



2022年11月14日

每周一出版

责任编辑:秦紫函 电话:59964339 邮箱:qinzh@sinopec.com 审校:张春燕 版式设计:王强

阅读提示

10月20日,阿联酋阿布扎比国家石油公司(ADNOC)宣布了创造新纪录的UZ-688井,钻井长度50000英尺,也就是15240米,成为全球最长钻探油气井。尽管是最长并非最深,但人类向地球更深处探索的步伐始终不会停歇。近年来,世界新增油气储量60%来自深部地层,勘探潜力巨大。根据全国油气资源动态评价,我国深层、超深层油气资源达671亿吨油当量,占全国油气资源总量的34%。但由于固体岩石的阻隔,人类对地球内部直接观察困难重重。相较于上天、入海,人们对自己生活的地球内部所知甚少。

在党的二十大报告中,深海深地探测与载人航天、探月探火等共同被列为重大成果,关键核心技术实现突破。这鼓舞着油气勘探开发工作者继续向地球深部进军,力求在深地油气资源探索中取得更好成绩。如今,中国石化在深层、超深层油气富集机理、高效勘探开发基础理论和关键技术等方面取得突破,已在四川盆地深层天然气页岩气、塔里木顺北深层油气和胜利油田深层页岩油等领域取得一系列深地油气大发现,成为我国深地油气领域的主力军,肩负起保障国家能源安全的核心职责。

中国石化向深地进军

用关键核心技术征服“地下珠峰”

习近平总书记强调,向地球深部进军是我们必须解决的战略科技问题。中国石化胸怀“国之大事”,通过积极探索,在深层、超深层油气富集机理、高效勘探开发基础理论和关键技术等方面取得重大突破,成为我国深地油气领域的主力军。

根据全国油气资源动态评价,全国深层、超深层油气资源量671亿吨油当量,占油气资源总量的34%。以塔里木盆地为例,仅埋藏在6000至10000米的石油和天然气资源就分别占到油气总量的83.2%和63.9%。勘探开发深地油气资源,对扩大储量、稳定产量有着非常重要的意义。

专家观点



中国工程院院士 中国石化副总地质师 石油勘探开发研究院院长 郭旭升

自主创新一系列关键核心技术

陆相油气理论支撑了我国近半个世纪石油工业,相继发现了大庆、胜利等油气田。然而,随着勘探开发程度的不断提升,陆相主力油气田已相继进入勘探开发的中后期,后备储量严重不足。

中国石化将目光转向海相盆地,开展了一系列重大项目攻关,在深层、超深层碳酸盐岩规模储层发育机理、油气成藏富集机理、勘探开发技术、钻井完井技术等方面形成了一套国内领先的技术系列,推动了我国海相碳酸盐岩油气勘探事业发展。

一是创新发展海相地质理论,形成海相深层高效勘探及关键技术系列。

在四川盆地川东北地区,重新建立了海相沉积模式、“早滩晚礁、多期叠置、成排成带”的生物礁发育模式、构造-岩性“复合控藏”模式、“近源富集、油气转化、持续保存”成藏模式;创新形成了复杂山地超深层生物礁储层地震勘探技术系列,突破超深弱反射层地震采集处理技术瓶颈,有效提高超深层反射能量和分辨率,形成了礁滩储层综合预测技术。

依靠海相油气勘探理论和技术的创新,先后高效、安全地发现了国内首个海相整装大气田——普光气田和首个超深层生物礁大气田——元坝气田,实现了海相深层油气勘探重大突破与超深层高效勘探,整体提升了四川盆地勘探潜力。

针对塔里木盆地顺北超深层油气田勘探开发难点,创新集成了超深层碳酸盐岩走滑断裂及缝洞体立体成像、走滑断裂带精细解释等技术系列,实现了顺北超深层缝洞型油气藏的系列发现与高效拓展。

二是形成深层高含硫气藏和缝洞型油藏的高效开发理论技术。

针对高含硫气藏埋藏深、储层非均质性强、气水关系复杂、安全高效开发难度大等难题,创新形成了复杂礁滩储层精细描述技术系列、高含硫边底水气高效开发及稳产技术系列,建立了我国高含硫气田安全开发的标准体系,基本实现了采气、集输、净化系统关键装备国产化,使我国成为世界上少数几个掌握开发特大型超

深高含硫气田核心技术的国家之一。

针对深层、超深层碳酸盐岩缝洞型油藏,揭示了岩溶缝洞储集体形成机制与多尺度复合介质高效开发机理,研发了地球物理高精度成像、多尺度分类检测及多元约束岩溶相控建模技术,形成了基于缝洞空间结构的差异性水驱和注氮气顶驱提高采收率技术,支撑了我国首个深层特大型缝洞型油藏——塔河油田的规模开发与持续高产稳产。

三是形成复杂深层、超深层完井技术系列。

聚焦塔里木和四川盆地深层、超深层工程技术需求,创新形成超深层地震采集、安全钻井、超深高温高压井试油试气等10项技术,攻克超深层安全快速钻井等世界级技术难题,形成了以工艺、工具和材料为核心的深层、超深层油气勘探开发工程配套技术系列,具备了9000米复杂地层井工程设计、施工和工程技术服务能力,有效支撑了塔里木盆地超深油气田产能建设和四川盆地深层勘探开发。

率先突破8000米超深层油气勘探“死亡线”

8月10日,中国石化在油气勘探开发领域实施的“深地工程”获得突破,位于塔里木盆地的顺北803斜井完成钻井深度8110米,成为顺北油气田超深层第15口“千吨井”。当日,中国石化命名顺北油气田为中国石化“深地工程”顺北油气田基地,被誉为“深地一号”。

顺北深层油气田位于塔里木盆地中西部,油藏具有超深、高温、高压等特点,储层平均埋藏深度超过7300米。面对顺北极限地质条件,中国石化不断深化地质理论创新,率先突破了8000米超深层油气勘探“死亡线”,创新提出了“低地温、大埋深、高压”条件下海相烃源岩抑制生烃模式、超深控缝洞型储集体成储机理和油气成藏模式,形成超深层缝洞型油气成藏理论,丰富和发展了海相油气成藏理论。

经过数年攻关,中国石化创新形成超深层储层立体成像技术和缝洞体精细刻画技术,相当于给地球深部做“CT”扫描,断裂识别精度从30米加深至15米。该技术

已应用在顺北1.4万平方千米的地震资料处理中。目前,中国石化已掌握超深层油气优快钻井技术,攻克了超高强度套管、钻杆、钻井液、测控仪器、完井工具等关键技术,探索形成了一套具有顺北特色的8000米级复杂超深层井身结构设计与配套技术和标准规范。

深层、超深层油气勘探开发成效显著

2000年之后,中国石化深层、超深层油气勘探开发进入大规模发现阶段,在四川盆地、塔里木盆地深层海相碳酸盐岩常规天然气、四川盆地深层页岩气和济阳深层页岩油领域均获突破。在四川盆地二叠系—三叠系礁滩、三叠系雷口坡组、志留系深层页岩先后发现并开发了普光、元坝、川西和威荣4个深层海相千亿立方米大气田。

在深层页岩气和页岩油领域,中国石化在四川盆地矿权区内拥有深层页岩气资源量6.3万亿立方米,是页岩气未来增储上产的重要领域。该区域投入商业开发的涪陵页岩气埋藏深度是目前我国乃至世界之最。济阳深层页岩油项目位于胜利油田,具有“低、深、厚、高”的特征,区域深度是当前国内页岩油领域之最。

在塔里木盆地顺北地区,2015年部署的顺北1-1H井侧钻获高产,2016年部署的6口评价井连获高产,拉开了顺北油气田增储上产的序幕。截至目前,顺北油气田钻井垂直深度超过8000米的油气井达41口,已落实4个亿吨级油气区,标志着顺北油气田被成功勘探开发。

“十四五”期间,中国石化预计累计新增石油探明储量9.6亿吨、天然气探明储量1.16万亿立方米,将为实现上游可持续高质量发展、切实保障国家能源安全奠定重要的资源基础。(由本报记者马玲整理)



中国石化“深地一号”油气井

平均深度目前为全国之垂直深度超过8000米的油气井达41口

定向井井深最深达9300米 刷新亚洲纪录 堪称“地下珠峰”

链接

地球深部什么样

中国科学院院士王成善介绍,地下深度2000米以内是地下水资源和人类可利用的空间;深度5000~10000米则是能源和资源空间,这里有丰富的油气、矿产和地热资源,而10000米左右也是目前人类科技可以抵达的最深处;10000米再往下则是地震、火山爆发等自然灾害孕育发生的空间。目前人类直接钻探深度只有12千米,而地球半径有6000多千米,如果把地球比作一个鸡蛋,人类的探测目前还仅仅停留在鸡蛋壳上。

我国深地探测有哪些行动

我国2008年启动了地球深部探测专项,2016年又启动了深地资源勘查开采国家重点研发专项。通过这些项目的实施,我国深地探测整个技术系列可以与发达国家相媲美。2019年,由中国科学家倡议,13个国际组织与机构共同发起的国际大科学计划——“深时数字地球”(DDE),致力于搭建全球地球科学家与数据科学家合作交流的国际化平台,推动地球科学在大数据时代的创新发展。

不断“突破极限”的深井

- 世界最深直井——科拉超深井 该井位于北冰圈深处的俄罗斯科拉半岛,最终在1989年首次到达最大井深12262米。
- 中国第一口特深直井——塔深5井 该井是中国石化部署在塔河油田的一口预探井,2021年钻成,完钻井深9017米,刷新了亚洲陆上直井最深纪录。
- 中国最深井——顺北56X井 2021年,顺北56X井钻成,完钻井深9300米,是我国最深的井,同时也是目前亚洲陆上最深水平井。

中国石化“深地工程”及成果

- 普光气田——我国发现的最大海相整装大气田,平均埋藏深度5100米。
- 元坝气田——世界首个超深层生物礁大气田,平均埋藏深度6600米。
- 顺北油气田——平均埋藏深度超7300米,定向井井深最深达9300米,打破亚洲纪录。
- 济阳深层页岩油——目前国内埋藏最深的陆相页岩油,平均埋藏深度3000~5000米,局部可达5500米。

顺北深层油气田项目

科技创新打造“深地一号”

□本报记者 王福全

顺北油气田是中国石化“向地球深部进军”的重要成果之一。

2016年,中国石化宣布在顺北油气田勘探取得重大商业发现。如今顺北油气田已落实4个亿吨级油气区,累计生产原油近500万吨、天然气超20亿立方米,成为近十年来塔里木盆地石油勘探的新亮点。

今年8月,中国石化命名顺北油气田为中国石化“深地工程”顺北油气田基地,被誉为“深地一号”。

两个多月来,顺北油气田勘探开发不断取得新成果。顺北4号、8号断裂带两口新井测试日产量当量再超千吨,顺北“千吨井”数量达到17

口,进一步展示出顺北深地油气资源的丰厚潜力。顺北6号、10号断裂带的勘探工作正在积极推进,有望获得新的油气突破。

上天难,入地更难。顺北油气田自投入建设开始就面临着诸多世界级勘探开发难题,先后在深地油气富集理论、超深层油气藏刻画、优快钻井技术等方面取得重大突破。西北油田将继续把科技创新摆在实现油田高质量发展、保障国家能源安全的核心位置,从多个领域进一步强化顺北超深层油气勘探开发、地质工程、科研生产“三个一体化”研究运行,使科技创新从“关键变量”转为推动深地油气大发现、大突破的“最大增量”。

济阳深层页岩油项目

打造陆相页岩油国家级示范区

□本报记者 王维东 于佳

50年前,胜利油田就与页岩油结缘。

1972年以来,胜利油田多口探井在页岩段偶遇工业油气流,累计产油超7万吨,表明了济阳坳陷页岩油气具备大勘探潜力。

2006年起,胜利油田加快济阳页岩油的专题研究与勘探步伐,2010年以来,钻探5口页岩系统取芯井,累计取芯1144米,并着手开展济阳页岩油赋存机理与富集规律基础研究。但由于页岩油富集规律复杂、压裂工艺不适应,相继部署的3口页岩油探井效果都不尽如人意。

“十二五”以来,胜利油田对济阳坳陷页岩油开展“储集性、含油性、可动性和可压性”基础地质研究与关键技术攻关,创新建立陆相断陷盆地页岩油成藏富集模式,揭开了页岩油的“庐山真面目”;研发以合成基钻井液体系为核心的优快钻井技术,3000~4000米深、水平段超2000米的水平井得以高效钻进;形成了多尺度组合缝网压裂技术,为页岩油流出了制造了毫米级的“高速公路”。

“过去一年,胜利油田济阳坳陷页岩油勘探由‘点上突破’到‘面上开花’,东营凹陷四大主力洼陷、三大主力层段均发现了高产页岩油。”胜利油田勘探区评价专家方旭庆说。

四川盆地深层天然气项目

深部油气勘探取得重大进展

□姜智利

四川盆地深部油气资源丰富,是中国石化“深地工程”建设的重点区域。勘探分公司立足四川盆地,形成了三项理论创新、十项特色评价技术和十项工程工艺技术,在深层油气勘探领域取得一系列重大进展。

2015年部署实施的元坝7井在6900米以深试获日产天然气105万立方米,实现了“元坝之下找元坝”的新突破;目前正在实施四川盆地最深直井——元深1井的钻探,井深超过8600米,有望在特深层古老碳酸盐岩取得重大突破。

勘探分公司十年磨一剑,继涪陵页岩气田之后,又斩获一个万亿立方米页岩气增储上产阵地。2013年,丁页2井试获日产页岩气10.5万立方米,实现国内首次深层页岩气突破;今年,新页1井实现深层页岩气单井日产量突破50万立方米,落实了川东南深层页岩气万亿立方米资源阵地。

目前,勘探分公司正进军深度更深、难度更大的勘探领域,聚焦深层超深层碳酸盐岩油气重点领域、深层页岩气高产规模增储、深层致密砂岩高产商业动用,攻关地质理论研究和关键技术,实现规模储量的升级动用。