



# 煤炭清洁利用 高效生产烯烃

——记国家科技进步一等奖项目“高效甲醇制烯烃全流程技术”

刘红星 徐俊峰 周梦瑾

甲醇制烯烃是我国煤炭清洁利用重大战略的核心技术。“高效甲醇制烯烃全流程技术”项目获得国内外发明专利授权283件,建成60万吨/年及世界最大规模360万吨/年工业装置,促进了煤炭清洁利用高效生产烯烃技术的进步,经济与社会效益显著。

中国石化自2000年开始甲醇制烯烃技术(MTO)催化剂及工艺技术研究开发。项目团队首次在国际上提出并证实“烯烃活性中心”的MTO 烃池反应新概念,阐述了片状多级孔分子筛可促进扩散,提高MTO 反应效率,解决了分子筛合成中片状形貌控制的难题,开发了高效、高耐磨MTO 流化床催化剂。以此为基础,形成了具有自主知识产权的S-MTO 全流程技术。于2007年建成100吨/天甲醇制烯烃(S-MTO)中试装置,装置于同年11月4日一次开工成功。

进入工业化阶段以后,中国石化目前共有3套甲醇制烯烃工业装置在运行,分别是中原石化60万吨/年甲醇制烯烃装置、中天合创360万吨/年甲醇制烯烃装置和中安联合180万吨/年甲醇制烯烃装置,共计转化

## 项目名片

名 称:高效甲醇制烯烃全流程技术

奖 项:国家科技进步一等奖

完成单位:上海石油化工研究院、工程建设公司、中原石化、燕山石化

主要成效:该项目历经20余年的持续创新,率先创制纳米片晶多级孔SA-PO-34分子筛,开发高效流化床MTO 催化剂,首次开发MTO 大型变径快速流化床反应器,首创前脱乙烷高效烯烃分离工艺,解决了从实验室到大型化的高效反应分离关键科学和工程技术问题,使我国成为世界上第一个掌握自主知识产权的高效甲醇制烯烃全流程(S-MTO)技术的国家,实现了原创和重大技术突破,总体技术达国际领先水平。

甲醇430万吨/年,生产烯烃140万吨/年。2021年,S-MTO 成套技术成功出口乌兹别克斯坦,实现首次海外技术许可。近5年为企业新增产值308亿元,新增利润45亿元,经济效益显著。

2011年10月9日,采用该项目技术建成的中原石化60万吨/年甲醇制烯烃装置投料开车一次成功,并于7个小时后获得合

格的乙烯、丙烯产品,是我国最早开车的MTO 装置之一。项目技术路线及工业运行指标国际领先,装置运行稳定,经济效益显著,为国内甲醇制烯烃技术的样板工程。

2017年8月16日,中天合创360万吨/年甲醇制烯烃装置全流程打通,产出合格乙烯和丙烯产品,标志着目前世界上最大的煤制烯烃项目360万吨/年甲醇制烯

烃(MTO)装置全面投入商业运行,S-MTO 全流程技术迈上新台阶。

2019年7月26日,采用新型的S-MTO 催化剂,中安联合180万吨/年甲醇制烯烃装置一次开车成功,至今已运行两年,双烯选择性技术指标先进,达到行业领先水平。2021年6月,项目通过中国石化组织的技术鉴定,鉴定意见认为S-MTO 催化剂综合水平优于公开报道的同类技术。

2021年,S-MTO 成套技术在市场推广方面实现新突破,成功出口乌兹别克斯坦,首次实现海外技术许可,为中国煤化工技术走向海外迈出坚实的一步,为“一带一路”建设作出积极贡献。

经历20余年的持续创新,中国石化形成了具有自主知识产权的S-MTO 全流程技术,达到国际领先水平,推动了我国煤炭清洁利用的技术发展,促进了煤代油高效生产烯烃的技术进步。

面向未来,我们要坚持“四个面向”,为保障国家能源安全 and 高质量发展,持续推进新一代煤制烯烃关键核心技术研发,开发煤化工与可再生能源耦合新过程,助力实现碳达峰碳中和。

## ●中国科学院士何鸣元:

甲醇制烯烃技术是以我国资源禀赋的煤经甲醇制取烯烃的原创技术。中国石化在国家“973”计划、国家自然科学基金、中国石化十条龙攻关等重大科技项目支持下,经过10余年潜心攻关,开发了中国石化甲醇制烯烃技术(S-MTO),成功从实验室走到了工业化,为我国煤制烯烃技术创新作出重要贡献。

S-MTO 团队长期坚持以基础研究为先导、工程化开发紧密结合的创新路线。从反应机理认识、催化材料创制入手,在国际上首次提出并证实了MTO 反应机理“烯烃活性中心”新概念,揭示烯烃循环机理与传质的密切关系,首创扩散性能优异的纳米片晶多级孔SAPO 分子筛高性能催化材料;通过工程

化技术创新,突破高性能流化床催化剂制备、大型变径快速流化床反应器、前脱乙烷高效烯烃分离工艺等关键技术,开发完全自主知识产权高效甲醇制烯烃全流程(S-MTO)技术,实现了重大原创技术突破。

在项目研发过程中,涌现出一批科技领军人才和创新骨干,创新团队成员被选为中国科学院院士、国家级计划人才和中国石化集团公司首席专家和高级专家等科技精英,成为我国能源领域科技创新的一支重要力量。



## 为打造技术先导型公司建言献策

## 打造碳酸盐岩深井 工程技术创新策源地



### 观点:

狠抓融合式创新,实现科技成果快速转化和迭代升级。强化一体化创新,建立强协同性、高开放性的创新体系。探索颠覆性创新,多角度加强引领性、变革性、颠覆性技术储备。

赵海洋

在中国石化奋力打造世界领先洁净能源化工公司、全方位推进更高质量发展的征程中,打造技术先导型公司、实现高水平科技自立自强既是核心任务,又是当务之急。在打造技术先导型公司的“八大要素”之中,“掌握世界领先的关键核心技术”被摆在了首要位置。

西北油田作为中国石化西部重要的油气资源战略接替阵地,长期致力于碳酸盐岩深井的研究与开发工作。面临世界少有、国内仅有的工程状况,工程领域唯有狠抓融合式创新、强化一体化创新、探索颠覆性创新,才能站到世界领先的制高点,掌握领先的关键核心技术,并进一步为中国石化打造技术先导型公司提供优秀的实践样本。

狠抓融合式创新,保持自主创新定力。油田建设到一定时期,将会面临一种矛盾,即工程技术不能完全满足油田勘探开发需要。融合式创新在于调动自身的积极性和主动性,汲取不同专业、不同学科和不同创新主体的创新理念、思想和成果,实现科技成果快速转化、快速迭代升级。

不同专业的融合,主要体现在业务链上不同专业的组合创新,如工程上酸化注水联作、堵水酸压联作、修井机侧钻等。不同学科的融合,主要体现在数学、物理、化学、环境、生物、信息等学科在石油石化领域的广泛应用,尤其是大云物移智链等现代信息技术和先进通信技术对石油石化行业的渗透,能极大程度推动“两化融合”。不同创新主体的融合,主要体现在行业之间、企校之间、企地之间等。

在高质量发展过程中,工程技术是油田企业迈向价值链中高端的最强助攻。一方面,眼睛向内,力推工程业务链上的技术优化、组合和集成创新;另一方面,眼睛向外,发挥好技术情报部的岗哨作用,既要加强引进科技前沿的新技术、新工艺、新材料、新设备,又要加强获取市场合作的新趋势、新政策、新主题、新动向。

强化一体化创新,凝聚开放创新合力。工程技术发展到一定阶段,将会直面一种联系,即其成长外延足以与其任何相邻或相关专业产生协同的必然联系。一体化创新在于充分调动一切积极性、主动性和创造性因素,建立强协同性、高开放性的创新体系。

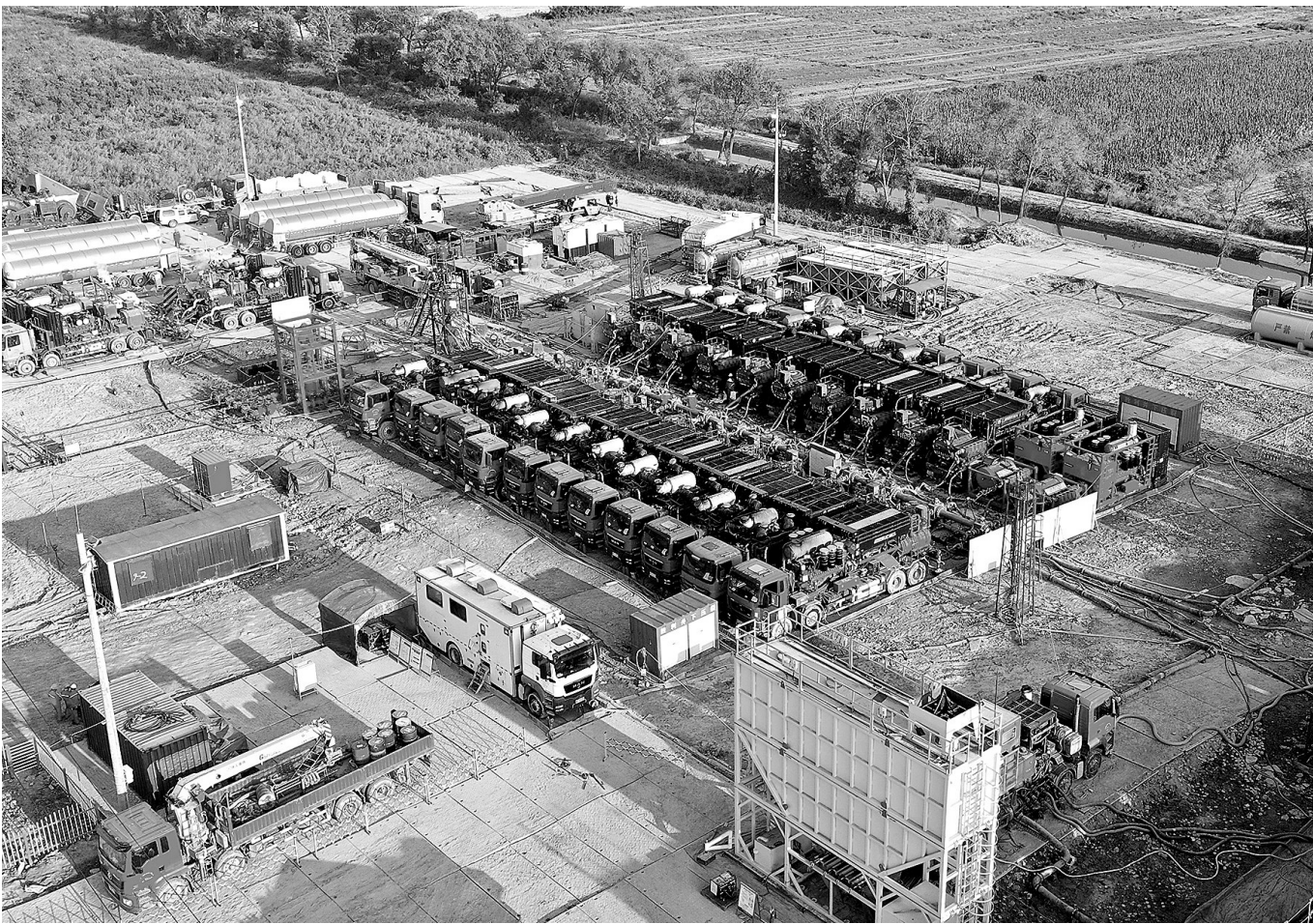
从人的维度看,客观上就是要加强中外合作、“中-中”(中国石化与中国石油)合作、产学研一体化,整合现有的创新资源;主观上就是要做好科研生产一体化、技术管理一体化、技术经济一体化,引导增强全员一体化创新意识。从井的维度看,一体化创新主要体现在两个阶段:一是成井前要做好勘探开发一体化、地质工程一体化、甲方乙方一体化,保证成井质量;二是成井后的全生命周期内,要始终做到地层、井筒、地面的一体化,延长油井的生产寿命。

顺北油气田在塔河油田地质的基础之上,又复合了断溶体、气藏的显著特征,而且井深达8000米以上,这导致地质复杂程度达到了极致,也给一体化创新提供了契机。在顺北后续开发过程中,工程领域应充分发挥技术管理部的统筹作用,在盆地内全面推动“中-中”合作,重点做好市场管理和资源整合,通过多穿越复杂结构井、多动用分段压裂实现稀井高产,力争把顺北油气田打造成为中国石化一体化创新示范区。

探索颠覆性创新,激发原始创新活力。创新发展到一定阶段,将会直面一条规律,即由连续性创新走向颠覆性创新的必然规律。颠覆性创新在于脱离自己的固化思维,不设限地探索条件之外的领域。从客户角度看,工程技术就是要以采油厂的需求为导向,为其提供低成本、高性能、简单实用的技术产品和服务。从逆向角度看,“反其道而行之”往往有新发现,如无水压裂、不动管柱、无水采油、无扣连接等。从哲学角度看,工程技术本质上就是通过改造储层或流体来建立最理想的通道,理论上可以通过重塑储层或流体的物化性质,找到新的突破口。

塔河油田历经20多年的开发,未来可加强引领性、变革性、颠覆性技术储备。在油田化学领域,可通过分子设计技术优选最适用的功能性化合物,利用胶体化学原理发展高性能化学纳米材料,将低价原料以特定菌群发酵为高附加值功能活性剂。在工具领域,可以探索轻量化工具、可溶性工具的研发,推进工具的电动化、自动化和智能化。在材料领域,可以通过向建筑、生物等不同领域跨界形成本土化材料。

(作者系中国石化高级专家,西北油田分公司副总工程师兼石油工程技术研究院院长、党委副书记)



## 中科院科学家到九江石化作报告

本报讯 9月13日,中国科学院6位科学家“科普下基层”首场报告《科技,是什么?》在九江石化举行,拉开了九江市“全国科普日”活动的序幕,为弘扬科学家精神、普及科学知识营造了浓郁的科学氛围。

“地球如果没有水?”“鲜花为什么开得这么艳?”中国科学院原党委副书记、中国科学院技术大学原党委书记郭传杰,从生活的点

滴入手,深入浅出地讲解科技定义,阐述科学与技术关系,科技意义,号召广大科技工作者创新创造,科技强国。

在“全国科普日”活动中,九江石化科协还配合该市开展航空科普进校园活动,9月14日在金安中学操场开展专业航模表演和无人机关表演,积极推进科普下基层。

一直以来,九江石化高度重

视科协工作,坚持创新驱动发展,进一步聚焦聚力,充分调动科技工作者的主动性和创造性,积极培养优秀的科技人才,取得优异成绩。该公司成为全国智能制造试点示范企业、首批绿色工厂、两化融合管理体系贯标示范企业、智能制造标杆企业,荣获“全国科协系统先进单位”“江西省科协科协工作先进集体”等称号。(邓 颖)

## 钻井换“血液” 降本又环保

石磊

“我们在焦页56-7HF井水平段钻井时,利用水基钻井液钻完2235米的水平段,不但创下国内页岩水基水平段最长纪录,而且大幅降低钻后处理成本,减轻环保压力。”9月1日,江汉油田涪陵页岩气公司钻井工程项目部工程师陈小龙提到水基钻井液的应用,底气十足。

钻井液被称为钻井的“血液”,在钻井过程中起着润滑钻头、确保井壁稳定的关键作用。页岩储层具有水敏性,遇水易膨胀、垮塌,从而造成井壁失稳等情况,而油基钻井液具有抗高温、润滑性更好,更有利于井壁稳定等多种优点,因此,在国内页岩气勘探中,三开水平段钻井并使用油基泥浆是行业惯例。涪陵页岩气田已钻完的700多口井,绝大部分井三开水平段钻井采用的是油基钻井液。然而,油基钻井液由柴油及众多化学添加剂组成,成分复杂,产生的油基岩屑为危险废弃物,钻井施

工和钻后油基岩屑处理成本高,存在环保隐患。

为促进气田绿色发展、清洁生产,涪陵页岩气公司在充分进行页岩水基钻井液可行性运用调研和论证的基础上,联合施工单位、科研院所,深入开展三开水平段利用水基钻井液钻井的先导实验,积极研发高性能水基钻井液技术。

在焦页18号钻井平台,该公司首次利用水基钻井液进行了3口气井的三开水平段钻井,有效保证井眼稳定性,且无毒、环保,弥补了传统油基钻井液的环保短板,不但满足页岩气勘探开发需求,而且破解了困扰气田已久的环保难题。

该公司再接再厉,继续在焦页11号东钻井平台的两口气井、焦页56号钻井平台的两口气井,选择另一种类型的水基钻井液开展水基钻井液水平段钻井优化试验。针对焦页11-14HF井三开水平段时出现井漏、焦页11-13HF井三开水平段钻进时出现泥包钻头的复杂情况,技术人员

果断采取相应措施,顺利解决问题,两口气井三开平均机械钻速与同期气井相比提高10%以上,均实现三开水平段“一趟钻”。在焦页56-11HF井、焦页56-7HF井两口气井水平段钻进时,技术人员不断优化配比,改善钻井液性能、精心操作,分别实现水平段“一趟钻”“二趟钻”。

结果表明,水基钻井液性能稳定、抑制性强、润滑性好、携携性强、封堵性能较好,钻进期间摩擦阻、扭矩正常,无掉块,固井质量优良,不但有效实现三开水平段“水替油”,而且大幅节约处理成本。“相比油基岩屑,每立方水基岩屑的处理费用和资源化利用费用下降65%,同时消除了油基岩屑回收、拉运、处理等过程中带来的安全环保风险。”陈小龙说。

截至目前,涪陵页岩气田已利用水基钻井液实施了7口气井的水平段钻井,累计节约钻后处理费用290万元,规避了钻屑收集、处理过程中的环保风险,进一步促进了绿色气田建设。

## 开发新工艺解决 油水井测试难题

唐勇

9月7日,在双河油区K2405井测试作业现场,河南油田油服中心测试大队测试队的班长李保华通过采用加重通井新工艺,成功解决测试投捞遇阻的生产难题。这是该中心结合全国质量月活动、通过技术创新提升质量的具体体现。

测试投捞遇阻是前线班组员工在油水井测试作业过程中时常会遇到的生产难题。以前,一直采用上起油管作业解决,一次费用高达数万元。为此,该中心加强技术交流和创新攻坚工作,认真分析油水井大修小修、地面工程服务及高低压测试作业等生产过程中影响施工质量的生产难题,组织技能大师、高级技师、技术主管等成立创新攻关项目组。

前不久,李保华班组在K2405井开展测试作业时,遇到了拦路虎。投捞器在投、拔井下第三层的水嘴时遇阻,极大影响了施工进度。测试大队立即成立疑难问题攻关组进行现场攻关,经过现场分析讨论、地面模拟操作、反复修正方案,连续几天奋战,成功开发出加重通井新工艺。该工艺在K2405井投入使用,收到了显著效果,顺利完成该井测试生产任务,节约重复作业费用数万元。



年产5万吨热塑性橡胶SEBS新装置建成投产以来,巴陵石化橡胶部针对在后处理工序中遇到的问题,组织攻关团队先后实施热水过滤器改造、粒料分料器改造、SDU膨胀机螺杆和模板改造等十多项技术改造,促进了新装置优化运行、产能释放和质量提升。图为9月15日,攻关团队成员研讨优化操作事项。 彭展 摄