

油气工程作为油气勘探开发产业链的重要环节,其技术进步为油气勘探开发高质量发展提供可靠保障。随着油气勘探开发进入“深水深层”阶段,对油气工程技术创新提出了更高要求。本版根据中国石化石油工程技术研究院发布的《全球油气工程行业发展报告(2025)》,分析产业和市场形势、公司向动、科技创新方向,为油气工程高质量发展提供决策参考。

本版文字除署名外由 光新军 张进双 闫娜 姚云飞 提供



江汉油田钻进中的钻99-1井。宋国梁 摄

推动油气工程技术装备向高端化、智能化、绿色化发展

□中国石化石油工程技术研究院高级专家 张进双

石油工程技术是发现油气藏、提高单井产量、提高采收率、降低综合成本、实现高效开发的重要手段。石油工程技术进步促进了油气增储上产,确保可持续稳定发展;石油工程技术进步推动了“页岩革命”,重塑世界能源格局;石油工程技术进步使油气开发盈亏平衡点下降,大幅提高勘探开发效益。

当前,全球能源转型深刻调整,油气工程市场供应端集中度上升,围绕关键核心技术未来科技制高点的竞争空前激烈。国家对科技创新、能源安全高度重视,要求国企在建设现代化产业体系、构建新发展格局中发挥科技创新、产业控制和安全支撑作用。

中国石化油气勘探开发对象日益复杂,油气资源劣质化日益凸显,稳油增气降本难度增加,高质量勘探开发对石油工程技术的需求日益强烈。在新一轮科技革命和产业变革背景下,“两深一非”增储上产、数智赋能降本增效、绿色低碳转型发展成为共识,工程技术在油气与新能源领域的支撑作用进一步增强。

“十五五”期间,中国石化将面向油气与新能源主战场积极实施科技创新战略,加大基础研究力度,加强关键技术攻关,加快科技成果转化,通过科技创新巩固传统油气产业优势,研发引领未来发展的前沿新技术,推动油气工程技术装备向高端化、智能化、绿色化发展。

深层特深层油气勘探工程技术领域,创新复杂地层油气钻完井工程理论方法,突破工程地质风险超前预测、重载钻机装备、硬地层高效破岩、耐高温化学剂及密封材料、超高温超高压气井完井改造等关键技术,构建万米油气探测工程技术创新体系,为深地油气勘探开发保驾护航。

非常规油气经济效益开发工程技术领域,突破超长页岩油气水平井优快钻井、高精度导向控制、超高压储层改造技术,形成新一代非常规页岩油气高效开发工程技术体系,满足水平段4500米、垂深5500米页岩油气勘探开发需求。

老油田提采及复杂油气动用工程技术领域,突破小井眼分段压裂固井一体化技术、连续管钻井与缆控技术、调流控水与压裂控水技术、多薄层大规模均衡压裂技术,发挥老油田稳产“压舱石”作用。

海洋油气高质量勘探开发工程技术领域,突破高产高压钻完井、高性能环保钻井液、超深大位移井、海上长寿命完井等关键技术,构建滩浅海、中深水、超高温高压油气井钻完井技术体系,形成边际储量有效动用海工模式。

数字化转型工程技术领域,打通地层-井筒-地面数据高速传输链,实现井下、地面、远程物联网和智能互联;拓展人工智能应用场景,搭建智能决策、数字孪生平台,实现建井过程“全方位感知、云平台计算、大数据分析、一体化决策、最优化调控”。

新能源新领域工程技术领域,开展高产地热能、储能、二氧化碳封存与利用技术研究,推进深部地热示范工程建设;构建盐穴多能联储工程技术体系,建成规模化盐穴储能产业基地;形成二氧化碳驱油与封存优化调控技术及开发模式。

作为油气勘探开发产业链的重要环节,油气工程承担着助力油气勘探开发高质量发展和保障油气供应安全的重要责任。特别是油气工程技术创新对提高油气勘探成功率、提高产量和采收率具有决定性作用,是促进油气增储上产、降本增效的重要途径。围绕保障油气增储上产,我国油气工程产业规模逐渐扩大,随着“大力提升油气勘探开发力度七年行动计划”推进实施,油气上游投入力度持续加大,勘探开发年平均投资超过3500亿元,油气工程市场规模由2018年的1581亿元

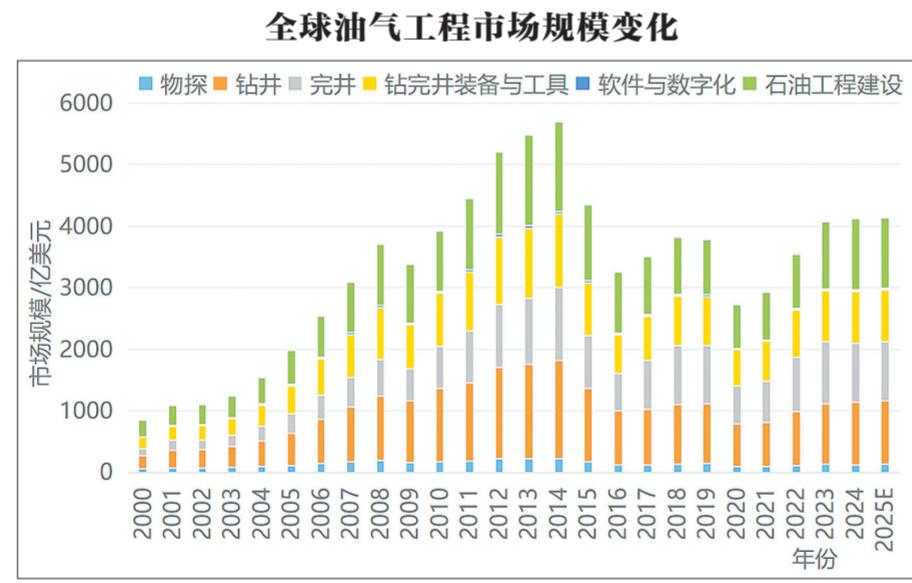
增长为2024年的2000多亿元。

2024年,全球能源转型持续推进,能源结构深刻调整,全球油气供应充裕,需求保持增长,国际油气价格持续回落,振幅收窄。全球油气勘探开发投资小幅增长,低碳领域投资已超越油气。2024年,全球油气工程市场保持稳定,比上年增加1.4%,至4127亿美元,其中石油工程建设、钻井、钻完井装备与工具市场分别增长6.8%、2.2%、2.1%,完井、物探市场分别下降4.7%、4%;陆上市场下降2%,至2758亿美元,海上市场增长9.1%,至1369亿

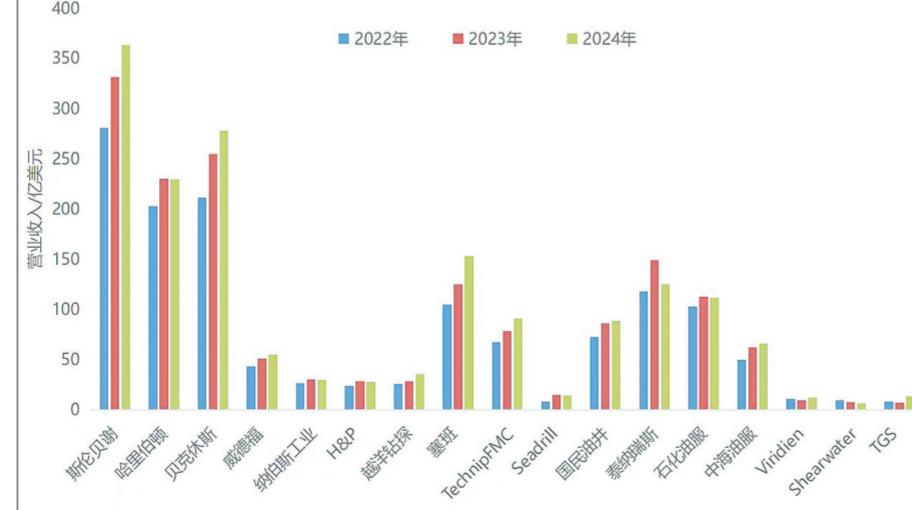
美元。2025年及“十五五”期间,油气价格下行压力较大,勘探开发投资保持稳定。传统油气工程市场增长空间有限,市场结构发生重要变化,受气候变化和能源转型影响,油气产量在中长期内相继达峰,传统油气工程市场将在2030年左右出现峰值(4300亿美元左右);非常规、海上油气工程市场持续扩张。短期和长期区域市场发展态势分化,中东和非洲油气工程市场预计2025年增长3%~5%,增长趋势将延续较长一段时间;南美

和俄罗斯油气工程市场预计2025年分别增长4%和17%,至2030年均增长3%~4%;北美、亚太市场短期下降,中长期有望保持增长态势,预计至2030年年均增长1%~2%。快速发展的低碳能源工程市场将成为关注焦点,油公司拓展新能源和低碳业务,油服公司利用传统油气工程技术提升新能源和低碳服务能力,地热、储能、CCUS等工程市场潜力较大。市场竞争加剧,综合油田服务公司持续推进全面转型,承包商聚焦提升专业竞争力,积极谋划“第二增长曲线”。

市场动向——全球油气工程市场将持续稳定



国内外主要上市油服公司2022-2024年营业收入情况



技术动向——国内外油气工程科技创新方向

1. 海洋地震勘探装备不断突破,推动全球深水勘探市场发展。

全球海上地震勘探行业竞争激烈,地震勘探技术装备不断突破,适应高密度、宽(全)方位地震勘探需求,节点仪器逐步实现轻型化、长续航、强质控、智能化和高精度。美国Geospace公司的Aquanaut™海底节点系统工作水深超过3048米,Sercel公司的MicroSOS自沉/浮式海底节点系统最大工作水深6000米。2024年5月,韩国首艘自产地球物理勘探船“深海3”号交付使用。该船具有抗冰能力,可拖带8条地震拖缆,能够在包括极地在内的全球海域进行地球物理勘探。中海油服自主研发的拖缆模式地震勘探成套采集装备——“海经”系统,最大作业水深3500米,打破了我国海洋三维地震勘探作业最大水深纪录。

2. 智能化与数字化技术全面渗透,促进

钻井效率革命。

人工智能、物联网和自动化技术重塑钻井作业模式,自动化钻机、井下工具持续迭代,智能优化解决方案推陈出新,应对复杂工况能力、作业效能显著提升。斯伦贝谢推出了Neuro™自主地质导向技术,通过高精度测量和云边协同计算,实现井下数据闭环与自动驾驶。远程操控和无人化钻井平台逐步推广,挪威Odjeell Drilling等公司利用动态定位系统减少人为操作风险,AI驱动的钻井机器人可在高压高温环境下作业。中国石油建立了集团统一的数据湖,研发了工程作业智能支持系统、智能云钻领航仪等数智产品,形成了数智条件下“专家集中决策+远程技术支持+一线精准执行”的全新作业模式。中国石化大力推进数智化建设,加快数智化技术和先进装备配套,构建了科学优快钻井、作业远程指挥新模式,实现井下复杂工具实时分析预警、施工参数科学优化、决策支持前后方联动。

3. 工程地质一体化集成发展,推动压裂精细化发展。

压裂技术与数字化技术快速融合,一体化集成监测及控制成为压裂过程精细化发展的主要抓手。哈里伯顿推出的Prodigi智能压裂服务平台,可在压裂过程中实时分析压裂曲线变化,建立砂堵预警模型、自主调整泵送排量。中国石油建立了FrSmart大型地质工程一体化压裂优化设计软件平台,集成了地质力学建模、压前分析、压裂测试、压裂模拟、产能模拟、经济评价、实时决策和数据库等功能模块,计算速度提升3~10倍。中国石化研发了FracAgent智能压裂设计及决策系统,集成页岩气快速压前评价与分段分簇算法,支持从甜点评价到压裂设计与模拟的业务流程应用,实现“一键式”智能压裂设计及

压裂作业砂堵预警。

4. 油气工程与新能源技术耦合,成为节能减排重要手段。

碳中和背景下,国际公司强化油气开发全过程的排放管控,双燃料钻机、网电钻机规模化应用,CCUS技术在油气行业实现净零排放目标方面发挥了重要作用。埃克森美孚通过电气化作业降低碳排放,同时采用新能源电力为油田现场供电;国内油田采用以伴生气为主的用热结构和以外购电力为主的用电结构,大幅度降低了碳排放量。挪威艾奎诺公司与壳牌公司、道达尔公司合作,联合推进北极CCS项目,从奥斯陆垃圾发电厂、水泥厂的工业气源捕集二氧化碳,通过110千米长管道运送至北海油田,注入海床下2600米地层永久封存,项目年注入150万吨二氧化碳,第二期扩建将把二氧化碳运输和封存能力提高到500万吨/年。