025年3月底投料试车并成功产出合格产品。该装置兼具柔性化功能，满足生产PBS、PBAT、PBT等系列化产品需求，具备6万吨/年PBT产品生产能力。

## 新材料、绿色可持续展区

### 超双亲聚丙烯无纺布

#### 产品特性：

超双亲聚丙烯无纺布以聚丙烯无纺布为基础，借助北化院开发的毛细力驱动自组装技术开发而成。产品突破了传统聚丙烯“疏水亲油”的固有属性，无须改变纤维结构，既能高效吸附油脂，又能快速浸润水分，还能按需定制，通过特殊处理灵活切换亲水疏油或亲油疏水模式，轻松应对各类复杂场景。

#### 应用领域：

应用在海水淡化领域，能提高光热蒸发效率，为解决淡水资源短缺问题提供新方案；应用在环保领域，可以高效净化被污染的水体；应用在日常生活中，可以制成洗脸巾，为人们带来更舒适、安全的洁面体验。目前，该材料正尝试应用于油水分离、保水保湿和海水淡化等领域，为环保、医疗和能源行业开辟了全新路径。

#### 企业实践：

与常见材料相比，北化院研发的超双亲聚丙烯无纺布的三维网状结构拥有微米级孔隙，锁水能力强，含液量可达基材原重的5倍以上；表面

负载光热材料后，超亲水特性与光热转化能力协同，结合高速输水通道，可大幅提升光热蒸发效率。目前，北化院正积极构建技术知识产权体系，拓展超双亲聚丙烯无纺布在环保、医疗、能源等领域的应用，全力推进这一创新材料从实验室走向产业舞台。

### 生物可降解材料PBST

#### 产品特性：

北化院自主研发的生物可降解材料PBST，具有较好的热稳定性、力学性能和生物降解性。相较PBAT生物可降解材料，其力学强度、耐热性和阻水性能更加优异。

#### 应用领域：

目前已探索的应用领域为膜料、注塑料、发泡料、纤维料四大类，可广泛用于农业、林业、食品包装、电子电器、医疗卫生和纺织等行业，能够有效提升现有生物降解材料的使用和加工性能，具有广阔的市场前景。

#### 企业实践：

2004年初，北化院以稀土化合物作为催化剂进行PBST的聚合研究，研发出兼具优异力学性能和可控降解性的PBST材料并进行系列应用，目前已形成涵盖“原料单体-聚合催化剂-聚合工艺-产品结构调整-产品应用-产品结构表征和评价”全产业链技术。2025年3月，在集团公司科技部的支持下，由海南炼化牵头，北化院、上海工程公司、中纺院等单位联合攻关的中石化（海南）聚酯新材料有限公司生物可降解材料（PBST）工业示范装置投料试车成功并产出合格产品，这是中国石化在海南省布局的全球首套6万吨/年连续生产PBST生物可降解新材料工业示范装置，也是海南省唯一规模化的生物可降解材料工业生产装置。4月，由该装置试产的生物可降解材料PBST生产的全生物降解地膜投入试用。

## 生物基聚烯烃

### 产品特性：

生物基聚烯烃产品碳十四含量高，具有环保减碳、易于加工且加工性能稳定等特性。

### 应用领域：

生物基聚乙烯主要应用于包装材料领域，具体可用于环保包装袋和包装薄膜；生物基聚丙烯主要应用于纺织、注塑、包装材料等领域，具体可用于无纺布、防护服、高端化妆品包装盒、咖啡杯、高端水壶等。

### 企业实践：

2024年6月，中原石化经过大量前期调研及取样分析，制定了生物轻油原料标准和生物基聚烯烃产品标准。随后，该公司成功开发出生物基聚烯烃产品，先后获得食品卫生、FDA（美国食品药品监督管理局）、MSDS（化学品安全技术说明书）等认证。2024年9月底，化销华中首次打通生物基聚烯烃销售流程，成功实现国内首款生物基聚烯烃产品的破冰销售。今年3月，中原石化生产的生物基聚丙烯产品进入日本市场，成为国内首批出口日本的生物基聚丙烯，标志着中国石化绿色新材料拓展海外市场取得新进展，产品品质与技术实力均获得国际高端市场认可。

## 聚己内酯（PCL）系列产品

### 产品特性：

聚己内酯是  $\epsilon$ -己内酯开环聚合得到的脂肪族聚酯，湖南石化自主研发生产的8050A、8050B、8050C、8080等牌号聚己内酯系列产品，具有优异的形状记忆特性、生物相容性、生物降解性等特点，且熔点低易加工。

### 应用领域：

主要应用在记忆性骨科夹板（P板）、可塑性骨科夹板（K板）、医用放疗定位膜、3D打印材料、可降解包装薄膜和热熔胶等领域，前景广阔。

其中，用其生产的医用外固定骨科夹板，具有质量轻、透气和透X射线等优点，性能远优于传统的石膏夹板。

### 企业实践：

为打破国外企业长期以来对聚己内酯技术的垄断，从2012年开始，湖南石化强化技术创新，自主开发整体达到国际先进水平的聚己内酯制备技术。

2022年6月，湖南石化聚己内酯中试装置一次开车成功，陆续开发产出4个牌号的聚己内酯产品。2024年，该公司新开发生产8050A、8050B和8050C等牌号聚己内酯产品，主要应用在医用骨科夹板等领域。同时，开发出万吨级工艺包，拟建设万吨级工业装置。

原载

2025年5月14日《中国石化报》第6~7版

责任编辑

雷 蕾

# 低空经济中的“石化”力量

李 娟 潘亚男 等(上海石化 北化院 湖南石化)

在低空经济蓬勃发展的背后，中国石化的身影愈加显现，其研发生产的一系列新材料、新产品，为低空飞行器的发展提供了坚实保障，成为推动我国低空经济发展的重要力量。

## 碳纤维复合材料

### 产品名片

碳纤维复合材料是指将碳纤维与树脂、金属、陶瓷等基体复合制成的复合材料。其中，碳纤维环氧树脂复合材料是由碳纤维作为增强体、环氧树脂作为基体，通过特定工艺复合而成，具有优异的力学性能、轻质高强特性和化学稳定性，广泛应用于航空航天、轨道交通、体育休闲等领域。

### 在低空飞行器上的应用潜力

碳纤维的比重不到钢的1/4，强度却是钢的7~9倍。通过将碳纤维及碳纤维织物与树脂复合成型，做成碳纤维复合材料替代金属，可大幅减轻飞行器的结构重量，增强其耐疲劳和耐腐蚀性，提高载荷能力、延长续航时间。

近年来，国内外大量的先进无人机都使用了碳纤维复合材料。例如，

欧洲空中客车公司研发的 Zephyr 无人机采用了碳纤维复合材料机身，飞机重量仅为 75 千克，轻巧的结构使其能在 2 万米以上的高空携带重达 23 千克的有效载荷，创造了 42 天持续无人飞行的时间纪录。中国“翼龙”无人机机身全部采用碳纤维复合材料，因其性能稳定，被广泛应用于灾情巡查、反毒缉私、生态环境保护、大气成分研究、复杂地形勘探、高空气象观测、农田药物喷洒和森林防火等多领域。

### 中国石化研产实践

上海石化自主研发的 PAN 基碳纤维，具有耐高温、耐腐蚀、高比强度和高比模量的特性，可加工成碳纤维预浸料、碳纤维布、碳纤维拉挤型材、热塑性粒料等多种中间品。碳纤维热固性预浸料是一种碳纤维预先与热固性树脂浸润的半固化材料，也是用于低空经济飞行器零部件制造的主要材料。上海石化围绕低空经济等新兴产业和未来产业发展方向持续发力，与华东无人机基地建立长期友好交流合作关系，积极对接碳纤维及其复合材料需求。去年 8 月，上海石化碳纤维复合材料实验基地建成启用，建成热塑预浸料线、热固预浸料线、螺纹筋拉挤线、高性能树脂线等，具备热固性与热塑性、通用型与高性能、制备工艺多样化的复合材料中试和批量生产能力。目前，该基地正推进高性能碳纤维复合材料产品推广应用，助力低空经济发展。

## 聚酰亚胺

### 产品名片

聚酰亚胺（PI）是一种高性能聚合物，有“高分子材料之王”的美誉。它的耐温差性能突出，能在零下 269 摄氏度至 400 摄氏度的环境下长期使用。同时，该产品高强度、高韧性、高尺寸稳定性，且介电常数和介电损耗低，真空环境下挥发分少、可凝物少。

## 在低空飞行器上的应用潜力

聚酰亚胺分子结构中含有的刚性芳杂环，使其拥有卓越的热稳定性和力学性能。通过增强、共聚、发泡等改性方式，可满足不同场景的应用需求，因此在航空航天及深空探测领域价值显著。经过40多年的发展，国内外已成功研制出一系列适用于成型工艺的聚酰亚胺树脂体系（热固性和热塑性）。用这些树脂制备的复合材料，已在飞行器制造中替代金属，用于生产耐高温的结构件和功能件。比如eVTOL机身框架采用碳纤维/PI复合材料，比金属减重30%，且在温差环境下强度保持率超过95%；PI模塑料制成的高压连接器，介电强度超过30千伏/毫米，可保障800伏系统安全运行；耐400摄氏度的PI气凝胶隔热片能抑制电池热失控；PI纤维毡可屏蔽发动机500摄氏度的热流。

## 中国石化研产实践

北化院聚焦低空经济领域的材料替代需求，针对轻量化结构、耐磨部件、隔热/绝缘部件等应用场景，积极推进轻质、高强、耐高温、低磨损的聚酰亚胺复合材料成套技术开发，并重点攻关核心成型工艺。同时，着力构建数据驱动的PI树脂分子设计-性能预测平台。这一平台集成了自主开发的PI性能预测模型和分子结构生成式模型，目前已实现基于单体结构对聚酰亚胺膜材料气体分离性能的准确预测和对新结构的定向生成，形成了“生成设计-预测筛选-实验验证”的研发闭环。经实验验证，这一平台可辅助科研团队将聚酰亚胺新结构的筛选和设计时间缩短80%。

未来，这一平台也将继续完善PI模塑料相关性能开发模块，从而实现高性能PI模塑料及复合材料的“性能可定制化”开发。

## 无卤阻燃PC/ABS合金材料

### 产品名片

无卤阻燃PC/ABS合金材料是一种具有较低密度、优异力学性能的塑料合金产品，克服了铝合金材料密度高、制件生产较复杂的问题，加工性能优异，且能降低制件的成本和重量，可用于汽车、电子电器等领域。

### 在低空飞行器上的应用潜力

低空飞行器与电动汽车类似，轻量化是其提高飞行效率、延长续航时间的重要途径。无卤阻燃PC/ABS可用于低空飞行器，其力学性能不仅能够承受外部的冲击和振动，确保电池在不同环境下保持稳定的工作状态，而且有助于降低低空飞行器自身的重量，提升续航能力。同时，该产品较强的阻燃性能能够在电池着火时有效阻止火焰蔓延，提升低空飞行器的安全性。

### 中国石化工研实践

我国是全球低空飞行器技术和制造强国。随着低空飞行器行业不断发展，其电动化的特点对具备轻量化、高强度、耐腐蚀、抗疲劳、阻燃等特性的高性能材料需求显著提升。在低空飞行器使用中，电池可能遇到过载、短路等问题，导致着火风险，影响飞行安全。上海院发挥基础原料优势，攻克阻燃聚碳酸酯合金耐热性等难题并开发出无卤阻燃PC/ABS合金，其阻燃性能可达V0级。与现有金属材料相比，该产品可减重20%以上，良好的流动性和注塑成型性更适合制造复杂形状部件，满足低空飞行器加工成型方面的应用要求。

## 聚酰胺特种尼龙

### 产品名片

尼龙612（PA612）化学名称为聚十二烷二酰己二胺，是一种半结晶性、长碳链特种尼龙。相较常见的尼龙产品，因其单体中更长的二酸碳链（12个碳原子），具有高韧性、低吸水性、耐磨性和高尺寸稳定性等特性。

聚己二酰间苯二甲胺（MXD6）是由间苯二甲胺（MXDA）和己二酸缩聚而成，分子链中含刚性苯环结构，赋予其独特性能，具有高刚性、低翘曲、优异的气体阻隔特性。

耐高温尼龙10T（PA10T）化学名称为聚对苯二甲酰癸二胺，由癸二胺与对苯二甲酸缩聚而成，兼具长碳链柔性与芳香环刚性，具有耐高温、低吸湿、高尺寸稳定性、耐化学等特性。

### 在低空飞行器上的应用潜力

上述3种聚酰胺特种尼龙产品在无人机应用领域可用于生产电机支架、旋翼卡扣、起落架、机身框架、电池舱盖、无刷电机端盖、电调（ESC）壳体、电池管理系统（BMS）支架、云台结构件（抗冲击且轻量化）、高强度连接件（替代金属减轻重量）及高温环境用齿轮（如高速传动部位）等。

### 中国石化研产实践

湖南石化在PA612、MXD6、耐高温PA10T技术方面已完成小试研究，产品性能达到市场同类产品指标，目前在建2000吨/年PA612连续聚合中试装置、2000吨/年MXD6连续聚合中试装置、百公斤级PA10T中试装置，预计两年内完成中试研究，有望在无人机、机器人领域满足用户要求。此外，该公司拟建设1万吨/年PA612、2万吨/年MXD6、5000吨/年PA10T工业化装置，建成后将实现批量稳定生产，可在无人

机、机器人领域批量应用。

## 聚丙烯发泡材料

### 产品名片

聚丙烯发泡材料是一种性能优良的轻量化高分子材料，兼具高强度与质轻特点，还具备耐腐蚀、耐温、三维尺寸精度高和环境友好等优势，在实现轻量化减重的同时，隔热和缓震性能也十分出色，且发泡倍率与泡孔直径的可调整范围较广。相比热固性泡沫，它更适合作为“三明治”复合材料的芯材进行加工应用。

### 在低空飞行器上的应用潜力

通过不同加工方式制成的聚丙烯发泡材料，各有其独特优势：釜压发泡聚丙烯（EPP）适合制作形状复杂、三维尺寸精度高的部件；模压发泡聚丙烯（MPP）可生产物理性能优异的纳米级超微孔发泡产品；挤出发泡聚丙烯（XPP）能高效、低成本地连续生产高刚性发泡板片材。这些材料在低空经济领域的有人/无人驾驶飞行器非结构部件中有广阔的应用空间，可用于机顶、机门或机身的保温层、缓冲层、电磁屏蔽层、阻燃防护层，以及高刚性高耐热复合材料的芯材等。它们在满足低空飞行器对安全性、舒适性和功能性要求的同时，还能有效减轻重量，进而提升运输载荷，增加运行里程。

### 中国石化研产实践

北化院在聚丙烯发泡材料领域陆续开展了多项技术开发工作，包括高性能聚丙烯发泡专用料的研发、不同聚丙烯发泡技术的小试与中试工艺研究、聚丙烯发泡用功能化改性体系的设计与推广，以及多种聚丙烯发泡中试平台乃至产业化示范装置的设计搭建等。截至目前，中国石化已在多家炼化企业实现发泡用聚丙烯的工业化应用，开发出多个牌号的

EPP 专用料和 MPP 专用料，累计产销量 20 余万吨，使发泡用聚丙烯的国内市场占有率从空白提升至 35% 以上，打破了国外公司在该领域的技术与市场垄断。如今，北化院已建成 EPP 珠粒与成型体的工业化示范成套装置，形成了具有中国石化自主知识产权的 EPP 成套技术；开发出的性能优良的功能化发泡聚丙烯改性料，其终端制品已广泛应用于我国高端制造领域。

## 长玻纤增强聚丙烯材料

### 产品名片

长玻纤增强聚丙烯材料是一种新型纤维增强树脂基复合材料，具有高强度、高刚性、高尺寸稳定性、耐高温、低吸水率、低翘曲度、使用寿命长、高低温耐蠕变性能优良、可回收再利用等显著特点，在汽车、电子、家电、通信、机械、化工、军工、体育器材、医疗器械等领域具有广泛应用。

### 在低空飞行器上的应用潜力

长玻纤增强聚丙烯材料具有玻璃纤维复合材料轻量化、高强度、耐腐蚀等特性，机械性能逼近金属却成本更低，能精准适配低空飞行器重量敏感、使用环境广泛、面向大众市场推广等需求，主要应用在低空飞行器机身与机翼制造，为关键结构部件减重提效，助力续航能力与飞行效率双提升。此外，该材料还可通过调整纤维铺层、树脂类型等，灵活优化性能、拓展应用场景，如与尼龙等材料协同制作螺旋桨，强化其刚性与耐久性，保障飞行器在复杂情况下飞行稳定。

### 中国石化研产实践

长期以来，长玻纤增强聚丙烯材料国内市场被进口产品占据。扬子石化研究院在调研国外同类产品的基础上，组成专项研发团队，从催化

剂选择到工艺条件探索，先后完成了小试、中试，于2016年首次实现工业装置放大生产。由于该材料工艺复杂，生产难度大，之后的近5年时间，扬子石化持续攻关，通过工艺技术改进和造粒工序优化提高生产平稳性和质量稳定性，开发出长玻纤增强聚丙烯专用料系列产品，涵盖由低到高三种不同的熔融指数，各项性能指标达到国外先进水平。

“面对低空经济升温的机遇，我们将进一步聚焦提升材料耐候性、成型精度等，推动其在低空飞行器更多零部件制造中落地，为低空产业轻量化升级注入动能。”扬子石化研究院相关负责人表示。

原载

2025年8月6日《中国石化报》第8版

责任编辑

雷 蕤

# 仿真冰技术推动冰雪运动全天候化

潘亚男 李秉海 赵彬（中国石化北京化工研究院）

北京冬奥会带动我国冰雪产业快速发展，然而，我国地域广阔，气候差异显著，仅中温带和寒带的冬季适宜开展冰雪运动，南方地区及北方非冬季时段缺乏天然条件，亟须仿真冰技术突破地域和季节限制。仿真冰行业正迎来政策、技术与市场的三重红利，但核心技术的自主化与环保性能的提升仍是关键挑战。为此，中国石化北京化工研究院（以下简称“北化院”）科研团队凭借在合成树脂领域的研发基础，自主开发了零能耗四季仿真冰技术。

## 仿真冰技术的开发需求

冰为什么滑？目前最普遍的解释是，水结冰后可在冰面产生光滑的液体涂层，该涂层极薄、不凝固且可移动，从而使得冰表面光滑度高，能够润滑接触面，从而表现为“滑”。这层液体并不完全是水，而是被称之为“准液体”。

为了获得冰面光滑程度最高时的温度，荷兰阿姆斯特丹大学和德国马克斯·普朗克高分子研究所的学者运用分子动力学，模拟了钢在冰上滑行的实验，测量了冰面在零下100摄氏度至零摄氏度范围内的摩擦系数。数据显示，冰表面摩擦系数在低温时较高，几乎等同于玻璃表面的

摩擦系数。然而，随着温度从零下100摄氏度上升到零下7摄氏度，冰面的摩擦系数逐渐下降，其中，当温度为零下7摄氏度时，冰的摩擦系数最小，即：冰在零下7摄氏度是最滑的，而当温度继续从零下7摄氏度上升到零度时，冰面的摩擦系数反而显著增大。因此，滑冰场的温度一般保持在零下7摄氏度左右，以提供最佳溜冰体验。

为达到并长时间维持该温度，所消耗成本较大。例如，将1吨水从25摄氏度降到零下7摄氏度，需用电37.344千瓦·时，而商业用电价格约为1.2元/(千瓦·时)，那么一吨水从25摄氏度降到零下7摄氏度电力成本是44.8元。一个厚度为4厘米、面积200平方米的室内冰场，需要用水80吨，制冰所需成本达到3584元。更为重要的是，制成冰后仍需要大量电能维持。室内滑冰场一般通过制冷系统、热回收系统、除湿系统、新风系统等设备实现冰面长期不融化，并需严格控制室内温度、冰面温度、空气湿度等多个参数指标。

因此，真冰场需要巨大的建设和运营费用。解决这一难题的最佳方案是用仿真冰材料替代真冰。然而，由于冰材料的特殊性，目前难以找到可完全替代冰的材料，仅可开发接近真冰性能的仿真冰材料作为替代方案。

仿真冰是指通过技术手段模拟天然冰的特性制成的材料或产品，主要用于替代真冰在特定场景中的应用。而与真冰不同的是，仿真冰不受气候和地域限制，可在高温、高湿或非冬季环境下使用。此外，相比于传统真冰场，仿真冰无须持续制冷维持，零能耗，且部分材料可循环利用，具有一定的节能环保优势，同时建设和运营成本较低，维护简单，较适合大规模推广。

### 仿真冰技术开发面临的挑战和国内外研发现状

经调研，仿真冰材料有五大关键指标：耐划伤性能；不易开裂；透

光率大于30%，以方便用户看到下方标识；平整度高—3平方米内起伏小于2毫米；小于0.05的低摩擦系数，以实现接近于真冰的润滑触感。上述五项性能缺一不可。

目前，国内外市场上可用作仿真冰的材料有超高分子量聚乙烯板和聚脲树脂，二者均难以完全满足上述指标。超高分子量聚乙烯板虽施工简单，但大面积铺装时会产生拼接缝明显、易翘曲等问题，对板材的品质要求较高。聚脲树脂虽具有优异的抗疲劳性和耐化学腐蚀性，但成型后硬度不足，易划伤，从而导致平整性低，难以完全满足仿真冰赛道对材料的要求。

为了满足仿真冰材料的要求，北化院科研团队依托其在高性能合成树脂领域的研究基础，基于新型高性能助剂，并结合高效改性技术，开发了仿真冰材料用高性能合成树脂，推出建设费用低、运营成本低的方案，实现了各项性能的平衡。

在耐划和抗开裂方面，传统合成树脂材料存在韧性差、不耐划、易开裂的问题。为解决该难点，技术团队研发出具有特殊交联结构的弹性纳米粒子，有效提升冰面耐划伤及抗开裂性能。在平整和透明度方面，为了解决传统分散技术导致材料不平整、不透明的问题，技术团队研发出纳米粒子分散技术，提升仿真冰材料的流动性，使其可一体成型、表面平整且透明性好。同时，团队还研发出超铺展润滑表面技术，使其具有媲美真冰的质感，提升了用户体验感。

自2022年以来，科研团队积极走访调研，针对客户提出的透明、光滑、耐磨、平整等需求，开展上百次实验，成功研制出满足上述要求的仿真冰树脂。应用仿真冰树脂铺设的“冰面”，可在炎热地区及室内环境下使用，且具有透明、光滑、耐磨、平整零能耗、免维护、低成本等优点，解决了冰上运动受限于地域和气温的问题，并与企业合作形成材料和场地建设整体解决方案。

目前北化院开发的仿真冰树脂已应用至世界冰壶巡回赛（WCT）亚太总部、学校、商业综合体等多个场景，仿真冰冰壶道获得了权威机构和市场的认可，“全场景”“全地域”助力冰雪运动的普及。下一步，北化院科研团队将继续根据市场需求，结合地域特点和自身材料属性，优化材料性能及整体方案，加大推广力度，助力冰雪运动突破气候条件向热带、亚热带地区拓展，为冰雪运动全球化、全民化贡献科技力量。

 **原载**

2025年第5期《中国石化》杂志

**栏目编辑**

宋玉春 王一冰

**责任编辑**

孙 艳

# 中国石化全球首创环己酮绿色生产新技术

彭 展 陈子佩 钟剑锋 通讯员 朱云峰 赵俊琦 史延强 巩笑笑 汪 莹等  
(湖南石化 石科院等)

环己酮是生产关乎国民经济发展、人民生活水平的重大需求品——己内酰胺的重要中间体。己内酰胺广泛应用于纺织、电子、汽车、轨道交通、航空航天等新材料领域。前不久顺利“出龙”的20万吨/年环己烯酯化加氢制环己酮成套技术，相比传统的环己酮生产工艺具有碳收率高、“三废”排放少、安全清洁高效等显著优势。应用该技术的两套工业装置均一次开车成功，产出合格环己酮，并实现安全稳定优化运行。

中国石化石科院首次提出环己酮合成新反应途径——环己烯酯化加氢制环己酮，通过“苯选择加氢、环己烯酯化、乙酸环己酯加氢、环己醇脱氢”生产环己酮，具有碳收率高、“三废”排放少、安全清洁高效等显著优势，成为中国石化己内酰胺新一代绿色生产成套新技术中的核心技术。该技术是新反应途径、新催化材料和新反应工程的集成创新，引领了环己酮绿色生产技术创新，是基础化学品生产技术的原始性创新，推动了己内酰胺产业链高质量发展，经济效益和社会效益显著，技术水平达到国际领先。

## 湖南石化：产品质量满足下游生产需求

作为落实“守护好一江碧水”重要指示精神、破解“化工围江”难题的示范工程——湖南石化60万吨/年己内酰胺产业链搬迁与升级转型发展项目的核心技术之一，20万吨/年环己烯酯化加氢制环己酮成套技术于2020年12月被列为中国石化“十条龙”攻关项目。

环己烯酯化加氢制环己酮新反应途径于2010年首次提出，历经小试和模式研究、中试和工程技术研究、工艺包开发和优化、本质安全性研究、工程设计和优化、工程建设和完善。2023年，湖南石化建成全球首套 $2 \times 20$ 万吨/年环己烯酯化加氢制环己酮工业生产装置，分别一次开车成功，产出合格环己酮，并实现安全稳定优化运行。

装置开车运行期间，湖南石化与兄弟单位深化协作，根据实际生产情况及时进行技术攻关，提高了装置运行的稳定性、负荷率和经济性，降低了装置废液、废水中的COD（化学需氧量）含量，保证了产品环己酮、乙醇、环己烷的质量满足下游生产需求，装置主要物耗、能耗全面达标。

## 石科院：创新形成绿色低碳制备环己酮新技术

环己酮是重要的基础化学品，我国2024年需求量近千万吨。2013年，环己酮被列入国家重点环境风险防控化学品名单，开发原子经济性高、能耗低、安全性好的环己酮绿色生产新技术迫在眉睫。

石科院项目团队深入开展环己酮合成新路线的设计和基础研究，全球首创环己烯酯化加氢制环己酮新反应途径，联合兄弟企业，采用全新反应原理，全球首创环己烯酯化加氢制环己酮新技术，开发了苯选择加氢制环己烯、环己烯酯化制乙酸环己酯、酯加氢制环己醇和乙醇、环己

醇脱氢制环己酮等新技术，通过系统集成创新形成绿色低碳的制备环己酮新技术，碳原子利用率由80%提升至95%，且“三废”排放量减少90%，经济效益和社会效益显著。

## 安工院：全力提升新技术本质安全水平

环己烯酯化加氢制环己酮的工艺流程复杂，涉及苯加氢、酯加氢等多个高温高压单元。

为提升新技术本质安全水平，安工院成立研发团队围绕热安全基础数据、关键模型、安全控制技术等开展攻关。

该公司基于新工艺的流程特征，对装置7个单元42个节点的700余个潜在风险点进行梳理，并对300余个关键风险点提出整改措施；基于苯选择性加氢工艺的特点，创新开发面向气—液—液—固四相体系的反应量热方法；针对醇酮分离精制的风险，开发面向负压临氢体系的燃爆测试方法，建立相关体系的燃爆三相图等关键安全数据模型；基于研究成果编制了工艺安全可靠性研究报告，确保风险可控。

工业装置建成后，该公司与兄弟单位对装置安全开停车方案进行反复论证及推演，实现装置一次安全开车成功。

## 上海工程：为工业应用提供全方位保障

上海工程公司在“环己烯酯化加氢制环己酮成套技术”的工业转化进程中，深度参与技术开发、工程设计到施工建设的全流程，助推全球首套 $2\times20$ 万吨/年环己烯酯化加氢制环己酮工业装置投产运行。

为切实发挥好从科技研发到装置建设的桥梁作用，该公司以工程设计为核心，向科研和施工领域双向延伸。在科研合作方面，与科研单位

紧密协同攻关，将安全环保、节能环保理念深度融入技术研发过程，从源头思考并解决工程化放大和工程设计中遇到的“卡脖子”难题。在施工服务方面，提供全程服务，派遣专业技术团队常驻施工现场，严格把控施工质量和进度。在装置开车阶段，对优化方案快速响应，及时解决各类技术问题，为装置实现“安全、稳定、长周期、满负荷、优质”运行提供全方位保障。

### 催化剂公司：新技术用催化剂实现连续工业生产

在环己烯酯化加氢制环己酮新技术研发中，催化剂公司承担苯选择加氢催化剂、环己烯酯化催化剂、环己烯酯化规整催化剂、乙酸环己酯加氢催化剂四种主要催化剂的生产任务。

该公司建设年产24吨苯选择加氢制环己烯催化剂工业示范装置和废水处理装置，并在石科院的指导下，对四种催化剂进行多次小试、中试和工业试验，打通制备流程、优化工艺条件，实现催化剂连续工业生产。

目前，该公司已生产苯选择加氢催化剂数十吨、环己烯酯化和乙酸环己酯加氢催化剂数百吨，工业生产所有催化剂均满足环己烯酯化加氢制环己酮装置使用要求。

原载

2025年5月7日《中国石化报》第6版

责任编辑

雷 蕾

# 发展“过氧化+”平台技术 推进行化工生产绿色革新

陈子佩 通讯员 田雅楠 高国华（石科院）

过氧化氢的化学式是 $H_2O_2$ ，因为它的分子构成比水( $H_2O$ )多了一个氧原子，又被称为“双氧水”。

纯过氧化氢是一种蓝色、有轻微刺激性气味的黏稠液体，不过在日常生活和工业生产过程中，常常以不同浓度的水溶液出现，呈现为无色透明液体。

与水相比，过氧化氢多出的这个氧原子让它展现出截然不同的化学性质——十分活泼的氧化性。作为氧化剂，过氧化氢的活性氧含量在50%左右，而且氧化所需反应条件较为温和，选择性良好，是业界公认的优秀的氧化剂。同时，过氧化氢的清洁性十分突出，它的氧化产物只有水，是业界公认的绿色氧化剂。

在有机合成领域，过氧化氢是碳氢键、碳碳双键等官能团的最重要氧化剂，凭借自身优异的选择性和高活性，能与众多有机化合物发生羟基化、环氧化等反应，在漂白、化学合成、环保、电子、食品、矿业等多个领域都发挥着重要作用。在航空航天等高科技领域，过氧化氢也有其特定用途。

根据应用场景的不同，各个行业需要不同浓度级别和品级的过氧化氢产品。

## 国内市场稳定，高端需求持续增长

受运输半径限制，我国过氧化氢生产布局较为分散，目前共有145家生产企业166套生产装置，分布在27个省、自治区、直辖市，另有47套在建装置。

以27.5%纯度计算，2024年，我国过氧化氢产能已突破2900万吨/年，比上年增长25%，占世界总产能的70%以上。

与此同时，过氧化氢的市场需求也持续增长。据统计，全国过氧化氢年需求量约为1700万吨。

除了2018年因国内装置开工率不足导致的过氧化氢价格短期上涨，我国过氧化氢市场长期保持较为稳定的运行态势，产品整体价格波动差稳定在500~600元/吨，其中纯度27.5%的过氧化氢出厂价750~1250元/吨，纯度35%的过氧化氢出厂价1100~1480元/吨、纯度50%的过氧化氢出厂价1750~2200元/吨。

随着电子、生物安全、航空航天等行业需求的持续增长，高纯度过氧化氢的市场份额正在不断攀升。未来几年，电子行业预计将成为过氧化氢新兴市场中增速最快的领域，而废水处理、矿业、食品及水产养殖等领域也将随着整体需求的扩张同步扩大市场规模。

## “过氧化+”系列高附加值下游产业链

作为绿色氧化剂，过氧化氢在有机化工合成生产中广泛应用，尤其在环氧化反应、选择性氧化反应及其他特殊合成场景中发挥着重要作用，是多种重要化学品的关键原料。近年随着下游绿色化工的发展，带动我国过氧化氢产能迅速扩大。

## 己内酰胺产业链

聚酰胺 6（“尼龙”）是第二大合成纤维和工程塑料，广泛用于纺织服装、航空航天、交通运输、电子电器和能源化工等领域。

己内酰胺是生产聚酰胺 6 的单体，也是聚酰胺产业链的核心原料，堪称现代工业的“基础粮食”，在国民经济中占据重要地位。近年来，随着中国石化己内酰胺相关技术的不断突破，我国己内酰胺由主要依赖进口成为世界第一生产大国，在全球市场占有率超过 60%。

己内酰胺是生产过程最复杂的基础化学品，主要采用氨肟化己内酰胺生产技术，以环己酮、过氧化氢（通常采用纯度 35%）和氨为原料，在分子筛催化剂作用下制备环己酮肟，再经重排反应制得。

其中，过氧化氢是环己酮氨肟化反应的重要原料，我国过氧化氢用于生产己内酰胺的产能超 650 万吨/年（以纯度 35% 计），占过氧化氢总产能的 1/3 左右，己内酰胺产能的不断扩张将持续带动过氧化氢产能增加。

## 环氧丙烷产业链

环氧丙烷（PO）是最广泛使用的丙烯衍生物之一，70% 用于生产聚醚，随着下游海绵、汽车、防水涂料及冷链保温等行业消费保持较高增速，全球环氧丙烷市场需求持续走高，截至 2024 年全球环氧丙烷年产量达 1150 万吨，预计到 2033 年将进一步增至 1550 万吨。

我国环氧丙烷的供给和需求量均为全球最大，约占全世界的 1/3。数据显示，2001~2022 年我国环氧丙烷消费量增长了 10 倍以上。2024 年，我国环氧丙烷产能达 700 万吨/年以上，消费量超 400 万吨。

环氧丙烷的生产工艺包括氯醇法、共氧化法（涵盖 PO/SM、PO/TBA 及 CHP 法）和直接氧化法（HPPO）三类，其中 HPPO 工艺是国家鼓励的生产路线，该路线通常采用质量浓度 50% 以上的过氧化氢为原料，在钛硅分子筛催化下通过直接氧化丙烯生产环氧丙烷，具有流程简单、

条件缓和、清洁环保等优势。

近年来，国家大力推广HPPO工艺，我国颁布的《产业结构调整指导目录（2024年）》中明确指出，将限制新建氯醇法环氧丙烷装置。《环境保护综合名录（2021版）》将环氧丙烷列为高污染产品名录，但将HPPO工艺排除在外。

目前，我国尚有100万吨/年产能的环氧丙烷装置仍采用高污染的氯醇法生产，国家政策导向为HPPO等绿色环保工艺的发展带来了广阔空间。由于生产每吨环氧丙烷消耗1.3吨过氧化氢（以纯度50%计），规划HPPO产能的实施将带动过氧化氢行业的发展。

### 电子工业产业链

作为国家电子工业战略的核心支撑，电子级化学品直接关乎半导体产业链安全，其市场规模与芯片产业呈现强正相关。

电子级过氧化氢是微电子产业“血液级”试剂，对硅片清洗、蚀刻及光刻胶去除等关键工艺影响深远。电子级过氧化氢对杂质含量的控制要求极为严苛，根据不同应用场景，具有严格的等级分类和严苛的杂质含量限制。

近年来，新能源产业的爆发为国产电子级过氧化氢替代高端进口产品提供了新支点。行业调研显示，全球电子级过氧化氢市场规模2022年为3.918亿美元，2029年预计该数值将扩增至7.794亿美元。

### 新能源产业链

磷酸铁锂（LiFePO<sub>4</sub>）是锂离子电池的核心材料，近年来在新能源领域的市场需求呈现爆发式增长。据中国汽车动力电池产业创新联盟统计，2025年上半年磷酸铁锂电池装车量196.5吉瓦·时，占动力电池总装车量的81.4%。在储能领域，2024年全球储能电池中磷酸铁锂电池占比高达92.5%。

磷酸铁是制造磷酸铁锂的关键前驱体，而过氧化氢是生产磷酸铁不

可或缺的氧化剂，以过氧化氢质量浓度27.5%计，每生产1吨磷酸铁需要消耗0.4~0.6吨过氧化氢。据SMM（上海有色网）调研，2024年我国磷酸铁总产量188.6万吨，比上年增加63%。按当前产能估算，磷酸铁锂产业链所需过氧化氢（以纯度27.5%计）产能超75万吨/年。

在“双碳”目标的指引下，过氧化氢产能与新能源产业已形成深度耦合关系，其潜在需求正在被逐步释放。新能源产业的规模化发展将为过氧化氢行业开辟百万吨级增量市场。

原载

2025年11月4日《中国石化报》第8版

责任编辑

雷 蕾

# 产品销售



# 油品销售年度十大关键词

廖凤祥 张 欣 蔡亿锋 吕政华 霍丽文 臧世扬 李罗亮 朱亚菲 刘昱琦  
许梦苏 杨秀怡 史文淇 汤 昕 安芸霖 李亭姗 江世辉 黄修齐 梁汇涛  
(中国石化销售公司 中石化易捷销售有限公司 浙江石油 湖北石油  
河南石油等)

2024年，面对错综复杂的市场环境和超预期变化，中国石化销售公司以集团公司“牢记嘱托、感恩奋进，创新发展、打造一流”主题行动为抓手，主动顺应行业变革大势，以超常规举措应对超预期挑战，坚持以客户为中心，全力拓市增效，加快向“油气氢电服”综合能源服务商转型，在新中国成立75周年这一特殊历史节点，用实干实绩交出了一份优异答卷，为推动中国石化高质量发展作出了积极贡献。本文盘点2024年度油品销售关键词，展示销售公司拓市扩销、转型发展、提升服务、勇担社会责任等方面的亮点工作。

## 关键词1 百日攻坚创效

2024年6月19日，销售公司启动“感恩奋进、百日攻坚、拓市扩销、挖潜增效”专项行动，围绕“增油、提气、拓电、强服”全面发力，坚持销售公司、省、地、县“四级联动”，抓好黄金创效123天，全力扩销增量、加快转型升级。专项行动期间，经营、充电量、易捷服务三大

任务目标均超额实现。安徽石油加强客户开发、提升客户服务、做大有效销售，自营机出计划完成率、充电量计划完成率，以及同比增长率均排名区内公司第一，利润总额创历史新高。福建石油层层分解攻坚任务指标，优化汽油销售结构提增效益，制定激励政策调动全员积极性，实现机出零售同比增长率排名区内公司第二。

面对严峻的市场形势，销售公司坚决贯彻集团公司部署，以“牢记嘱托、感恩奋进，创新发展、打造一流”主题行动为抓手，不断深挖市场潜力，巩固拓展油气网络优势，稳健布局新能源业务，持续完善易捷服务生态，做好“油气氢电服”大文章，为加快打造世界一流现代化综合能源服务商贡献销售力量。

## 关键词2 易捷速购

2024年6月21日，中国石化“易捷速购”首店在广西南宁石油陈东加能站开业，为消费者提供24小时线上购物和配送服务。陈东“易捷速购”门店开业首月销量超万单，日均营业额是地区门店平均值的7倍。随后两个月内，天津、上海、北京、山西、海南等地的“易捷速购”门店陆续投入运营。2024年，销售公司在全国24个省市投入运营59家“易捷速购”旗舰店和1680家“易捷速购”标准店，累计销售额突破1亿元。

为迎接新零售时代的挑战，销售公司积极开辟“即时零售”新赛道，创新推出“易捷速购”模式，主动融入国家“一刻钟便民生活圈”规划，迅速扩大门店服务覆盖范围，探索出一条主营优势与新经济跨界融合的道路，让消费者畅享“线上即时下单，线下即时履约”全新消费体验，持续迸发易捷经济新活力。

### 关键词3 车生态

2024年7月，易捷养车凭借9500家门店位列连锁经营协会中国汽车后市场连锁企业TOP50维修保养板块第1名，成为国内门店数量最多的自营养车服务品牌。2024年12月30日，重庆石油江南大石坝加能站易捷养车门店正式开业，成为中石化易捷在国内开设的第10000家易捷养车门店，持续打造高价值“人·车·生活”综合服务生态圈。江苏石油加快“车生态”发展，构建“自动洗车网点-人工快速洗车-维保小店-标准汽服-大型维保中心-汽车产业园”六级金字塔车生态网络体系，打造自营汽服门店200家。

销售公司坚持以客户为中心，打造一体化、一站式“车生态”服务平台，加速转型发展，让消费者出行更高效、生活更便捷、消费更实惠，也让“加油充电到石化，养车购物到易捷”理念深植人心。

### 关键词4 车友节

2024年3月21日，“春游江淮请您来”宣传推广活动暨首届中国石化车友节启动仪式在安徽合肥举行，发布了一系列车友节活动。首届中国石化车友节以车主为核心、以自驾游为主题，精选全国31个省市、100条自驾路线，活动覆盖全国1000座中国石化加能站，为广大车友提供“油气氢电服”综合能源服务。活动期间，销售公司优化易捷加油App交互设计，由“一键加油”升级为“一键加能”，完善洗车、购物、信息流等功能，新增车生活、车资讯等板块和自驾游频道，常态化打造兼具石化品牌特色和地方文化底蕴的自驾游出行线路，实现与地方携手推动文化旅游消费、提高人民生活品质的跨界融合。

销售公司以节为媒，深化企地合作，持续打造跨领域、跨地域的节

日主题营销品牌，全力构建传统能源与新能源、新业态相融互促、耦合发展的综合服务终端网络，在新时代、新征程中为满足人民美好生活贡献销售力量。

### 关键词5 充电量突破10亿千瓦·时

2024年，销售公司依托路网一体建设规划，全面推进充电业务提速发展，中国石化充电平台自营充电量突破10亿千瓦·时大关，努力建成中国头部充电运营商和第一直营平台。广东石油采取“城市扩线、公路加密、乡村布点”网络规划思路，聚焦关键道路、供求情况，发挥加能站区位优势，适度超前布局，抢占重点市场，2024年累计建成781座“石化易电”充电站，年充电量超2.6亿千瓦·时，排名销售系统首位。2024年7月，中国石化自主建设的首座重卡充电站在广西石油百色锦江加能站投入运营，为不同品牌的电动重卡提供灵活便捷的充电服务，日均为130多辆重卡提供能源补给。

近年来，销售公司立足能源央企职责使命，积极推动能源供给革命，将发展充电业务视为新形势下做强营销网络的新机遇，不断完善充电业态，延伸电能业务产业链、价值链，持续提升“石化易电”品牌影响力。

### 关键词6 自助加油

2024年，销售公司全面推广自助加油，接连取得新突破，实现自助加油推广会员客户占比提升、非油品店销提升、员工薪酬提升，市场占有率不降、客户满意度不降，确保不发生安全事故及负面舆情的“三升两不降一不发生”工作目标。湖北襄阳石油作为系统内首个试点推广单位，在105座站点推广自助加油，2024年实现自助加油笔数占比达69%，

会员消费占比达49%，排名销售系统首位。

实施自助加油是中国石化销售企业“精兵简政、瘦身健体”高质量发展的出路和数智化转型的需要，对减轻员工劳动强度、推进企业可持续发展具有重要意义。近年来，销售公司将自助加油作为一项谋长远、谋全局的战略性工作，持续优化服务方式，丰富服务场景，全力确保客户满意、员工满意、企业满意、社会满意。

## 关键词7 海外业务

2024年，销售公司坚持践行“一体化、走出去”发展战略，持续拓展全球网络布局。香港公司建成首座境外加氢站，并与特区政府签订氢能合作备忘录；在泰国完成16座新形象站改造及首家易捷便利店开业；成功与澳大利亚JASBE公司签订4座站点合作协议，实现“零”的突破。燃料油公司在新加坡、斯里兰卡、哈萨克斯坦、阿联酋、巴拿马、吉布提6个国家设立9家区域公司，船加油供应能力覆盖我国所有港口及海外50多个重点港口，成为世界第一大低硫船燃供应商、全球第二大船加油企业。2024年11月，中国石化成功举办首期海外加油站经理能力提升班，开启中斯两国在文化及油品销售领域人才培养和跨文化交流的新模式。

销售公司坚持将“引进来”和“走出去”相结合，以高度的责任感、使命感融入高水平对外开放大局，以积极进取的姿态奋力开创国际化经营高质量发展新局面，为打造具有强大战略支撑力、强大民生保障力、强大精神感召力的中国石化贡献销售力量。

## 关键词8 抢险救灾保供

2024年夏秋，面对台风“摩羯”“贝碧嘉”“普拉桑”的先后登陆，

销售公司统筹协调各销售企业，第一时间启动应急预案，全力做好防灾救灾和复产复营工作。海南石油及时召开预警会、部署会，号召全员协同联动，抢抓台风登陆窗口期开展安全隐患排查、精准防护等工作，开辟“绿色通道”，获得海南省委、省政府表扬。上海石油、浙江石油、福建石油、广东石油积极组建应急抢险队伍，对加能站设施设备进行全面检查，及时调整库存，保障装置安稳运行、市场稳定供应。

面对台风的严峻考验，销售公司以最快速度、最全准备、最细防范，凝心聚力、筑牢防线、严阵以待，织密织牢安全生产“防护网”，切实保障员工生命安全及油品正常供应，以实际行动彰显央企责任。

### 关键词9 有氧驿站

2024年，销售公司积极推进“有氧驿站”惠民工程，遵循“简约实用、分类实施”原则，统一规划选点、统一形象标识、统一服务项目、规范运营管理，在现有司机之家、爱心驿站基础上，在川藏线、青藏线、滇藏线、新藏线等进藏主干道沿途加能站及西藏、青海、云南、新疆、贵州等高海拔地区加能站设立“有氧驿站”105座，免费为司乘人员、来往游客提供供氧服务，初步形成覆盖青藏高原、云贵高原的供氧网络。

销售公司坚持“以人民为中心”发展理念，坚守为人民美好生活加油的企业使命，全力办好民生实事，让“有氧驿站”成为通往青藏高原主干道上的“能源补给站”“生命救助站”，让人民群众拥有更多的幸福感、获得感和安全感，彰显中国石化“党和人民好企业”形象。

### 关键词10 党政工团齐上阵

2024年，销售公司党委先后启动“党政协同多创效，齐抓共管保安

全”“党政工团齐上阵，攻坚创效勇担当”帮扶行动。在“百日安全无事故行动”“拓市扩销专项行动”“年货节”“易享节”“十一”假期等加能站客流高峰期和关键节点，销售公司及各级销售企业机关党团员深入一线加能站，攻坚克难，用实际行动缓解一线保供服务压力，切实做到“机关服务基层、基层服务员工、员工服务客户”，实现广大客户和一线员工“双满意”。2024年“春节”“五一”“中秋”“国庆”期间，各销售企业累计开展帮扶超15万人次。

销售公司凝聚各级党政工团合力，充分发挥引领力、凝聚力、支撑力、推动力、执行力，不断激发广大党员干部、团员青年、员工群众投身攻坚创效的内生动力，保供应、拓销量、守安全，为高质量完成各项专项行动任务助力赋能。

 原载

2025年2月12日《中国石化报》第7版

责任编辑

李晓芳



&gt;&gt;

## 易捷年度大事记

成 娟 黄秋萍 霍丽文 韦芫臻 黄 景 廖瑜青 毛 杰 李心悦 王汝鹏  
龚允臻 倪潇俐 文 博（中石化易捷销售有限公司 广西石油 湖南石油  
新疆石油 上海石油 浙江石油等）

2024年，面对新能源替代加速、居民消费日趋谨慎、进店客流量减少，以及市场竞争远超预期的严峻形势，中石化易捷迎难而上、奋力开拓，持续加强油非互动融合、丰富服务新业态、探索发展新赛道，经营质量得到有效提升，全年毛利额增长8%。本文我们一起回顾2024年易捷大事记。

### 品牌价值达217.45亿元

#### 关键词：品牌引领

2024年5月11日，2024中国品牌价值评价信息显示，中石化易捷品牌价值达217.45亿元，比2023年增长10.48亿元，连续7年保持高速增长，持续领跑零售业品牌榜。

自2008年创建至今，中石化易捷一直注重品牌建设工作，孵化了卓玛泉、长白山天泉、鸥露、赖茅、三人炫等产品品牌；培育了易捷养车、易捷咖啡等服务品牌；搭建了易捷加油、易捷商城、易捷国际等平台品牌；打造了易享节、年货节等活动品牌，全力构建“人·车·生活”综

合服务生态圈，服务超3亿海量用户。2024年，中石化易捷入选中央企业品牌引领行动服务品牌成果。

中石化易捷是中国石化非油品业务的服务品牌和运营主体，致力于打造“美好生活服务者”，创建超2.8万家便利店、超万家洗车网点，确立了“产品+服务+平台+活动”自有品牌矩阵，是国内门店数量最多的直营连锁便利店、最大的自营洗车服务平台。

### 第七届易享节影响力空前

#### 关键词：IP打造

2024年8月16日，中石化易捷在贵州贵阳启动第七届易享节，推出多档大促活动，发布“六大服务升级”计划。为给消费者提供更优质的产品及服务，第七届易享节全面升级活动与优惠，首次与国务院国资委“央企消费帮扶聚力行动”结合，启动以助力乡村振兴为主题的易享节活动；首次延长活动时间，将活动开启时间提前至2024年8月18日，比往年延长了半个月；首次联名国民动画IP《葫芦兄弟》，推出主题活动“葫芦兄弟带你易7刮亿元油电补贴”，给消费者带来满满童年记忆；引入56个行业头部品牌、近百个市场畅销品牌2600余种商品，参与活动商品创历史新高；在贵阳国展中心开设展会，引入25家中央部委及41家央企帮扶的191家企业2000余种农特产品，甄选贵州特色商品打造贵州特色馆，助力“特产进石化”“黔品推全国”；推出“易7拼手气”“易享刮刮卡”“易7上爆款”等多档优惠活动。2024年10月10日至14日店庆日期间，易捷全国营业额超百万元的门店数量突破440家，订单数量超860万笔。

易享节是中石化易捷在2018年首创的全国性购物节，于每年9、10月份推出丰富的优惠活动，在全国百城万店掀起购物热潮。经过7年的发

展，易享节的影响力逐年提升、规模不断扩大，已成为国内零售行业最大的线下购物节。

## 易捷养车门店突破万家

### 关键词：车生态服务

2024年12月30日，中国石化重庆石油江南大石坝加能站易捷养车门店正式开业，标志着中石化易捷旗下易捷养车门店突破10000家。作为中石化易捷在车生态领域的专业品牌，易捷养车凭借中国石化和易捷的品牌影响力和资源优势，采用“实体+平台”业务模式，构建了覆盖汽车服务和用品全生命周期的服务体系，同时迅速扩大门店网络，打造了包括自动洗车、洗美小店、标准汽服店及大型维保钣喷中心的四级服务网络。

易捷养车的快速布局反映了市场对综合性汽车服务需求的持续增长。随着我国汽车保有量增长，车友对便捷、高效的养车服务需求日益提升。易捷养车通过多元化的服务内容，积极响应这一市场趋势，截至目前累计建成洗美小店10000家、综合汽服门店1000家、大型维保中心15家。

## 开设59家“易捷速购”门店

### 关键词：即时零售

2024年6月，中石化易捷积极响应商务部号召，利用线上线下数字化融合能力，在广西投营全国首家“易捷速购”门店，正式进军即时零售行业。开业首月，该店订单量突破万单，销售额突破50万元。继首店后，中石化易捷以统一VI形象打造“易捷速购”品牌，快速融入全国即时零售市场，构建集加油、充电、购物、养车、快餐、售车、咖啡、洗

衣，以及爱心驿站、司机之家等公益项目于一体的综合服务一刻钟便民生活圈，进一步惠民生、促消费。截至2024年底，中石化易捷已在广西、天津、上海、北京等24个省市投营59家“易捷速购”旗舰店，近1700家线上标准店。

近年来，中石化易捷加快数字化转型，拓宽服务范围，为客户提供更加智能化、多元化的服务，全面构建线上线下一体化综合服务平台。探索即时零售业务，既为消费者提供了更加便捷快速的线上购物服务，也在传统易捷门店销售面临挑战的情况下开辟了一条新的发展赛道。

### 自有品牌商品销售额超110亿元

#### 关键词：自有品牌

近年来，中石化易捷通过打造自有品牌增强门店产品差异化、提高渠道产品性价比、提升易捷品牌影响力。制定统一可识别的自有品牌全系列视觉形象标准，实现易家族全谱系形象标准化；通过控制产业链成本去品牌化开发易系列产品，提高自有品牌产品创效能力；持续规范全系列自有品牌的包装、标识合规性。2024年，中石化易捷实现自有品牌商品销售额超110亿元，其中易系列产品孵化千万级单品28个，新开发12个系列20个产品，三款商品荣获全球自有品牌产品亚洲展“卓越商品奖”。

多年来，中石化易捷积极开发自有品牌产品，培育了卓玛泉、长白山天泉、鸥露、赖茅、三人炫、长城果汁、易捷咖啡、劲淳、国杞天香、陇谷传说、宝元圣、海龙等自有品牌，打造了食品水饮品类的“易臻选”、粮油副食品类的“易家香”、百货品类的“易享家”等易系列自有品牌，在拓展易捷服务业务、提升盈利能力方面作出积极贡献。

## 新版易捷养车卡销量突破800万张

### 关键词：权益升级

2024年3月21日，在中国石化车友节启动仪式上，中国石化推出车主权益产品“易捷养车卡”，由原来的养车卡升级为养车卡加油版和养车卡充电版，为消费者提供加油满减、充电优惠、养车优惠等多重优惠，让消费者畅享省时、省心、省钱的一站式服务体验。截至2024年底，新版升级的“易捷养车卡”累计销量突破800万张，备受广大车主青睐。

中石化易捷依托遍布全国的网络优势，坚持“实体服务+数字化平台”发展思路，持续开发汽车服务的多重优质权益，打造具有石化特色的高性价比汽服业务。

## 乡村振兴帮扶商品全年销售额超12亿元

### 关键词：乡村振兴

2024年，中石化易捷发挥线上线下渠道优势，持续引入品质优良、适销全国的乡村振兴产品，助力群众增收，全年实现乡村振兴帮扶商品累计销售额12.6亿元。线上，全面整合全国性采购资源，持续打造“特色中国”项目，开展各类特色直播，全力拓展销售额。线下，充分发挥2.86万家易捷便利店网络优势，打造乡村振兴商品特色陈列，在易享节、年货节等重大主题活动中策划促销方案，帮助乡村振兴商品走向全国市场。

近年来，中石化易捷坚持高站位落实帮扶工作，持续聚焦乡村产业帮扶、消费帮扶、教育帮扶，不断增强地区群众满意度、幸福感，为推进农业农村现代化作出积极贡献。2021年至2024年，易捷渠道销售帮扶产品超57亿元。

## 微光计划公益活动再升级

### 关键词：央企担当

2024年11月20日，中石化易捷在甘肃东乡启动2024易捷微光计划公益活动，推出“我在东乡种藜麦”认种活动、健康包捐赠和校园健康计划等多项行动，支持乡村地区的经济发展、教育振兴和校园健康事业。为更有力地助力教育振兴，2024年，中石化易捷持续对甘肃东乡石化易捷小学进行教育帮扶，组织37名师生赴京研学，打造信息化教学系统“双师课堂”，引入北京八中京西附小优质教学资源，通过两校课堂内容线上共享、共评等，提升石化易捷小学的教学质量和师资水平。2024年，易捷微光计划入选中国石化第二批“十大社会责任示范项目”。

自2021年启动以来，易捷微光计划致力于通过多样化的公益活动推动乡村教育发展，2024年，微光计划从教育振兴走向产业振兴，进一步扩大了活动影响范围、增强了公益效果。“我在东乡种藜麦”公益活动旨在凝聚社会各界的公益力量，邀请爱心企业参与东乡藜麦的集体认种，帮助东乡农户增加收入，推动当地经济发展。

原载

2025年2月19日《中国石化报》第7版

责任编辑

李晓芳

# 中国石化绘就 “三轴四区N线”氢能走廊新蓝图

何翔任（中国石化报社记者部）

一辆满载货物的氢能重卡，以近零碳排放的姿态，安静而有力地驶过京沪高速；西部陆海新通道上，氢能物流车队穿越崇山峻岭，贯通内陆与海洋；长江经济带的黄金水道旁，氢能“新动脉”开始搏动……氢能驰骋，绿色脉动，中国石化一座座加氢站以全方位的保障充分释放氢能车辆的长途重载优势，引导更多氢能车辆“能上高速、敢上高速、愿上高速”，提升了氢能产业链的信心，进一步促进我国氢能产业的高质量发展。

作为国务院国资委“氢能高速”倡议的积极响应者与核心践行者，中国石化销售股份有限公司率领相关省市公司，依托全国3万余座加能站网络，全面融入集团公司“三轴四区N线”氢能战略布局，目前已贯通八条氢能高速走廊，在沿线建成并投营加氢站50余座，常态化运营氢能车超500辆，年减少二氧化碳排放约1万吨，带动产业链投资超15亿元。这一系列成果，不仅标志着能源基础设施的绿色跃升，更是一场以低碳转型为引擎、重塑运输格局、激活绿色消费的系统性变革。

近日，销售公司申报的《氢能高速走廊建设模式》荣获中国石油和化学工业联合会“2025年度全面绿色转型典型案例”，其可复制、可推广的实践路径，正为我国氢能交通高质量发展提供坚实支撑与示范样板。

## 从“加氢”到“加注机遇” “氢能走廊”重塑市场版图

氢能高速走廊是以构建国家氢能交通大动脉为核心，贯通氢气制备、储运、综合加注、科技研发与系统性服务等关键环节，高效连接氢燃料电池汽车示范应用城市群等重点区域的全产业链协同发展通道。

氢能产业要实现规模化发展，基础设施是关键支撑。长期以来，氢能车辆“不敢上高速、不愿上高速”的困境，根源在于加氢网络覆盖不足与应用场景匮乏。销售公司敏锐把握破局关键——唯有打通“产供储销”的“任督二脉”，将孤立的加氢站连点成线、织线成网，把零散的应用场景聚沙成塔、汇流成势，才能真正激活市场潜力。依托全球第二大加能站网络的先天优势，销售公司创新推动加氢设施与现有站点深度融合，打造“油氢合建”新模式，让氢能补给像加油一样便捷高效，从根本上消除氢能车辆“不敢上高速、不愿上高速”的核心痛点，为产业规模化发展筑牢基础设施底座。

“我们不是在简单地建设加氢站，而是在构筑一个全新的氢能交通生态系统。”销售公司新能源管理部相关负责人表示。这一生态系统的战略核心，正是集团公司“三轴四区N线”氢能走廊规划。作为国务院国资委“氢能高速”倡议的积极践行者，销售公司联合氢能产业链企业，协同推进燃料电池汽车的规模化应用。截至今年9月，长江沿线、西部陆海新通道、京沪高速等八条氢能高速走廊已全线贯通，沿线累计建成加氢站50余座、供氢中心7座，常态化运营氢能车超500辆，初步构建起覆盖制氢、储运、加注与应用的氢能“产供储销”一体化网络。

这一战略布局对市场的撬动作用立竿见影。以全球最长的京沪氢能走廊为例，它高效串联京津冀与长三角两大核心经济圈，充分释放氢能重卡在长途运输与重载场景中的独特优势。这不仅为物流企业提供了降

碳增效的新选择，更直接催生了对氢能车辆、燃料电池系统及高纯度氢气的规模化需求。数据显示，八条氢能高速走廊的建设已带动产业链投资超15亿元，一个围绕氢能交通的新兴市场正加速成型。

更重要的是，销售公司正将自身的网络优势转化为聚合产业链资源的“引力场”，通过在招标中增加氢能车辆准入、限定加氢价格、运输份额倾斜等创新机制，有效引导并激励承运商、大型客户等上下游合作伙伴共同“氢”装上阵。这不仅提升了氢能车辆的消费能力，更培育了一种全新的绿色供应链消费模式——让“减碳能力”成为商业合作中的新“硬通货”。

## 从“示范”到“范本” 绿色发展引领消费新风尚

如果说市场拓展是氢能走廊的“骨架”，那么绿色发展就是其流淌的“血液”。销售公司深知，氢能产业的未来必须建立在扎实的环保效益与可持续的商业模式上。

在基础设施端，中国石化依托旗下炼化企业丰富的副产氢资源建设区域性供氢中心，实现了资源的循环利用，从源头上保障了氢能的“绿色基因”。在应用端，中国石化坚持“自身先行”，率先在通勤大巴、物流叉车、运输重卡等场景投用燃料电池汽车，持续拓展应用场景、优化运营模式，以实际行动为市场注入信心。

今年4月贯通的西部陆海新通道氢能走廊，正是这一理念的生动实践。在100天内，4座加氢站高效建成，有力支撑起这条全长1150公里的绿色物流大动脉。该走廊不仅为西部地区产业升级注入清洁动能，还探索出一条“先满足基本需求、后加密稳定运营”的阶梯式建设路径，为全国其他区域提供了宝贵的“中国石化方案”。9月，长江沿线氢能走

廊探路活动迈出关键一步，3台不同型号的氢能物流车成功完成1500公里跨区域运输测试，验证了产自不同技术路线的氢能车辆在长途干线物流场景中的可靠性与适应性，显著提升了区域内物流企业对氢能运输的接受度与采购意愿，加速了市场需求。

截至目前，八条氢能高速走廊上常态化运营的氢能车辆年均可减少二氧化碳排放约1万吨。这不仅是数字上可观的减碳成果，更是对“绿水青山就是金山银山”理念的生动诠释。它向全社会传递出一个清晰的信号：绿色发展正从“成本负担”转变为“核心竞争力”，绿色消费，也正从一种时尚选择转变为一种商业必然。在低碳转型的浪潮中，率先拥抱绿色动能的企业，正在赢得市场、政策与时代的三重红利。

### 从“先行”到“引领” 共筑“车、站、氢、路、货”新生态

挑战依然存在，但方向无比清晰。面对加氢成本高、续航焦虑等现实难题，销售公司正携手产业链上下游，围绕“车、站、氢、路、货”五大关键环节协同破局：与主机厂合作优化氢能车辆性能；完善加氢站网络，贯通氢能高速走廊形成补能体系；加速核心技术攻关以降低用氢成本；推动地方政府出台高速通行优惠等支持政策；联合物流企业激活物流应用场景，引导客户选择氢能运输服务……一个良性循环的氢能生态服务圈正在加速形成。

从全球最大的加氢站运营企业，到国家氢能高速走廊的开拓者，中国石化销售股份有限公司的角色已实现深刻跃升——从传统能源供应商进阶为绿色发展的引领者、产业生态的赋能者。

如今，八条氢能走廊如八条奔涌不息的绿色动脉，贯通东西、连接南北，为我国经济高质量发展注入源源不断的“氢”洁动力。

未来，随着“三轴四区N线”蓝图全面铺展，更多氢能车辆将驰骋于祖国广袤大地。这不仅是一场能源革命，更是一次关于市场规则、消费范式与产业未来的深度重塑。中国石化，正以央企的使命担当，在这条绿色发展的新赛道上全速前行，引领未来。

原载

2025年12月23日《中国石化报》第7版

责任编辑

李晓芳



&gt;&gt;

## “智”造高价值“人·车·生活”生态圈

何翔任 王晨光 李若曦 高 鹏 杨晓楠 李 新 张 奇 廖凤祥  
(中国石化销售公司 记者部)

数字时代，万物互联，数字化浪潮涌入各行各业。在能源供给形式日趋多元化的当下，油气企业的发展思路也发生了巨大变化。

随着我国能源结构步入深度调整的关键阶段，国内油品市场迈入质变加速的崭新纪元。2022年，我国加油站总量首次下降，传统加油站总量趋于饱和，向综合能源、多元业态服务商转型成为油品经营企业的必然选择，综合能源服务商的本质并不是简单的业务叠加，而是需要通过数智化手段实现加油站的智能化运行，利用5G、AI、大数据、物联网等先进数字技术提升业务管理和客户服务能力，使加油站发展走向智能化，不断提升客户体验。

在此背景下，中国石化销售企业面临着经营压力陡增、新能源替代步伐加快、效益增长步履维艰等多重挑战，如何借助数智化的力量实现运营效率提升，又如何挣脱低维度的价格竞争泥潭，步入以效率和效果为核心竞争力的全新发展阶段，成为需要正视并解答的重大课题。

## 要转变、要多元、要提升

### 数智化技术助力发展转型

乱云飞渡之时，需要明其变、知其进。变的是成品油市场萎缩、消费选择更加多元化，不变的是能源消费需求始终强劲；变的是传统加油站的功能和面貌，不变的是品牌需要持续维护用户黏性；变的是各种技术层出不穷，不变的是利用技术提升客户体验……加油站是油品销售行业最重要的服务场景，应始终以消费者为中心来开展服务。随着降价、油非互动等传统促销模式收效甚微，销售行业正由“以价格为中心”向“以用户体验为中心”转变，构建“人·车·生活”智能生态圈成为加油站转型发展的关键方向。

中国石化销售公司秉持前瞻战略思维，积极拥抱先进数字技术，以服务客户为中心，与市场深度融合，不断完善服务细节、提高服务质量、拓展服务范围、升级服务内容，探索消费场景的革新之路。通过数智化赋能管理升级、打造线上线下无缝对接的服务生态体系，让消费者出行更高效、生活更便捷、消费更实惠，全面推动“人·车·生活”高价值服务生态圈的智能化构建，为能源行业数智化发展树立了新标杆。

中国石化销售公司数智化转型的总体战略规划是以高质量发展为目标，深入推进数字技术、工业技术和核心业务的深度融合，依托“数据+平台+应用”模式，积极推动销售企业智能运营和转型升级，以数字技术驱动管理创新、业务创新和商业模式创新。长期战略目标是：用5年时间完成主要业务的赋能和优化，用10年时间实现整体业务转型。短期战略目标是：在顶层设计与业务流程标准化方面，持续完善加油站管理系统2.0版本，形成新的加油站管理系统3.0版本，设计紧贴业务需求的全域App，把准数智化转型的大方向。在数据治理方面，开展主数据盘点、流程优化和标准制定等工作，形成涵盖“油气氢电服”全域的数据资产

目录。在深化应用方面，推进新零售及服务平台等，并加强运营支持服务的体系建设。

## 新思路、新模式、新体验

### “互联网+”赋能服务升级

互联网运营中心成立于2021年11月1日，致力于构建中国石化统一会员体系，基于“易捷加油”平台，整合加油卡网厅、IC卡、易捷加油App、微信小程序、易捷商城等渠道入口，统筹制定会员分级规则、积分规则、权益规则。2024年10月，秉持“以用户为核心”使命，该中心正式更名为会员运营中心，在统一会员体系的基础上，围绕会员做文章，通过不断强化会员全生命周期管理，提升客户黏性，放大用户价值。该中心通过统筹“油气氢电服”全域会员管理需求，打通跨企业、跨业态会员体系，推动多业态场景用户相互转化。在易享节、年货节、爱跑节的基础上，首创中国石化车友节，打造政企文旅融合的“易捷加油，自驾无忧”IP，进一步提升客户加能服务新体验，加快打造中国石化“路网一体”新优势。

在数据运营方面，通过大数据系统绘制用户画像，提升营销转化效率，赋能主营业务增长。在平台运营方面，通过聚合“油气氢电服”多端业务，优化流量资源配置，升级易捷加油App智能服务应用，为用户提供精准、高效、便捷的一站式服务体验。在会员权益方面，陆续上线了食、住、行、游、娱等多个领域的第三方服务类权益，2024年累计引入异业合作权益资源约40亿元。

易捷加油App作为中国石化积极响应国家号召推动“互联网+”行动的重要举措，坚持“线上+线下”和“能源+服务”两个一体化发展模式，通过整合中国石化各地销售企业18个自建App功能，完成了线上

平台、会员积分体系、核心功能和线上营销“四个统一”，实现了不同渠道、不同业务、不同地区的会员身份互识互通、积分互认互兑，大幅提升了用户体验和便捷性。随着一键加油、易捷到车、一键开票、一键充电等全新消费场景陆续建成落地，集加油卡管理、汽车加能服务、生活服务、会员服务等功能于一体的“人·车·生活”综合服务平台蔚然成型。截至2024年底，易捷加油App全国权益会员规模达1.33亿，成为国内会员规模最大的出行能源平台。

### 更高效、更专业、更方便

#### 智能加油站构建便捷生活圈

中国石化加油站每日为车辆加油1100万余次，随着智能化成为服务业发展的重要方向，中国石化销售公司探索转型发展，致力于为客户提供更加智能便捷的消费体验。

2023年12月22日，在中国石化“十条龙”科技攻关工作会闭幕会上，“新一代人工智能加油站成套技术”成功出龙，标志着智能加油机器人及数字孪生技术在油品销售企业成功拓展与应用，对我国加油站行业智能化转型起到示范引领作用。

“新一代人工智能加油站成套技术”项目于2020年12月入龙，由中国石化销售公司牵头，北京石油、湖南石油、青岛安工院联合攻关。该项目共申请各项专利62件，获授权30件，制定企业标准1项，包含了复合型智能加油属具技术、全自动加油车型油箱数据库、人工智能全自动加油机械臂技术、加油机器人作业安全技术、加油站单站数字孪生模型和工业互联网模型、加油机器人复合型视觉感知系统等。其中，智能加油机器人可通过智能视觉识别系统搭载机械臂精准定位车辆油箱盖，完成开盖、加油、关盖等一系列操作，单次操作可在120秒内完成，目前

已在安徽、湖南、江苏、河南、山东、天津、黑龙江等地11座站点开展示范应用。

此外，广东石油利用可视化大数据“驾驶舱”集成加油站经营数据提升营销精准度，组建“大数据应用中心”优化客户体验，提高进站率与通过率，利用车流量分析优化排班，提高服务效率，增强市场竞争力。江苏石油推出“AI加油”服务，通过加油站人工智能系统，自动识别车牌，加油后自动扣款，实现即加即走，显著提升了客户体验。广西石油打造数智化油库，实现自助操作、远程监管，设备互联互通，集中管控等功能，研发“智能化油库数字化交付技术”项目，优化生产作业，形成精细管理能力。

未来，中国石化销售公司将继续深化数智化转型发展，向智慧服务、智慧营销、智慧管理等方面延伸，打造差异化企业竞争优势，为消费者创造更多价值，进一步发展具有中国石化特色的新质生产力，构建“人·车·生活”智能生态圈。

 **原载**

2025年1月15日《中国石化报》第67版

**责任编辑**

李晓芳

# 以“车”为媒 绘就文旅融合新图景

何翔任 陈小梅 娄 巧 骆冬梅 金丹妮 覃彩霞 吴海赞 李亭姗 陆佳宏  
罗旭锋 张慧慧

(记者部 浙江石油 江西石油 上海石油 广西石油 广东石油)

日前，江西南昌滕王阁景区前，一场以“车”为媒、以“旅”为伴的盛会拉开帷幕。中国石化“百城千站”文化和旅游消费行动计划发布活动暨2025年车友节启动仪式在此举行，标志着全国31个省市加能站同步开启了一场文旅消费领域的深度实践。

中国石化2025年车友节充分发挥了3万余座加能站、2.8万家易捷便利店的网络优势，整合“能源保障+文旅服务”双链资源，践行文旅消费促进十大行动，推出文旅养车卡，在全国培育百余条自驾线路、上千家星级自驾游驿站，持续提升“易捷加油，自驾无忧”品牌影响力。这场跨界盛会不仅是中国石化践行“为美好生活加油”企业使命的生动注脚，更是文旅产业与实体经济深度融合的创新样本。

## 场景赋能的江西实践：从加能站到文旅驿站

在江西，车友节的实践探索尤为亮眼。江西省文旅厅与江西石油联合推出“畅游赣鄱”养车卡，将140余座加能站升级为文旅驿站，构建起“能源+文旅”融合发展的立体网络。

四条精品自驾线路，成为江西文旅的“新动脉”。从南昌出发，“峥嵘岁月·独好山河”线路串联起井冈山红色资源与武功山自然风光的红色记忆；“瓷韵山水·诗画赣北”线路让游客在景德镇瓷器与鄱阳湖湿地间穿梭……这些精品线路不仅覆盖了9个5A级景区、55个4A级景区，更通过文旅驿站串联起来，提供“油气氢电服”综合补能服务，让自驾旅途成为“没有断点的体验链”。

场景赋能的深度实践，重塑了加能站的商业价值。南昌石油小兰加能站作为全国首座五星级自驾游驿站，配备空轨充电机器人、光伏发电等设施，站内易捷咖啡、文创专区与旅游咨询服务形成“流量磁极”，有效带动易捷服务销售额增长。

### 25亿元补贴：构建“人·车·生活”生态闭环

中国石化此次投放了不少于25亿元的出行补贴，直指“人·车·生活”智能生态圈建设。数据显示，2024年国内自驾出行占比已超75%，关联消费规模突破3.5万亿元。面对这个万亿元级市场，中国石化正依托遍布全国的加能站和易捷便利店，加速从能源供应商向综合服务商转型。

“易捷加油”平台的迭代升级，是生态闭环的关键支点。平台新上线的“车生活”频道整合了全国自驾路书、旅游文创等资源，将加油场景延伸至“50分钟价值体验”——车主可通过平台获取保养、购物、休闲等一站式服务。这种“能源+服务+数字”的融合，让传统加油站蝶变为智慧出行能源港。

文旅养车卡的推出，则是生态闭环的“超级链接器”。这张集加油满减、充电优惠、景区权益于一身的卡片，在2024年车友节期间达成了124亿元的销售额，服务超800万车主。2025年升级后的文旅养车卡，不仅叠加了江西庐山、河北崇礼等热门景区年票权益，更与地方政府合

作推出“畅游赣鄱”等区域定制卡，实现了“易卡在手，说走就走”的出行自由。

### “资产+文旅”模式：将闲置资产“点石成金”

在浙江，中国石化采用“资产+文旅”模式，将废弃油库、海上网点打造成文旅新地标。浙江温州石油石砰油罐咖啡馆的爆红，成为闲置资产盘活的经典案例。这个曾闲置多年的渔业油品供应点，通过引入文创元素和咖啡业态，日均客流量超千人，最高日营业额突破3万元。其“资产换场景”合作模式（企业出场地、合作方运营，收益共享）已在舟山白沙岛等地复制推广，预计2026年底前落地10余个类似项目。

在广东，中国石化将闲置资产融合“文旅+”元素打造城市旅游IP，为资产盘活探出新方向。广东佛山石油荷城油库通过探索“文旅+”融合新路径，打造成集工业文化、课教研学、滨江夜经济于一体的灵智小镇旅游景区，年接待游客超30万人次，带动沿江文旅产业发展。

在广西，中国石化通过活化低效场地，一站式打造“能源+服务”复合空间。广西石油利用旧油库遗址打造全国首座集“油气氢电服+文旅”于一体的南宁新阳综合服务体，以“场地共享+业态互补”合作模式引入餐饮、运动、城市轻旅游等项目，实现日均客流量超6000人次。

在上海，中国石化通过“转型+创效”模式，推动多座油库旧址转型发展。上海石油在唐镇油库旧址打造了包括体育设施、易捷便利店及提供停车、充电等服务的“易捷体育公园”，将赵泾桥油库旧址出租后改建成“商业街区+石化易电”综合社区，将杨树浦路上的老润滑油库开发成“老旧罐区+当代艺术”的“油酷”公园。3座油库旧址“焕新”年创效超500万元，日均服务市民、车友近2000人次。

## 未来图景：加能站变身“生活枢纽”

中国石化的车友节战略蓝图指向一个更宏大的未来：

星级驿站网络将覆盖全国。未来3年，中国石化计划培育超1000座星级自驾游驿站，进一步完善加能区、购物区、文化区、休息区、养车区等功能布局建设，构建“1小时文旅消费圈”。这些驿站不仅提供基础补能服务，而且融入地方非遗展示、特色商品销售等功能，成为“微型文旅综合体”。

车友节IP将持续进化。从“周五加满油 周末自驾游”主题营销，到“跟着赛事去旅行”跨界合作，车友节正从单一促销活动升级为贯穿全年的文化IP。2025年计划投入3000万元油品资源，进一步刺激文旅消费增量。

能源与文旅的“化学反应”催生新业态。随着新能源汽车普及，中国石化正在布局“油气氢电服”综合能源站，未来车主在加能站不仅能加油、加气、充电、加氢，还能享受车辆保养、文旅规划等全产业链服务。

站在滕王阁上远眺，赣江两岸车流如织，恰似中国石化车友节掀起的文旅消费热潮。当3万余座加能站从“能源终端”变身“生活枢纽”，当2.8万家便利店从“零售门店”升级为“社区中心”，这场以“车”为媒的盛会书写的不仅是企业的转型故事，更是能源服务与文旅经济融合发展的时代新篇。

原载

2025年4月23日《中国石化报》第7版

责任编辑

李晓芳

# 广西石油：构建智能保供体系 服务假日经济

毛玉萍 秦 璞 何艳波（广西石油）

5月20日，广西石油物流中心调度员潘松毅通过二次物流集中智能调度模块，采集加能站历年销售数据，为即将到来的端午假期制定油品调运方案。

今年以来，广西石油通过构建智能保供体系，实现油品资源配置精准化、配送效率最大化、运输监管可视化，有效保障假日成品油消费需求。截至目前，广西石油车辆周转率、调度人均劳效均提升20%以上，物流运行效能显著提升。

## 智能调度：打造物流配送“最强大脑”

“油罐车已到站卸油，库存状态‘由黄转绿’，预警解除。”在广西石油物流中心监控屏幕上，二次物流集中智能调度模块实时更新各加能站的库存状态。

二次物流集中智能调度模块由销售公司于2023年在销售企业统一推广应用，具备智能计划生成、加能站监控、运行监控、车辆管理等功能。加能站监控功能是该模块重要的功能之一，设置红、黄、绿三色，分别代表脱销、库存预警、库存正常。当某加能站库存降至黄色预警阈值时，

广西石油物流中心立即启动响应机制：查看该站资源在途情况，搜寻最近的油罐车，并及时调整计划，使应急响应时间缩短至2小时内，响应速度提升30%。

今年，该模块实现了迭代升级，新增客户混合配送功能，使同一路线上的加能站和直分销客户需求“智能拼单”合并配送。过去，广西石油一辆油罐车每天只能配送4个站点或客户，现在最多能服务6个站点。

目前，该模块已成为助力油品保供工作的“最强大脑”，在其推广应用下，广西石油深化了二次物流配送机制改革，将原来的加能站提报要货计划，调整为区公司物流中心制订计划并组织配送，从被动配送模式向主动配送模式转变，实现“资源集中调运、运力统一安排、仓储统筹优化”的集约化管理。

### 配送优化：构建资源配置“高速通道”

5月19日，一辆满载20吨柴油的油罐车从云南广南油库驶向广西百色西林加能站。“从云南广南油库出库配送到站只要4小时就够了，比以前快多了！”油罐车司机覃师傅高兴地说。这一改变得益于销售公司运用大数据建立的优化配送模型。

为了解决依靠人工测量运距无法做到周边油库全覆盖、优化配送时形成盲区的问题，销售公司以“运距最短、吨油成本最低”为原则，基于全国加能站及油库的坐标信息，利用导航地图自动规划最优配送路线，于2023年开发优化配送模型，在销售企业推广应用。

广西石油上线应用该模型，构建了资源配置“高速通道”，实现资源配置路径最优。基于优化配送模型提供的方案，销售华南牵头与相关省市石油公司对接协调，帮助广西石油相继打通了贺州富川片区至湖南道州油库、百色西林片区至云南广南油库、百色隆林片区至贵州郑屯油库

等3条跨省配送优化通道，平均配送运距缩短50%以上，节省了物流费用，提升了节假日保供能力。

### 智能监管：织密油品运输“安全网络”

每天5时，400多辆油罐车陆续从广西石油13座油库出发，为遍布全区的1400多座加能站和数百个终端客户输送能源。

为了强化油品运输过程管控，广西石油要求承运车辆全部配备卫星定位与视频监控设备，实现智能车载终端100%覆盖。通过强化对车辆轨迹的监测，及时管控异常停车及偏离预定行驶路线的行为，并引入AI技术规范驾驶行为，自动识别疲劳驾驶、接打电话等违规操作，触发语音告警并同步至管理平台，确保油品运输安全。

同时，广西石油建立了“安全+数质量+服务”三维评价模型，通过设置车辆安全检查、运输过程监控、服务态度等7项指标，开展月度评分、年度评级，考核结果直接与奖罚、运量挂钩，推动承运商提升安全管理及服务质量。

“从车载终端的硬件维护，到AI系统的智能预警，再到考核体系的制度保障，数字化手段贯穿运输全流程，让每一滴油安全抵达消费者，确保消费者用油满意。”广西石油相关负责人说。

原载

2025年5月22日《中国石化报》第2版

责任编辑

郑 虹