

引用格式:刘惠民.胜利油田“十四五”勘探形势与发展战略[J].油气地质与采收率,2024,31(4):1-12.

LIU Huimin.Exploration situation and development strategy of Shengli Oilfield during “14th Five-Yearplan in 2021-2025”[J].Petroleum Geology and Recovery Efficiency,2024,31(4):1-12.

胜利油田“十四五”勘探形势与发展战略

刘惠民

(中国石化胜利油田分公司,山东 东营 257000)

摘要:经历60余年的勘探开发,作为胜利探区增储主体的济阳坳陷富油凹陷中浅层及准噶尔盆地西缘超剥带的常规油气已处于成熟勘探阶段,勘探目标日趋复杂隐蔽,规模增储难度持续增加,亟需加强勘探形势研判与资源潜力评价,制定针对性勘探发展战略,保障胜利油田勘探可持续发展。通过开展胜利探区东西部勘探状况与勘探形势梳理,资源潜力及增储领域分析,明确了其剩余资源潜力与有利勘探方向,认为胜利探区仍具有可持续发展的资源基础,其中深层-超深层具有规模增储的资源潜力,外围低勘探程度区具有较大的勘探潜力,非常规油气是现实的资源接替领域;提出了实施“类型上由常规为主向常非并重转变、层系上由中浅层向深层-超深层转变、区域上由老油区向全探区综合勘探转变”的“三大勘探战略转变”,制定了“立足全区、决胜深层、常非并重、统筹推进”的勘探发展思路;提出了“坚持低勘探程度区攻坚实现新突破、坚持深层-超深层探索形成规模增储新阵地、坚持常非并重实现稳定增储、坚持高效管理推进勘探高质量发展”的发展路径,为胜利油田勘探高质量发展指明了方向,也为渤海湾盆地、准噶尔盆地类似探区的勘探提供了思路和方向借鉴。

关键词:深层-超深层;常非并重;勘探形势;发展战略;胜利油田;济阳坳陷;准噶尔盆地

文章编号:1009-9603(2024)04-0001-12

DOI:10.13673/j.pgre.202406002

中图分类号:TE132

文献标识码:A

Exploration situation and development strategy of Shengli Oilfield during “14th Five-Year Plan in 2021–2025”

LIU Huimin

(Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying City, Shandong Province, 257000, China)

Abstract: After more than 60 years of exploration and development, the conventional oil and gas in the middle and shallow layers of the oil-rich sag in Jiyang Depression and in the ultra-denudation zones at the western edge of Junggar Basin have been in the mature exploration stage, which are the main body of reserve increase in Shengli exploration area. The exploration targets are becoming increasingly complex and subtle, and the difficulty of large-scale reserve increase continues to rise. It is urgent to strengthen the research and judgment of the exploration situation and resource potential evaluation, formulate targeted exploration and development strategies, and ensure the sustainable development of exploration in Shengli Oilfield. The exploration condition and situation resource potential, and areas with reserve increase were analyzed, and the remaining resource potential and favorable exploration directions were clarified in the eastern and western parts of Shengli exploration area. It was believed that Shengli exploration area still had a resource foundation for sustainable development, with deep and ultra-deep layers having the potential for large-scale reserve increase, peripheral low exploration areas having greater exploration potential, and unconventional oil and gas being the real resource replacement field. The implementation of the “three major exploration strategy transformations” was proposed, which included a shift from conventional oil and gas focus to equal emphasis on both conventional and non-conventional oil and gas in types, a shift from middle and shallow layers to deep and ultra-deep layers in stratigraphic systems, and a shift from mature oil ar-

收稿日期:2024-06-05。

作者简介:刘惠民(1969—),男,山东寿光人,正高级工程师,博士,从事油气勘探研究与管理工。E-mail:hmliu@vip.163.com。

基金项目:中国石化科研攻关项目“济阳坳陷近源领域成藏体系评价及目标优选”(P22066)。

cas to comprehensive exploration of the whole exploration area in the regions. An exploration development strategy of “focusing on the whole area, successfully exploring deep layers, emphasizing both conventional and non-conventional oil and gas, and implementing coordinated promotion” was developed. The development path was proposed of “persisting in tackling difficulties in low exploration areas to achieve breakthroughs, continuing deep and ultra-deep layer exploration to form a new position for large-scale reserve increase, emphasizing both conventional and non-conventional oil and gas to achieve stable reserve increase, and maintaining efficient management to promote high-quality exploration development”, which pointed out the direction for high-quality exploration development of Shengli Oilfield and provided ideas and directions for exploration in similar exploration areas in Bohai Bay Basin and Junggar Basin.

Key words: deep and ultra-deep layer; equal emphasis on both conventional and non-conventional oil and gas; exploration condition; development strategy; Shengli Oilfield; Jiyang Depression; Junggar Basin

石油是工业的血液,石油能源安全关乎国家发展战略安全。胜利油田自1961年华8井获工业油流,历经60余年勘探开发,截至2020年底,累计探明石油地质储量为 58.25×10^8 t,累计探明天然气地质储量为 415.74×10^8 m³,累计产油量为 13.22×10^8 t,为中国石油工业和国民经济发展做出了积极贡献。2021年习近平总书记视察胜利油田时提出了“端牢能源饭碗”的殷切嘱托。2023年胜利油田在历时10 a的勘探低谷后,实现了“三级储量重上三个1亿吨”,充分展示了胜利油田大型能源央企的责任担当和仍然较为旺盛的增储能力。

勘探是一项系统工程,具有高风险、高投入、高回报的特点。高质量发展给勘探提出了更高的要求,即在规模增储基础上,更注重质量和效益。胜利东西部两大探区的勘探面积约为 7×10^4 km²。随着勘探持续推进,东部探区富油凹陷中浅层常规油气规模发现难度不断增大,实现持续稳定发展亟需寻找规模接替新层系、新区带、新类型;西部探区区块分布零散,构造、沉积、成藏条件复杂,除准噶尔盆地西缘浅层勘探程度较高外,整体勘探程度、认识程度低,潜力巨大,但仍有很多制约勘探突破的瓶颈问题亟待解决。

面对新形势新任务,笔者研判了勘探发展态势,系统梳理了不同增储领域勘探状况、资源潜力及勘探关键问题,提出了勘探领域“三大勘探战略转变”“立足全区、决胜深层、常非并重、统筹推进”的勘探发展思路及相应勘探战略,以期为胜利油田勘探持续高质量发展提供借鉴。

1 区域地质概况

胜利探区范围广,地质构造复杂,勘探领域多样。依据地域及盆地性质差异,可划分为东部探区断陷盆地和西部探区压扭叠合盆地。

胜利东部探区分布于渤海湾盆地南部,为陆相断陷盆地^[1],包括济阳拗陷及滩海地区、临清拗陷东部、昌潍拗陷等,东部以郯庐断裂为界与鲁东隆起区相隔,西、北部分别以沧县隆起区、埕宁隆起区与黄骅拗陷、渤中拗陷相邻,兰聊—齐广断裂与鲁西隆起区分界,整体呈现凸凹相间构造格局(图1)。其中济阳拗陷及滩海地区是胜利油田勘探开发的主战场,济阳拗陷进一步划分为东营、沾化、车镇、惠民4个主力凹陷,各构造单元以凸起相隔,石油地质条件复杂,油气资源丰富;经历了前中生代地台基底期、中生代裂陷期、新生代古近系断陷期及新近系拗陷期等多期构造演化,断裂构造异常发育,纵向上可划分为底构造层(太古宇)、下构造层(古生界)、中构造层(中生界)、上构造层(新生界古近系)、顶构造层(新生界新近系)等5大构造层;复杂多样的构造运动控制了盆地结构形成、沉积充填及烃源岩发育。济阳拗陷发育古近系孔二段、沙四段、沙三段下亚段、沙一段等多套烃源岩,与其内或其间多类型储集体形成多套有利生储盖组合。目前已在太古宇—明化镇组等15套层系中发现油气,是中国典型的复式油气聚集区。

胜利西部探区分布于准噶尔、柴达木、吐哈等地区,为压扭叠合盆地。胜利油田2009年开始全面介入西部勘探,区块相对较为分散,多分布于盆地边缘和深洼带,地质条件极为复杂。准噶尔盆地是胜利西部探区勘探开发的主战场(图2),该地区含油气层系多,纵向油层埋深跨度大,发育超裂带、山前带、石炭系、深洼带、煤层气、页岩油、残留凹陷等多类勘探领域。

2 勘探形势

2.1 外部形势

2018年以来,中国石油对外依存度超过70%,

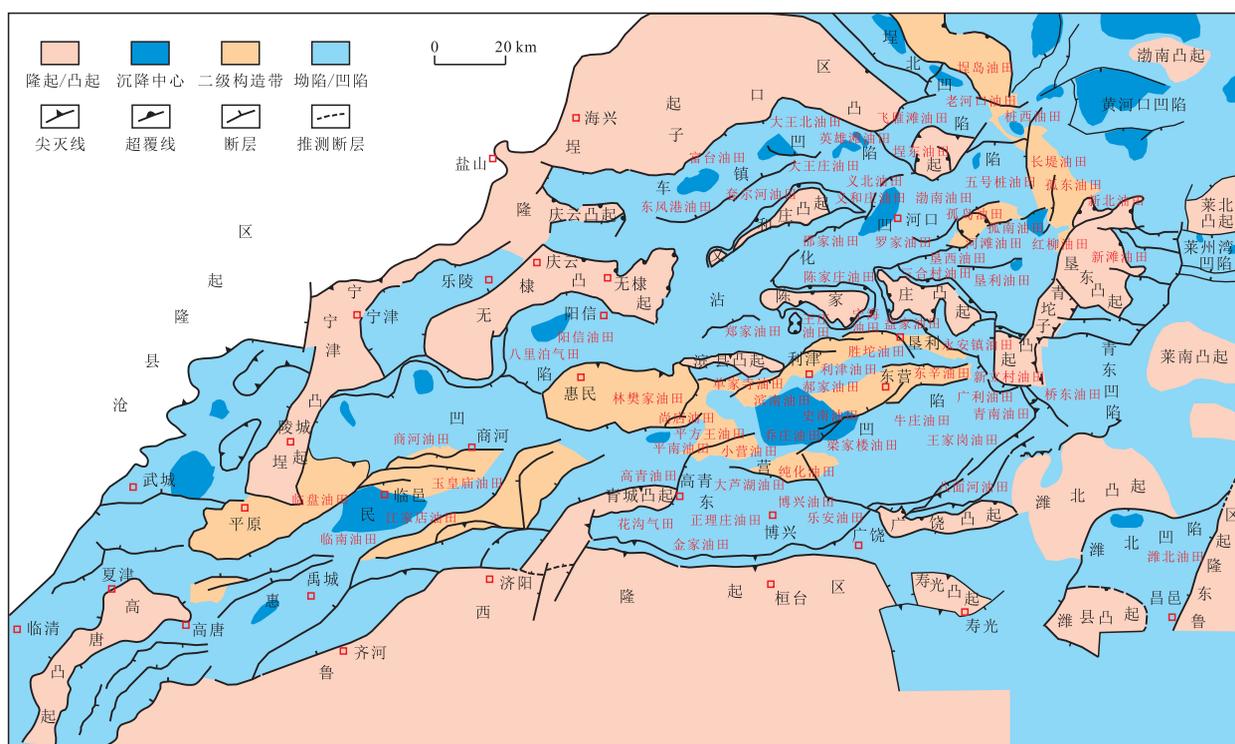


图1 胜利东部探区勘探成果图

Fig.1 Exploration results of east exploration area of Shengli Oilfield

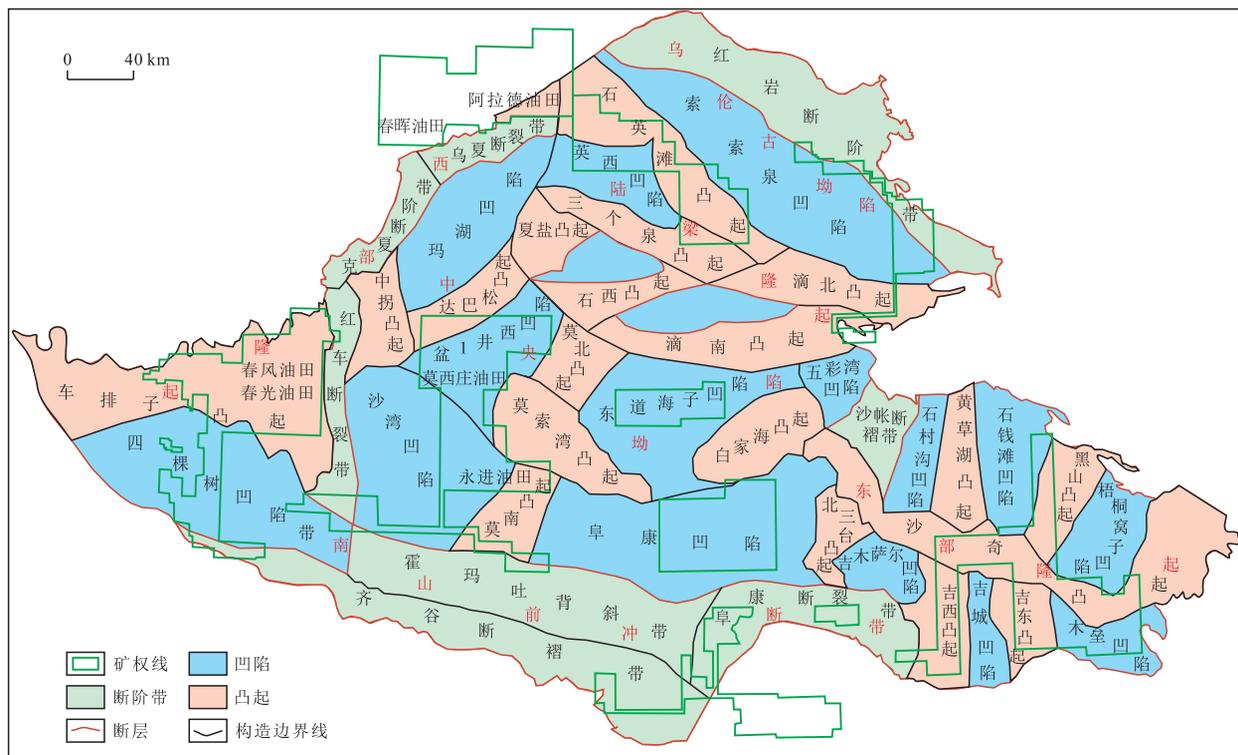


图2 准噶尔盆地胜利西部探区勘探成果图

Fig.2 Exploration results of west exploration area of Shengli Oilfield in Junggar Basin

石油进口来源相对单一,运输渠道相对单一。世界地缘政治不稳、局部纷争不断,严重影响中国能源战略安全。作为大型能源央企,胜利油田油气勘探肩负着更大的责任使命。

2018年,以习近平总书记为核心的党中央提出

加大国内油气勘探开发力度,确保能源战略安全的号召。2021年10月21日,习近平总书记视察胜利油田时提出了“端牢能源饭碗”的殷切嘱托,并对绿色、科技、质量、效益等提出了新的更高要求。为促进油气公司探矿权勘探开发,国家自然资源部推出

矿业权管理新政,油气公司面临着保矿压力和拓矿机遇。中国石化要求在完成“七年行动计划”(2019—2025年)基础上,胜利油田油气勘探“三级储量重上三个1亿吨”。为此,胜利油田提出了平衡油价持续下降、勘探投资损益下降、油气储量箭头向上、实现“三级储量重上三个1亿吨”的目标任务。总之,胜利油田面临着前所未有的严峻形势和更高的发展要求。

2.2 勘探程度

胜利东部探区 胜利东部探区整体勘探程度高,但勘探程度不均衡。截至目前,济阳拗陷累计探明常规石油地质储量超过 $50\times 10^8\text{t}$,常规石油资源探明率已达50%以上,平均探井密度已达 $0.2\text{口}/\text{km}^2$ 以上,整体处于高勘探程度阶段^[2],且进入成熟勘探阶段^[3]。沙四段上亚段及沙三段下亚段等主力烃源岩层系页岩油气、石炭系一二叠系为源的煤层气、古近系致密油等非常规油气也取得了突破或发现,但空间上、类型上勘探程度极不均衡。平面上,富油凹陷勘探程度高,但盆缘超剥带、凸起区、周缘小洼陷勘探程度低。纵向上,古近系沙四段上亚段及以上层系勘探程度高,为中浅层油气勘探领域;沙四段下亚段及以下层系埋深大多超过 $3\ 500\text{m}$,资源探明程度低,为深层-超深层油气勘探领域;页岩油、致密油、煤层气等非常规领域勘探程度极低,资源规模大,是现实的资源接替阵地^[4-5]。

胜利西部探区 胜利西部探区勘探程度极低,但勘探方向已相对明确。截至目前,已在准噶尔盆地发现春光、春风、春晖、阿拉德、莫西庄、永进等6个油田,在柴达木盆地发现马海东油田,累计探明常规石油地质储量为 $2\times 10^8\text{t}$ 以上,开辟了胜利西部探区增储建产阵地,但常规石油资源探明率不到10%,处于区带预探阶段。其中西缘超剥带是目前主要的勘探开发阵地,勘探程度与储量发现程度较高。在准中深洼带发现侏罗系以上、三叠系以下2套生储盖组合,但整体埋深大,一般大于 $5\ 000\text{m}$,是下步规模增储的重要方向;石炭系、山前带主要分布在准西、准东南、准东北等盆缘区域,构造复杂,勘探程度低,是重要的风险勘探和预探方向。

2.3 勘探潜力

2.3.1 深层-超深层

富油凹陷中浅层勘探程度越来越高,规模增储难度逐年加大,向深层-超深层进军成为勘探的必由之路。近年来,胜利东部探区通过加强深层成烃、成储、成藏系统研究,提出了“咸化富烃”新认识^[6-7],

评价常规资源量增加了 $18\times 10^8\text{t}$,盐下自源含油气系统已落实资源量 $6\times 10^8\text{t}$ 以上,评价上古生界、中生界煤系地层资源量为 $4\times 10^8\text{t}$ 以上;建立了“酸碱控储”新模式^[8],指出 $3\ 500\text{m}$ 以深发育优质储层。新认识指导下发现了渤南、博兴、盐家3个深层千万吨级规模区带。胜利西部探区准中上组合深层勘探取得重要进展,已上报三级储量近 $2\times 10^8\text{t}$;开展石炭系、二叠系等准中下组合超深层评价,初步估算资源量为 $30\times 10^8\text{t}$ 以上,提出超深层具有“近源、源储一体大面积成藏”的新认识,指导部署的多口井钻遇良好油气显示,准中超深层是下步重要的勘探突破方向。

2.3.2 外围低勘探程度区

胜利油田老油区与外围区勘探程度极度不均衡。老油区指富油凹陷主力含油气系统中勘探程度相对较高的地区,仍然是效益增储的重要阵地,而老油区周缘存在大面积分布的低勘探程度盆缘带、小洼陷及外围区,是勘探潜力的方向。胜利西部探区准噶尔盆地周缘发育多个山前带、残留凹陷,外围还有柴达木、敦煌、吐哈等多个盆地,勘探程度普遍较低,多为经历复杂构造改造的区带或残留盆地(凹陷),成藏条件非常复杂,有利目标落实难度大,资源潜力认识不清楚。但油气显示证实外围低勘探程度区存在较大的勘探潜力,且部分地区已实现钻探突破,如马海东地区,初步评价有利区面积为 $3\ 700\text{km}^2$,这些地区是外围重要的勘探突破方向。对胜利东部探区而言,济阳拗陷富油凹陷周缘发育阳信、滋镇、禹城等10余个小洼陷,这些洼陷普遍发育古近系烃源岩,但演化程度相对较低。近期低演化程度页岩油勘探突破预示着外围小洼陷也具有较大的勘探潜力,初步评价烃源岩镜质组反射率(R_o)大于0.5%的面积超过 $3\ 500\text{km}^2$ 。低演化程度页岩油勘探为外围小洼陷勘探突破提供了新的解决方案。

2.3.3 非常规油气

胜利油田非常规油气资源主要指页岩油、致密油、煤层气,研究证实其具有巨大的油气资源潜力,是现实的油气资源接替领域。

陆相断陷盆地页岩油气勘探开发理论和工程技术取得了较大发展,为页岩油勘探开发提供了强力支撑。2006年以来,依托国家“973”、国家重大专项、中国石化重大项目等平台,对济阳拗陷页岩油进行系统研究。经过“认识-实践-再认识-再实践”的持续探索,在博兴、渤南、牛庄、民丰、利津等

洼陷取得重大突破,初步评价页岩油资源量为 $100 \times 10^8 \text{t}$ 以上,已累计上报三级储量约为 $18 \times 10^8 \text{t}$ 。页岩油必将成为现实的资源接替阵地。

鄂尔多斯盆地、塔里木盆地勘探实践展示了致密油巨大的勘探开发潜力^[9-11]。胜利油田致密油研究工作起步较晚,目前取得了一些初步认识。济阳坳陷致密油主要发育类型为深洼带浊积岩、陡坡带深层砂砾岩,以临南洼陷带沙三段致密浊积岩最为典型,普遍具有埋藏较深,先致密后成藏的特点,但整体具有大面积分布、大面积成藏的特征^[12-13],初步评价资源量近 $7.0 \times 10^8 \text{t}$,上报三级储量超过 $1.6 \times 10^8 \text{t}$ 。随着工程工艺技术的进步,致密油将成为规模增储的重要领域。

鄂尔多斯盆地、沁水盆地等地区煤层气规模勘探开发证实煤层气具有巨大的资源勘探潜力^[14-17]。胜利探区广泛发育深部煤系地层,其中东部探区主要发育于石炭系—二叠系,西部探区主要发育于侏罗系,以往主要以煤成气为主要目标进行探索,在孤西、莘县、车西等地区勘探取得“点”上突破,但未能获得规模发现。钻探揭示,胜利探区煤系地层分布广泛,厚度相对稳定,煤岩品质相对较好,但煤岩演化程度和保存条件差异大^[18-19],初步估算煤层气原地资源量约为 $2.5 \times 10^{12} \text{m}^3$ 以上,其中东部探区为 $1.5 \times 10^{12} \text{m}^3$ 以上,西部探区为 $1.0 \times 10^{12} \text{m}^3$ 以上。煤层气将是下步重要的勘探突破方向。

非常规领域雄厚的资源基础及勘探理论技术的逐步成熟,使得胜利探区勘探具备了由常规领域为主向常非并重转变的必要条件^[20]。

2.4 增储趋势

综合考虑理论技术条件、资源基础、勘探投入、不同领域增储历程等因素,应用历史趋势分析法、资源探明速率法、目标地质分析法等多种方法对胜利探区未来10 a探明常规石油地质储量增长规模进行了预测(表1)。结果表明,在当前经济技术条件下,保障勘探投入,且持续加强科技攻关,胜利探区

表1 胜利探区未来10 a探明常规石油地质储量增长规模预测

Table1 Prediction of growth scale of proven conventional oil initially in place in Shengli exploration area in next 10 years 10^8t

增储领域	预测探明常规石油地质储量增长量		
	历史趋势分析法	资源探明速率法	目标地质分析法
东部探区	2.8 ~ 3.4	3.4 ~ 3.8	2.3 ~ 2.7
西部探区	2 ~ 2.5	1.5 ~ 1.6	3 ~ 3.5
合计	4.8 ~ 5.9	4.9 ~ 5.4	5.3 ~ 6.2

能够保持探明石油地质储量稳定增长。其中东部探区尽管勘探程度较高,但在相当长一段时期内仍是增储的重要阵地;西部探区虽然勘探程度低,地质条件复杂,但勘探潜力相对较大,将成为重要的接替阵地;页岩油资源基础雄厚,在理论技术和经济条件适应情况下,将实现探明石油地质储量规模持续增长,成为战略接替阵地。

3 勘探进展与启示

3.1 深层-超深层

胜利探区深层-超深层主要指东部探区沙四段下亚段及以下深层、西部探区洼陷区深层-超深层。由于深层-超深层埋深大、勘探成本高,常规勘探技术不适应,导致勘探程度、认识程度低,且勘探风险较大。但随着中浅层勘探程度越来越高,深层-超深层成为必须攻克的方向。“十四五”以来,胜利油田加强了对深层-超深层的探索,在准噶尔盆地腹部、济阳坳陷孔店组—沙四段下亚段屡获突破,证实了深层-超深层蕴含着巨大的勘探潜力,有望形成规模增储新阵地。

3.1.1 准中地区深层-超深层

西部探区准中地区主要分布在东道海子、阜康、盆1井西、沙湾等4个凹陷的深洼部位,油藏埋深普遍大于5 000 m,储层物性相对较差、油气成藏条件及富集规律认识不清、勘探工程工艺技术不适应,虽有“点”上突破,但长期以来未能形成规模增储阵地。

近年来,准中下组合油气勘探取得重大进展,展示了以二叠系风城组(P_2f)、下乌尔禾组(P_2w)为源的含油气系统“高效成烃、高压优储、近源富气、全域成藏”的勘探潜力^[21-24](图3)。继ZH10、CH6井的 P_2w 、三叠系克拉玛依组(T_2k)突破后,沙湾洼陷实施的ZSH101井在 P_2f 、二叠系夏子界组(P_2x)、 T_2k 钻遇大段油气显示,落实了克拉玛依组储量规模近 $1 800 \times 10^4 \text{t}$ 。盆1井西洼陷ZSH1井的石炭系、 P_2f 钻遇大段油气显示,其中石炭系解释气层为8.6 m/3层, P_2f 解释气层为16 m/5层,落实了石炭系有利含气面积超过2 600 km^2 ,风城组砂岩油藏有利面积超过600 km^2 。准中地区深层-超深层有望成为西部探区规模增储的新阵地。

3.1.2 济阳坳陷深层

济阳坳陷孔店组—沙四段下亚段是断陷初始期干旱气候环境下沉积的一套地层,处于沙四段上

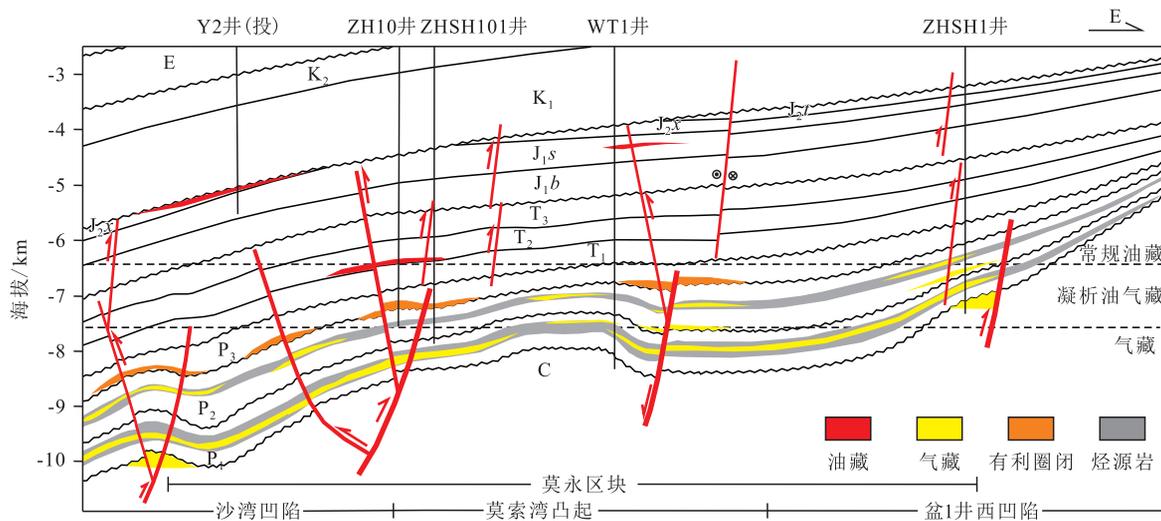


图3 准中地区莫西庄-征沙村-永进油藏剖面

Fig.3 Reservoir profile of Moxizhuang-Zhengshacun-Yongjin in central Junggar Basin

亚段—沙三段下亚段主力烃源岩之下^[25]。原型盆地展布、有效储层发育及分布、油气成藏规律及资源潜力是制约勘探的关键因素。“十一五”以来,开展了孔店组—沙四段下亚段原型盆地恢复、咸化烃源岩生排烃、有效储层发育机制等研究,形成了“咸化富烃、酸碱控储”成烃成藏的新认识^[26-27],指导了济阳拗陷深层持续取得突破。继博兴深注带GX86井在孔一段上部获得41.2 m³的高产油气流之后,近期GX862井孔一段油气连续显示300余米,其中解释油层10 m/4层、差油层26.2 m/13层。油气显示段与上覆沙四段上亚段主力烃源岩垂直距离约为900 m,推测该区应发育孔二段烃源岩或可能存在油气倒灌运移。仅东营凹陷估算圈闭资源量为5 500×10⁴t,展示了济阳拗陷深层良好的勘探前景。

2021年以来,济阳拗陷孔店组—沙四段下亚段深层和前古近系深部潜山探井工作量逐年上升,年均完钻探井数达到探井总数的32.0%,新增探明石油地质储量占济阳拗陷总新增储量的20%以上,深层-超深层逐渐成为勘探的重要方向。

3.2 低勘探程度区

3.2.1 东部探区小洼陷

济阳拗陷周缘发育10余个低勘探程度小洼陷,其中青南、富林、三合村等洼陷已经获得突破,近期优选禹城洼陷开展探索并取得突破。

禹城洼陷位于莘县凹陷东北端,勘探面积为570 km²,先后以构造圈闭、近源沙三段与沙四段岩性圈闭为目标进行探索,完钻各类探井10余口,均未获得突破。在页岩油勘探突破启示下,开展了沙三段中、下亚段烃源岩“四性”评价以落实有利页岩油发育层段,部署的YX6cHF井在沙三段下亚段钻

遇低成熟页岩油,采用6 mm油嘴泵抽,日产油量近6 t/d(当量),已累计产油量超过430 t,该井突破了禹城洼陷工业油流关,引领了东部探区外围小洼陷勘探突破新方向,对全区小洼陷部署具有重要的指导意义。

3.2.2 西部探区外围区

马海东地区位于柴达木盆地北缘马北凸起东翼,属于绿梁山山前构造带(图4)。受马仙断裂与绿南断裂双向逆冲叠加,构造极其复杂,前人认为基本无勘探价值。2009年胜利油田接手后,开展了大量野外露头观测与样品采集,攻关构造、地层、储层、成藏、工艺等系列瓶颈问题,形成了以残留盆地有效烃源岩评价为基础,复杂构造带地质建模与成藏关键要素评价为核心的勘探认识及关键技术,逐步锁定目标区带与层系^[28-32]。先后部署了SHG1、SH3等各类探井14口,解释油层井11口,2023年马海东地区古近系路乐河组提交控制石油地质储量近600×10⁴t,发现了西部探区外围区第一个油田——马海东油田,打破了西部探区外围区久攻不克的被动局面,也必将带动外围区勘探取得新突破。

勘探实践证明胜利探区低勘探程度区蕴含着巨大的资源潜力,不断加强地质研究并持之以恒探索,就有望实现勘探新突破。也充分说明,在当前勘探形势下,勘探必须立足全区,即在精细勘探老油区实现稳定增储的同时,要积极预探外围区,加强其分类优选评价,尽快实现勘探突破和储量申报^[33-34]。

3.3 页岩油

3.3.1 富油凹陷规模增储资源基础持续夯实

济阳拗陷页岩油主力勘探层系为沙四段上亚

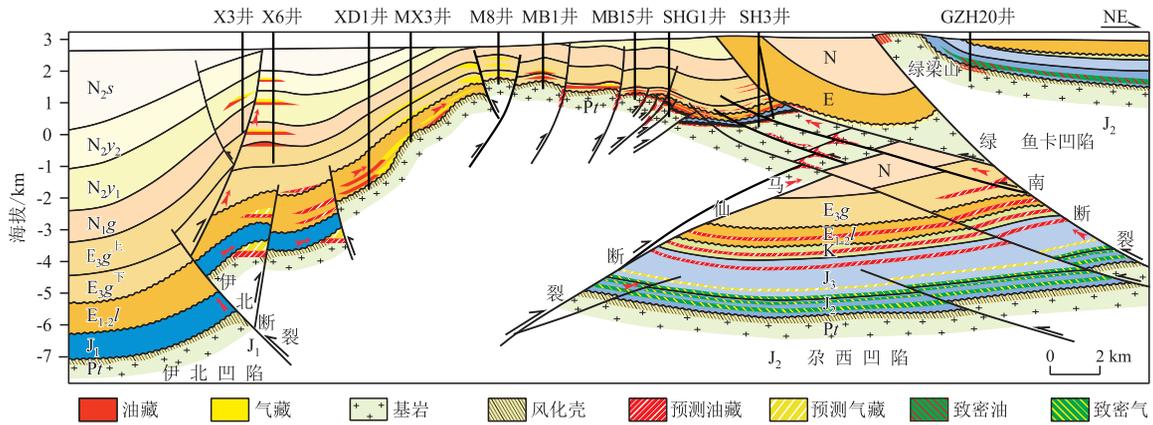


图4 柴达木盆地过X3井—GZH20井NE向油气成藏模式

Fig.4 NE-trending oil and gas accumulation model cross Well X3-GZH20 in Qaidam Basin

段、沙三段下亚段,具有岩相类型多样、空间变化快、有机质丰度高、成岩及热演化程度低的特点。但有利岩相预测难、有效储集空间不明确、页岩油富集机理不清楚、勘探目标评价体系及增产改造工艺措施不配套等因素长期制约着济阳坳陷页岩油的勘探突破和规模建产^[35-42]。

2009年以来,通过开展系统取心、页岩岩性、物性、含油性、可压性及赋存富集规律等潜心钻研,攻关形成了页岩油赋存富集创新认识、岩相划分与评价、“四性”甜点评价技术、适应于断陷盆地页岩油勘探的工程工艺技术。2021年以来,按照“常规老井页岩油段复查、直斜井试油战略侦察、风险勘探引领突破、水平井专探求产”的指导思想,实现了济阳坳陷页岩油商业产能的突破。目前东营凹陷的博兴、牛庄、民丰、利津以及沾化凹陷的渤南、邵家等富油洼陷中高演化程度页岩油已取得重大突破,落实了5个亿吨级页岩油增储阵地,累计上报三级储量达 $18 \times 10^8 \text{ t}$,建成了国家级页岩油勘探开发示范区。近期,沙四段上亚段纯上次亚段、沙三段中下亚段的低演化程度页岩油获得商业产能,同时临南、孤北等富油小洼陷页岩油也获得重大突破,极大拓展了页岩油勘探方向(图5)。

3.3.2 常非并重勘探新阶段

2020年以来,济阳坳陷页岩油年度探井工作量占比呈现逐年加大趋势,2023年已达到探井总数的四分之一(图6);新增三级储量的结构已经发生显著变化,2023年页岩油探明石油地质储量、控制石油地质储量、预测石油地质储量均占总储量的80%以上。非常规领域尤其页岩油勘探投入持续加大,储量占比逐年升高,预计随着勘探的持续推进,其勘探投入与储量占比还将稳步增加,非常规领域已呈现战略接替态势。

资源潜力及勘探进展分析表明胜利油田仍然具有巨大的资源潜力,但从勘探方向及领域变化看,已进入新的发展阶段。勘探战略转变势在必行,且时机也已成熟。勘探战略转变主要包括以下3个方面,即勘探类型上由常规为主向常非并重转变,勘探层系上由中浅层向深层-中深层转变,勘探区域上由老油区向全探区综合勘探转变。

4 勘探战略

4.1 发展思路及目标

牢记习近平总书记“端牢能源饭碗”殷切嘱托,积极实施“三大勘探战略转变”,坚持“立足全区、决胜深层、常非并重、统筹推进”^[20]的勘探思路,努力实现“三级储量重上三个1亿吨”,储量发现成本有效降低,进而推动胜利油田勘探高质量发展。

4.2 发展战略

4.2.1 坚持低勘探程度区攻坚实现新突破

胜利油田富油凹陷老油区剩余资源依然较大且丰度较高,坚持实施精细勘探仍将是效益增储的重要领域。由于外围区勘探程度低、勘探空间广阔,2023年胜利油田加强探索,取得了东部探区禹城洼陷、西部探区柴达木盆地勘探的重大发现,证实了外围低勘探程度区具有较大的勘探潜力。依托现有资料或借鉴邻区资料,开展胜利东西部探区低勘探程度区基础地质条件研究,落实资源潜力及主要勘探目的层,进行低勘探程度区优选评价,并借鉴老油区勘探经验及技术手段,分层次开展积极预探,以期实现勘探突破。

4.2.2 坚持深层-超深层探索形成规模增储新阵地

勘探实践证明,深层-超深层具有规模勘探潜力,也是未来油气勘探发展的重要方向。济阳坳陷

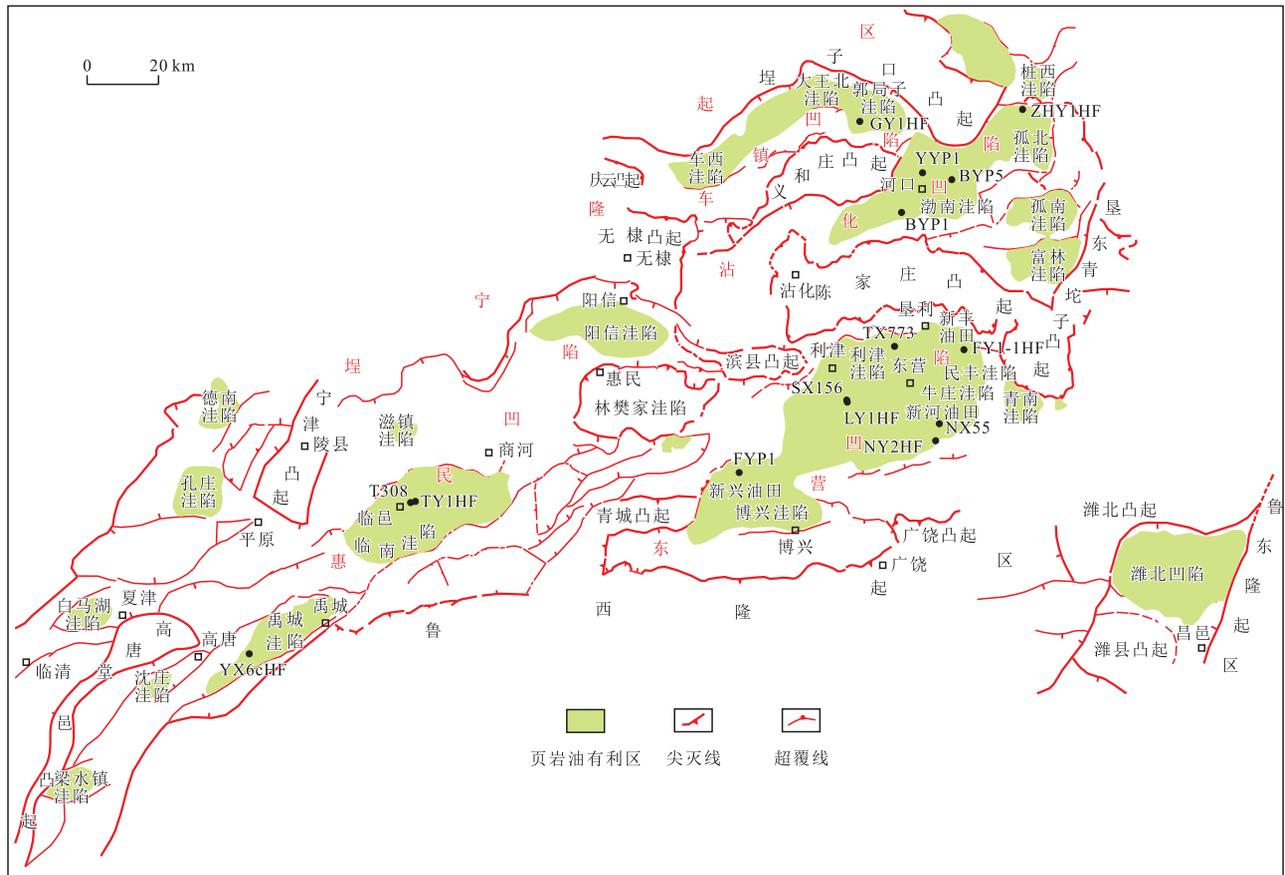


图5 胜利东部探区页岩油勘探成果图

Fig.5 Exploration results of shale oil in east exploration area of Shengli Oilfield

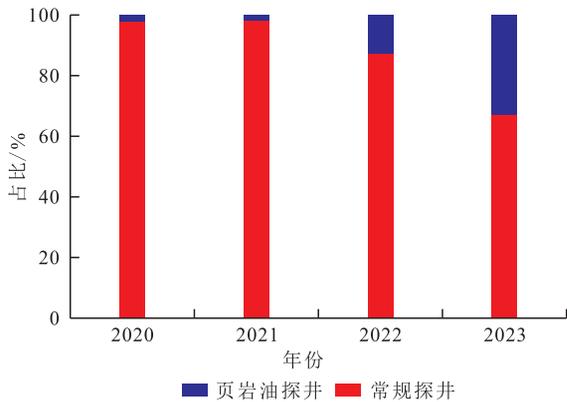


图6 济阳坳陷页岩油探井工作量占比变化

Fig.6 Variation of workload proportion for shale oil well in Jiyang Depression

渤南、博兴、盐家等地区孔店组一沙四段下亚段以及准中下组合 ZH10、CH6、ZSH101、ZSH1 等井勘探突破或进展,展示了胜利探区深层-超深层勘探的巨大潜力。济阳坳陷孔店组一沙四段下亚段深层、准中地区深层-超深层仍将是近期探索与评价的重点方向。地质特征认识不清、有效储层及圈闭评价、油气层保护及增产改造等是制约深层-超深层勘探的关键因素,应在前期勘探研究及进展基础上,进一步加强深层-超深层基础地质条件研究,攻关配

套工程工艺技术,加强勘探开发工程一体化,推动深层-超深层规模勘探开发,夯实胜利油田可持续发展的资源基础。

4.2.3 坚持常非并重实现稳定增储

济阳坳陷的主力凹陷在长期的常规领域勘探中偶遇或探索过非常规油气,但受经济技术条件制约,勘探开发一直未能规模展开。2021年以来,济阳坳陷页岩油勘探的重大突破展示了富油凹陷非常规领域巨大的勘探潜力。近期应重点开展页岩油、煤层气、致密油的勘探研究与评价。

页岩油 胜利油田页岩油的多样性、复杂性决定了其勘探的长期性。需持续加强页岩油基础地质研究,以支撑页岩油持续规模增储。近期应着力做好2方面重点工作:一是进行探区多种类型页岩油的分级分类评价,为页岩油勘探提供有利目标方向;二是加强完钻完井、压裂等工程工艺的持续降本,以提升勘探效益。

煤层气 鄂尔多斯盆地煤层气规模勘探开发证实了煤层气,尤其是深层煤层气具有巨大的资源勘探潜力。胜利油田煤层气资源评价及勘探实践表明煤层气资源潜力巨大。但相对鄂尔多斯盆地,埋

深相对较大,且煤层相对较薄,规模勘探开发存在技术经济的风险。需加强济阳拗陷及临清拗陷东部石炭系一二叠系、准噶尔盆地侏罗系煤层分布及生烃潜力系统评价,进行地质、工程、经济多因素优选,并落实地质-工程-经济甜点,开展风险勘探和先导试验,争取实现煤层气勘探突破。

致密油 资源潜力分析表明,胜利油田致密油分布广,资源潜力较大。但相对已经实现规模勘探开发的长庆油田延长组致密油,胜利油田致密油具有先致密后成藏、非均质性强等特点,致使其效益勘探开发难度更大。应从地质、工程、效益多个维度,开展致密油形成及富集机制、有效储层改造及油层保护、高效经济勘探开发模式等研究,形成多维度分类优选评价方法和勘探开发工程试验一体化模式,以助推致密油高效勘探开发。

4.2.4 坚持高效管理推进勘探高质量发展

统筹保矿权与增储,保证矿权稳、储量增 毋庸置疑,无论保矿权还是增储量都需要加大勘探投入。保矿权主要保住具有勘探潜力的探矿权,但是相对于成熟探区,探矿权勘探程度、认识程度较低,勘探风险较大,需要增加研究和实际勘探工作量;增储则需要增加对已有储备资源评价升级或拓展新的勘探领域的勘探投入,主要是在老油区。在投资限定条件下,对勘探工作质量、优化部署及投资结构提出了更高的要求。必须统筹保矿权和增储,在完成增储任务的同时,加大低勘探程度区的投入,最大限度确保矿权根基稳定。基于当前勘探面临形势及发展要求,重点做好3个方面工作:一要加强勘探开发一体化力度,加快储备资源升级与转采步伐;二要强化低勘探程度区部署,设立探矿权区块井位部署考核指标,推进低勘探程度区评价部署;三要积极拓矿权,开展矿区外重点地区潜力评价,积极寻求新的勘探阵地。

统筹常规和非常规,优化部署促进良性发展 胜利探区非常规领域尤其页岩油已展现了良好的规模增储前景,但产能、平衡油价差异大,降本压力巨大;常规领域仍是稳定增储的基石,但探明石油地质储量小于 $100\times 10^4\text{t}$ 的区块占比已达60%以上,“散、碎、隐、深”已成为常态。因此,必须统筹常规和非常规优化部署,分层次有序地实施页岩油增储建产、突破发现、潜力评价,并形成常规领域培育规模阵地、主力洼陷常非一体勘探的良好态势。

统筹投入和产出,实现效益发展 高质量研究、合理投入、高水平管理是实现高质量勘探的三大法

宝。创新研究范式将作为重点发展方向,一是依托信息、智能技术开展透明盆地建设,实现地质特征可视化,以降低勘探盲点;二是精益勘探管理是保障,须优化组织运行,打造地质-工程-经营一体化运行体系;三是工作提质降本,开展勘探质量评价、深化成本写实,以经营管理模式创新提升勘探运行效率和质量;四是投资结构优化是关键,要以效益、效率最优为目标,用最少投入、在最合适时机实现资源价值最大化。

5 结束语

胜利油田已经历了60余年勘探开发历程,东部探区常规油气整体达到成熟勘探程度,勘探目标更加复杂、隐蔽、碎小,其中深层与非常规油气已获得突破,是规模勘探和资源接替的重要领域,但埋藏深、投入大,勘探程度低,需持续攻关,统筹资源与效益评价;西部探区地质条件极为复杂,整体勘探程度极低,需积极探索。分析表明胜利油田勘探资源潜力依然巨大,增储领域依然丰富,但要实现油气储量箭头向上,“三级储量重上三个1亿吨”的发展目标,仍面临较大的挑战。

通过对胜利探区现状、增储领域、质量与效益等因素的系统分析及发展态势研判,适时提出了胜利油田实施勘探领域“三大勘探战略转变”,制定了“立足全区、决胜深层、常非并重、统筹推进”的勘探发展思路,旨在推动胜利油田勘探高质量发展。勘探实践表明,在实施新的勘探发展思路后,胜利油田老油区、深层-超深层、页岩油、外围区等不同领域取得了系列重大勘探成果,2023年更实现了时隔10a的“三级储量重上三个1亿吨”。这充分验证了新勘探发展思路是胜利油田新时期勘探发展的正确指南,为胜利油田勘探高质量发展指明了方向。

中国东部老油区常规油气勘探程度普遍较高,面临着胜利油田同样的发展形势,中国西部地域辽阔,盆地勘探程度整体较低,如何实现勘探高质量发展是油气上游企业亟待解决的现实难题。胜利油田提出并实施的勘探领域转变,制定的新勘探发展思路、相应发展战略及勘探举措,有望为中国同类型含油气盆地勘探突破与可持续发展提供借鉴。

参考文献

- [1] 宋国奇,郝雪峰,刘克奇.脊状断陷盆地形成机制、沉积体系与成藏规律——以济阳拗陷为例[J].石油与天然气地质,2014,

- 35(3):303-310.
- SONG Guoqi, HAO Xuefeng, LIU Keqi. Tectonic evolution, sedimentary system and petroleum distribution patterns in dustpan-shaped rift basin: a case study from Jiyang Depression, Bohai Bay Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2014, 35(3): 303-310.
- [2] 郭元岭. 成熟探区勘探发展基本特征[J]. *石油实验地质*, 2011, 33(4): 332-335.
- GUO Yuanling. Basic features of petroleum exploration development in mature exploration area [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2011, 33(4): 332-335.
- [3] 张善文. “跳出框框”是老油区找油的关键[J]. *石油勘探与开发*, 2004, 31(1): 12-14.
- ZHANG Shanwen. A key idea for finding oils in an area of high developed [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2004, 31(1): 12-14.
- [4] 宋明水. 济阳坳陷勘探形势与展望[J]. *中国石油勘探*, 2018, 23(3): 11-17.
- SONG Mingshui. The exploration status and outlook of Jiyang depression [J]. *China Petroleum Exploration*, 2018, 23(3): 11-17.
- [5] 王永诗. 济阳坳陷不同领域油气勘探思路与方向[J]. *油气地质与采收率*, 2021, 28(5): 1-12.
- WANG Yongshi. Ideas and directions for oil and gas exploration in different fields of Jiyang Depression, Bohai Bay Basin, China [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2021, 28(5): 1-12.
- [6] 宋明水, 王永诗, 郝雪峰, 等. 渤海湾盆地东营凹陷古近系深层油气成藏系统及勘探潜力[J]. *石油与天然气地质*, 2021, 42(6): 1 243-1 254.
- SONG Mingshui, WANG Yongshi, HAO Xuefeng, et al. Petroleum systems and exploration potential in deep Paleogene of the Dongying Sag, Bohai Bay Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2021, 42(6): 1 243-1 254.
- [7] 李宇志, 周肖肖, 隋风贵, 等. 东营凹陷民丰地区沙四段下亚段烃源岩特征[J]. *油气地质与采收率*, 2023, 30(3): 28-41.
- LI Yuzhi, ZHOU Xiaoxiao, SUI Fenggui, et al. Characteristics of source rock of Es_4^x in Minfeng area, Dongying Sag [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2023, 30(3): 28-41.
- [8] 王永诗, 张顺. 渤海湾盆地沾化凹陷渤南洼陷古近系深层优质储层形成机制[J]. *石油实验地质*, 2023, 45(1): 11-19.
- WANG Yongshi, ZHANG Shun. Formation mechanism of high-quality reservoirs in deep strata of Paleogene, Bonan Subsag, Zhanhua Sag, Bohai Bay Basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2023, 45(1): 11-19.
- [9] 刘宏坤, 艾勇, 王贵文, 等. 深层、超深层致密砂岩储层成岩相测井定量评价: 以库车坳陷博孜-大北地区为例[J]. *地质科技通报*, 2023, 42(1): 299-310.
- LIU Hongkun, AI Yong, WANG Guiwen, et al. Quantitative well logging evaluation of diagenetic facies of deep and ultra deep tight sandstone reservoirs: a case study of Bozi-Dabei area in Kuqa Depression [J]. *Bulletin of Geological Science and Technology*, 2023, 42(1): 299-310.
- [10] 李国欣, 雷征东, 董伟宏, 等. 中国石油非常规油气开发进展、挑战与展望[J]. *中国石油勘探*, 2022, 27(1): 1-11.
- LI Guoxin, LEI Zhengdong, DONG Weihong, et al. Progress, challenges and prospects of unconventional oil and gas development of CNPC [J]. *China Petroleum Exploration*, 2022, 27(1): 1-11.
- [11] 赵子丹, 乔向阳, 周进松, 等. 砂岩储层致密化及其与油气充注成藏的耦合关系——以鄂尔多斯盆地延安气田上古生界为例[J]. *断块油气田*, 2023, 30(3): 363-371.
- ZHAO Zidan, QIAO Xiangyang, ZHOU Jinsong, et al. The densification of sandstone reservoir and its coupling relationship with hydrocarbon charging and accumulation: a case study of the Upper Paleozoic in Yan'an Gas Field, Ordos Basin [J]. *Fault-Block Oil & Gas Field*, 2023, 30(3): 363-371.
- [12] 高阳, 王永诗, 李孝军, 等. 基于岩石孔喉结构的致密砂岩分类方法——以济阳坳陷古近系为例[J]. *油气地质与采收率*, 2019, 26(2): 32-41, 59.
- GAO Yang, WANG Yongshi, LI Xiaojun, et al. Classification method of tight sandstone based on pore throat structure: a case study of Paleogene in Jiyang Depression [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2019, 26(2): 32-41, 59.
- [13] 王永诗, 高阳, 方正伟. 济阳坳陷古近系致密储集层孔喉结构特征与分类评价[J]. *石油勘探与开发*, 2021, 48(2): 266-278.
- WANG Yongshi, GAO Yang, FANG Zhengwei. Pore throat structure and classification of Paleogene tight reservoirs in Jiyang depression, Bohai Bay Basin, China [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2021, 48(2): 266-278.
- [14] 侯海海, 李强强, 梁国栋, 等. 准噶尔盆地南缘西山窑组与八道湾组煤层气成藏富集条件对比研究[J]. *非常规油气*, 2022, 9(1): 18-24.
- HOU Haihai, LI Qiangqiang, LIANG Guodong, et al. Comparative study of CBM accumulation conditions between the Xishanyao Formation and the Badaowan Formation in the southern Junggar Basin [J]. *Unconventional Oil & Gas*, 2022, 9(1): 18-24.
- [15] 米洪刚, 朱光辉, 赵卫, 等. 沁水盆地潘庄煤层气田地质工程一体化应用实践[J]. *中国石油勘探*, 2022, 27(1): 120-126.
- MI Honggang, ZHU Guanghui, ZHAO Wei, et al. Application practice of geology and engineering integration in Panzhuang CBM Field, Qinshui Basin [J]. *China Petroleum Exploration*, 2022, 27(1): 120-126.
- [16] 徐凤银, 王成旺, 熊先钺, 等. 深部(层)煤层气成藏模式与关键技术对策——以鄂尔多斯盆地东缘为例[J]. *中国海上油气*, 2022, 34(4): 30-42.
- XU Fengyin, WANG Chengwang, XIONG Xianyue, et al. Deep (layer) coalbed methane reservoir forming modes and key technical countermeasures: taking the eastern margin of Ordos Basin as an example [J]. *China Offshore Oil and Gas*, 2022, 34(4): 30-42.
- [17] 桑树勋, 韩思杰, 周效志, 等. 华东地区深部煤层气资源与勘探开发前景初探[J]. *油气藏评价与开发*, 2023, 13(4): 403-415.
- SANG Shuxun, HAN Sijie, ZHOU Xiaozhi, et al. Deep coal-

- bed methane resource and its exploration and development prospect in East China [J]. *Petroleum Reservoir Evaluation and Development*, 2023, 13(4): 403-415.
- [18] 王东晔. 临清坳陷东部煤成气成藏条件及富集主控因素[J]. *中国煤炭地质*, 2021, 33(6): 37-41.
WANG Dongye. Main controlling factors on gas from coal reservoiring condition and enrichment in eastern part of Linqing Depression [J]. *Coal Geology of China*, 2021, 33(6): 37-41.
- [19] 牛子铖, 王永诗, 王学军, 等. 济阳坳陷前古近纪烃源岩生烃潜力分析[J]. *高校地质学报*, 2022, 28(1): 73-85.
NIU Zicheng, WANG Yongshi, WANG Xuejun, et al. Hydrocarbon generation potential of Pre-Paleogene source rocks in the Jiyang Depression [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2022, 28(1): 73-85.
- [20] 刘惠民, 高阳, 秦峰, 等. 渤海湾盆地济阳坳陷油气勘探新领域、新类型及资源潜力[J]. *石油学报*, 2023, 44(12): 2 141-2 159.
LIU Huimin, GAO Yang, QIN Feng, et al. New fields, new types and resource potentials of hydrocarbon exploration Jiyang depression, Bohai Bay Basin [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2023, 44(12): 2 141-2 159.
- [21] 柳忠泉. 准噶尔盆地腹部侏罗系油气成藏要素及评价模型[J]. *河南理工大学学报: 自然科学版*, 2019, 38(2): 42-50.
LIU Zhongquan. Controlling elements and evaluation model of the jurassic hydrocarbon accumulation in central Junggar Basin [J]. *Journal of Henan Polytechnic University: Natural Science*, 2019, 38(2): 42-50.
- [22] 王金铎, 许淑梅, 张关龙, 等. 准噶尔盆地腹部下侏罗统三工河组储层物性一含油性特征及主控因素分析[J]. *地质论评*, 2022, 68(3): 1 129-1 144.
WANG Jinduo, XU Shumei, ZHANG Guanlong, et al. Reservoir physical properties and oil-bearing characteristics and main controlling factors of the Lower Jurassic Sangonghe Formation in the abdomen of Junggar Basin [J]. *Geological Review*, 2022, 68(3): 1 129-1 144.
- [23] 于洪洲, 王越, 周健, 等. 准噶尔盆地西北缘哈山地区二叠系风城组沉积体系[J]. *新疆石油地质*, 2022, 43(4): 396-403.
YU Hongzhou, WANG Yue, ZHOU Jian, et al. Sedimentary system of Permian Fengcheng Formation in Hashan area in northwestern margin of Junggar basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2022, 43(4): 396-403.
- [24] 张关龙, 王越. 准噶尔盆地早二叠世构造-沉积格局及石油地质意义[J]. *油气地质与采收率*, 2023, 30(1): 35-48.
ZHANG Guanlong, WANG Yue. Tectono-sedimentary framework of Early Permian in Junggar Basin and its petroleum geological significance [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2023, 30(1): 35-48.
- [25] 王永诗. 石油地质研究中的特征与规律浅析[J]. *油气地质与采收率*, 2012, 19(3): 1-5, 111.
WANG Yongshi. Analysis on features and laws of petroleum geological research [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2012, 19(3): 1-5, 111.
- [26] 金强, 朱光有, 王娟. 咸化湖盆优质烃源岩的形成与分布[J]. *中国石油大学学报: 自然科学版*, 2008, 32(4): 19-23.
JIN Qiang, ZHU Guangyou, WANG Juan. Deposition and distribution of high-potential source rocks in saline lacustrine environments [J]. *Journal of China University of Petroleum: Edition of Natural Science*, 2008, 32(4): 19-23.
- [27] 杨怀宇, 张鹏飞, 邱贻博, 等. 东营凹陷深层自源型油气成藏模式与勘探实践[J]. *中国石油勘探*, 2023, 28(2): 92-101.
YANG Huaiyu, ZHANG Pengfei, QIU Yibo, et al. Deep self-source type hydrocarbon accumulation pattern and exploration practice in Dongying Sag [J]. *China Petroleum Exploration*, 2023, 28(2): 92-101.
- [28] 柳忠泉, 陈云锋, 张俊锋, 等. 柴北缘马海东地区双向逆冲地质结构及油气地质意义[J]. *科学技术与工程*, 2019, 19(5): 47-54.
LIU Zhongquan, CHEN Yunfeng, ZHANG Junfeng, et al. Two-way-thrusting geological structure and petroleum geological significance in Mahaidong Area of northern margin of Qaidam Basin [J]. *Science Technology and Engineering*, 2019, 19(5): 47-54.
- [29] 柳忠泉. 柴北缘欧南古隆起的发现及地质意义[J]. *河南理工大学学报: 自然科学版*, 2014, 33(3): 285-290.
LIU Zhongquan. Discovery and geological significance of the Ounan paleouplift in the northern margin of Qaidam Basin [J]. *Journal of Henan Polytechnic University: Natural Science*, 2014, 33(3): 285-290.
- [30] 李军亮, 肖永军, 林武, 等. 柴达木盆地东部地区中、下侏罗统残留分布及控制因素[J]. *天然气地球科学*, 2015, 26(10): 1 893-1 900.
LI Junliang, XIAO Yongjun, LIN Wu, et al. Distribution and controlling factors of remnant middle-lower Jurassic in the Eastern Qaidam Basin [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2015, 26(10): 1 893-1 900.
- [31] 李军亮, 肖永军, 王大华, 等. 柴达木盆地东部侏罗纪原型盆地恢复[J]. *地学前缘*, 2016, 23(5): 11-22.
LI Junliang, XIAO Yongjun, WANG Dahua, et al. Jurassic prototype basin reconstruction in east part of Qaidam Basin [J]. *Earth Science Frontiers*, 2016, 23(5): 11-22.
- [32] 王大华, 王金铎, 肖永军, 等. 柴北缘大柴旦地区山前带构造建模及演化研究[J]. *地学前缘*, 2016, 23(5): 1-10.
WANG Dahua, WANG Jinduo, XIAO Yongjun, et al. Structure modeling and evolution of piedmont zone in Dachaidan area, north margin of Qaidam Basin [J]. *Earth Science Frontiers*, 2016, 23(5): 1-10.
- [33] 宋明水, 李友强. 济阳坳陷油气精细勘探评价及实践[J]. *中国石油勘探*, 2020, 25(1): 93-101.
SONG Mingshui, LI Youqiang. Evaluation and practice of fine petroleum exploration in the Jiyang Depression [J]. *China Petroleum Exploration*, 2020, 25(1): 93-101.
- [34] 宋明水, 王永诗, 王学军, 等. 成熟探区“勘探层单元”研究及其在渤海湾盆地东营凹陷的应用[J]. *石油与天然气地质*, 2022, 43(3): 499-513.
SONG Mingshui, WANG Yongshi, WANG Xuejun, et al. Research of “synthem units of exploration” in mature exploration

- area and its application in the Dongying sag, Bohai Bay Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2022, 43(3): 499-513.
- [35] 刘惠民. 济阳坳陷古近系页岩油地质特殊性及其勘探实践——以沙河街组四段上亚段—沙河街组三段下亚段为例[J]. *石油学报*, 2022, 43(5): 581-594.
- LIU Huimin. Geological particularity and exploration practice of Paleogene shale oil in Jiyang depression: a case study of the upper submember of Member 4 to the lower submember of Member 3 of Shahejie Formation [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2022, 43(5): 581-594.
- [36] 刘惠民. 济阳坳陷页岩油勘探实践与前景展望[J]. *中国石油勘探*, 2022, 27(1): 73-87.
- LIU Huimin. Exploration practice and prospect of shale oil in Jiyang Depression [J]. *China Petroleum Exploration*, 2022, 27(1): 73-87.
- [37] 刘惠民, 李军亮, 刘鹏, 等. 济阳坳陷古近系页岩油富集条件与勘探战略方向[J]. *石油学报*, 2022, 43(12): 1 717-1 729.
- LIU Huimin, LI Junliang, LIU Peng, et al. Enrichment conditions and strategic exploration direction of Paleogene shale oil in Jiyang depression [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2022, 43(12): 1 717-1 729.
- [38] 王继超, 崔鹏兴, 刘双双, 等. 页岩油储层微观孔隙结构特征及孔隙流体划分[J]. *油气地质与采收率*, 2023, 30(4): 46-54.
- WANG Jichao, CUI Pengxing, LIU Shuangshuang, et al. Microscopic pore structure characteristics and pore fluid division of shale oil reservoirs [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2023, 30(4): 46-54.
- [39] 杨勇. 济阳陆相断陷盆地页岩油富集高产规律[J]. *油气地质与采收率*, 2023, 30(1): 1-20.
- YANG Yong. Enrichment and high production regularities of shale oil reservoirs in continental rift basin: a case study of Jiyang Depression, Bohai Bay Basin [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2023, 30(1): 1-20.
- [40] 田启忠, 戴荣东, 王继强, 等. 胜利油田页岩油丛式井提速提效钻井技术[J]. *石油钻采工艺*, 2023, 45(4): 404-409.
- TIAN Qizhong, DAI Rongdong, WANG Jiqiang, et al. An efficient and fast shale oil cluster well drilling technology for Shengli Oilfield [J]. *Oil Drilling & Production Technology*, 2023, 45(4): 404-409.
- [41] 王爱民, 王发明, 贺文卿, 等. 济阳坳陷页岩油力学性能特征实验[J]. *特种油气藏*, 2023, 30(5): 144-150.
- WANG Aimin, WANG Faming, HE Wenqing, et al. Experimental on mechanical properties characteristics of oil shale in Jiyang Depression [J]. *Special Oil & Gas Reservoirs*, 2023, 30(5): 144-150.
- [42] 郎岳, 张金川, 王焕第, 等. 页岩气地质评价智能化的应用与展望[J]. *大庆石油地质与开发*, 2022, 41(1): 166-174.
- LANG Yue, ZHANG Jinchuan, WANG Huandi, et al. Application and prospect of intelligent geological evaluation of shale gas [J]. *Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing*, 2022, 41(1): 166-174.

编辑 何青芳