

引用格式:张波. 济阳坳陷孤西潜山带构造演化及其对油气差异富集的控制[J]. 油气地质与采收率, 2024, 31(2): 29-38.
ZHANG Bo. Tectonic evolution and its control on differential hydrocarbon enrichment of Guxi Buried Hill, Jiyang Depression[J].
Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2024, 31(2): 29-38.

济阳坳陷孤西潜山带构造演化及其对 油气差异富集的控制

张波

(中国石化胜利油田分公司 勘探开发研究院, 山东 东营 257015)

摘要: 为明确济阳坳陷孤西潜山带油气差异富集特征, 指导下步油气勘探方向优选, 综合利用钻井及地震资料, 在潜山地质特征分析的基础上, 对潜山构造演化及其对油气差异富集的控制作用进行了研究。结果表明, 印支期以来, 孤西潜山带经历了晚三叠世挤压抬升剥蚀、早—中侏罗世弱挤压到截凸填凹、晚侏罗世挤压抬升剥蚀、早白垩世左行走滑拉张、晚白垩世挤压抬升剥蚀、古近纪右行走滑拉张高位潜山剥蚀等4期挤压、2期拉张、2期走滑、5期剥蚀的演化过程, 并于新近纪整体沉降定型, 在孤西潜山带形成高位潜山和低位潜山2类潜山, 整体具有“NW向断层控带、NE(EW)向断层控山、垒堑相间”的构造格局。多期构造活动作用的叠加, 导致2类潜山在源储对接关系、油藏类型和油气富集特征上具有明显差异, 高位潜山斜坡带上古生界和中生界地层油藏最为富集, 低位潜山各层系均可成藏, 且以古生界构造油藏最为富集, 同种类型的潜山由于成藏要素配置关系的不同, 其油气富集特征也有所差异。埕中、埕东、孤岛等高位潜山斜坡带地层油藏, 孤北、垦利等低位潜山下古生界风化壳油藏及内幕构造油藏和上古生界及中生界构造油藏是下步重点勘探目标。

关键词: 构造演化; 差异富集; 成藏模式; 孤西潜山带; 济阳坳陷

文章编号: 1009-9603(2024)02-0029-10

DOI: 10.13673/j.pgre.202311017

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

Tectonic evolution and its control on differential hydrocarbon enrichment of Guxi Buried Hill, Jiyang Depression

ZHANG Bo

(Exploration & Development Research Institute, SINOPEC Shengli Oilfield Company,
Dongying City, Shandong Province, 257015, China)

Abstract: In order to clarify the differential hydrocarbon enrichment characteristics in Guxi Buried Hill of Jiyang Depression and guide the subsequent hydrocarbon exploration, the geological characteristics of the buried hill were analyzed based on the drilling and seismic data, and the tectonic evolution of the buried hill and its control on differential hydrocarbon enrichment were studied. The results show that Guxi Buried Hill has experienced four stages of compression, two stages of extension, two stages of strike-slip, and five stages of denudation since Indochina, which are the extrusive uplift and denudation in the Late Triassic, the weak extrusion to “cut bump and fill concave” in the early-middle Jurassic, the extrusive uplift and denudation in the Late Jurassic, the left-walking slip and stretch in the early Cretaceous, the extrusive uplift and denudation in the Late Cretaceous, and the right-walking slip and stretch and the denudation on the high buried hill in the Paleogene. In addition, according to the settlement in the Neogene, two kinds of buried hills such as high buried hills and low buried hills have been formed. The whole structure is characterized by “NW-trending fault controlling belts, NE (EW)-trending fault controlling hills, and alternating horst and graben”. The superimposi-

收稿日期: 2023-11-17。

作者简介: 张波(1972—), 男, 山东莱阳人, 高级工程师, 硕士, 从事油气勘探及石油地质综合研究。E-mail: zhangbo667.slyt@sinopec.com。

基金项目: 中国石油化工股份有限公司科研攻关项目“济阳坳陷近源领域成藏体系评价及目标优选”(P22066), 中国石化胜利油田分公司科研攻关项目“孤西潜山带油气成藏规律研究及目标优选”(YKK2207)。

tion of multi-stage tectonic activities has resulted in obvious differences in source-reservoir connection, reservoir types, and hydrocarbon accumulation characteristics between the two types of buried hills. The stratigraphic reservoirs in the upper Paleozoic and Mesozoic are the most abundant in the high buried hills. All layers in the low buried hill can form reservoirs, and the tectonic reservoirs in Paleozoic strata are the most abundant. The hydrocarbon enrichment characteristics of the same type of buried hills are also different due to the different allocation of reservoir-forming factors. The stratigraphic reservoirs at the slope zone of high buried hills in Chengzhong, Chengdong, and Gudao, the weathering crust reservoirs and interior tectonic reservoirs of Lower Paleozoic, and the tectonic reservoirs of Upper Paleozoic and Mesozoic in low buried hills of Gubei and Kenli are the key targets for subsequent exploration.

Key words: tectonic evolution; differential enrichment; reservoir-forming pattern; Guxi Buried Hill; Jiyang Depression

经过60余年的勘探与开发,济阳拗陷资源探明程度已经达到50%以上^[1],尤其是中浅层勘探程度高,因而勘探程度较低的中深层逐渐成为重点勘探目标,其中潜山油藏具有单井油层厚度大、产能高、效益好的特点,是济阳拗陷中深层最具勘探潜力的目标之一^[1-5]。但潜山在形成演化过程中,经历了印支、燕山和喜马拉雅等多期构造运动^[6-9],挤压、拉张、走滑和剥蚀等构造活动作用相互叠加,造成潜山地质结构及构造特征复杂,制约了潜山油气勘探进程。近年来通过深化研究,在潜山演化、成储、成藏等方面取得了新的地质认识^[2-4],指导探井部署,在埕岛、桩海、义和庄及孤北等多个潜山带取得突破和进展,形成多层系立体勘探态势^[1]。

孤西潜山带作为济阳拗陷最典型的潜山带之一,虽然早在上世纪70年代就开展了油气勘探,但是复杂的地质特征导致油气勘探难以大规模展开,造成勘探程度极低,目前探井密度不足0.05口/km²,随着济阳拗陷其他潜山取得勘探进展及地质认识的不断深化,孤西潜山带逐渐成为油气勘探的重点地区。前人针对该潜山带上的个别潜山,探讨过构造演化、储层发育特征、油气成藏特征与富集规律^[10-16],但是并未对整个潜山带不同类型潜山的油气差异富集特征及其控制因素进行过深入探讨。

勘探实践证明,构造演化与油气差异富集存在密切关系^[17-21],为此,笔者综合利用钻井及地震资料,通过剖析孤西潜山带地质特征及其构造演化,结合典型油藏解剖,分析潜山构造演化对油气成藏条件的差异控制作用,明确不同类型潜山油气富集特征,以期为进一步油气勘探提供地质理论依据。

1 区域地质概况

孤西潜山带位于济阳拗陷东北部,西部以埕南-孤西断层为界,东部以埕北-五号桩断层为界,自北向南由埕中、埕东、孤北、孤岛、垦利、富林、垦东等7

个潜山块体组成(图1),勘探面积约为2 000 km²。该潜山带被多个生烃中心包围,成藏条件非常有利,是济阳拗陷油气最富集的潜山带之一,上报三级储量2 400余万吨,储量之外还有多个出油点。已发现储量及出油点的分布存在差异,在埕中、埕东、孤岛等潜山发现的油藏主要集中于上古生界和中生界,油藏类型为地层油藏,而孤北、垦利、富林等潜山油气在中—古生界均可富集,油藏类型以构造油藏为主。

2 潜山地质特征及其构造演化

2.1 地质特征

2.1.1 构造特征

由孤西潜山带下古生界顶面构造(图1)可见,该潜山带为一个NW走向的狭长潜山带,南北长度约为100 km,东西宽度约为20 km。潜山带整体NE倾,构造高部位位于埕南-孤西断层上升盘,构造低部位均位于埕北-五号桩断层下降盘。受6条近EW向和NE向断层的切割,形成了7个垒堑相间的潜山块体,各潜山块体内部被多条次级断层复杂化,整体上具有“NW向断层控带、NE(EW)向断层控山、垒堑相间”的构造格局(图2)。

2.1.2 地层特征

依据潜山顶面埋深及上覆层系的不同,将7个潜山块体划分为高位潜山和低位潜山2种类型。其中高位潜山包括埕中、埕东、孤岛和垦东潜山,此类潜山埋深相对较浅,高点埋深最浅接近1 500 m,中—古生界遭受强烈剥蚀,地层倾角较大,向NE方向潜山地层保留逐渐趋于完整,至埕北-五号桩断层附近古生界又逐渐变薄,整体呈楔形特征,中生界残留厚度逐渐变大,潜山高部位主要被新近系馆陶组所覆盖,构造低部位上覆地层逐渐由馆陶组变为古近系沙河街组(图3)。低位潜山包括孤北、垦利和富林潜山,此类潜山埋深大,一般大于3 500 m,

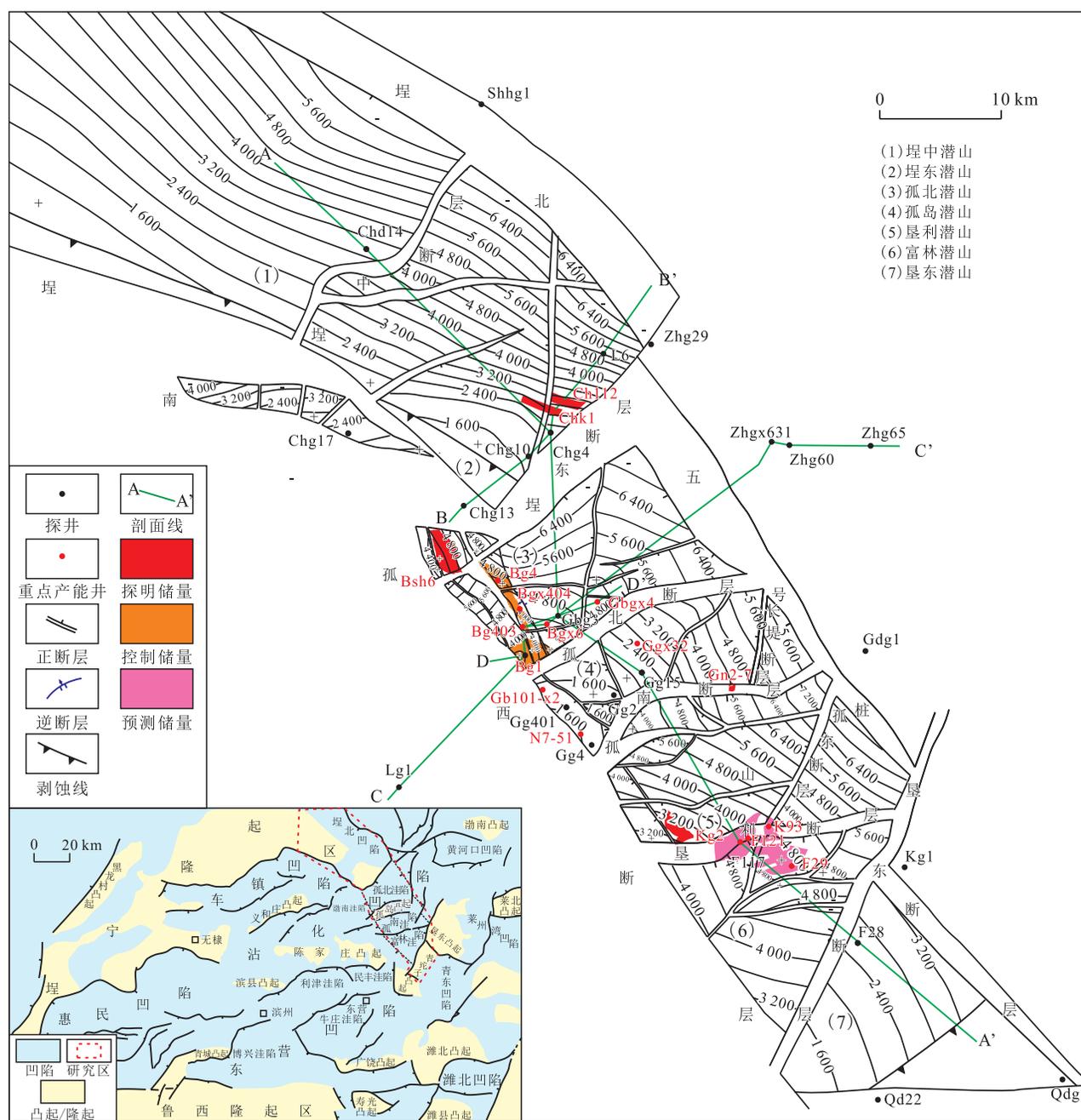


图1 济阳拗陷孤西潜山带下古生界顶面构造

Fig.1 Top structure of Lower Palaeozoic in Guxi Buried Hill, Jiyang Depression

中—古生界保存相对完整,地层倾角明显小于高位潜山,北东侧地层特征类似于高位潜山,在埕北-五号桩断层下降盘古生界剥蚀严重,中生界残留厚度大,该类潜山之上均为古近系沙河街组所覆盖(图4)。

2.2 构造演化

自晚古生代以来,济阳拗陷潜山经历了印支、燕山和喜马拉雅等多期次构造运动的改造(图5)^[6-9],形成了NW向、NE向、近EW向等不同方向断裂组成的复杂断裂体系,各潜山地层遭受差异性剥蚀,形成多个区域性的不整合面。

2.2.1 印支运动

印支运动发生于晚三叠世,经历了早—中三叠世的稳定沉积之后,扬子板块与华北板块发生剪刀式碰撞,华北地区全面抬升^[22-24],在NE向挤压应力场作用下,济阳拗陷形成一系列NW向逆断层,埕南-孤西断层与埕北-五号桩断层在该时期开始形成,受2条逆断层夹持形成NW向展布的孤西潜山带。受2条逆断层控制,上盘地层抬升剥蚀,下盘地层产生挤压褶皱及大量次级逆断层。埕北-五号桩断层上盘古生界剥蚀殆尽,形成“楔形”残留地质体,向西残留地层逐渐变厚,形成古生界剥蚀面

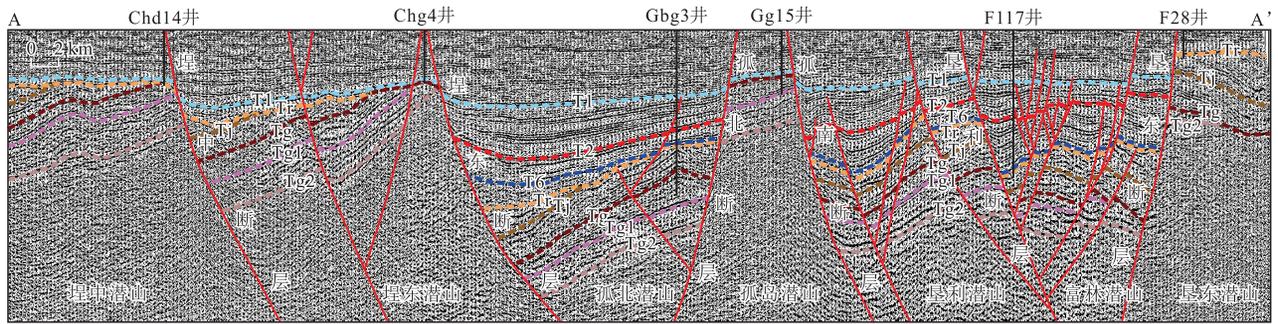


图2 孤西潜山带NW向地震解释剖面(剖面位置见图1)

Fig.2 NW-trending seismic interpretation section of Guxi Buried Hill (Position shown in Fig.1)

(Tg),埋南-孤西断层下盘地层保留较全,发育褶皱及次级逆断层,孤北及孤岛潜山已有多口井钻遇,如Bg1井钻遇褶皱,该井钻遇下古生界总厚度达1 478.7 m,比正常沉积地层增厚约为280 m,在3 951~4 875 m井段出现以张夏组为中心的对称式地层结构,地震剖面上具有明显的地层弯曲特征;Bg4井于5 196 m处钻遇逆断层,出现上马家沟组的重复,重复地层厚度约为240 m,上述现象均为印支运动的产物。在后期的拉张作用下,这些逆断层发生不同规模的反转,其中埋南-孤西与埋北-五号桩断层彻底反转,潜山内部部分分支逆断层未彻底反

转,现今仍保持逆断层状态。

2.2.2 燕山运动

燕山运动时期,区域应力场主要受古太平洋板块NW向俯冲控制^[25-26]。共分为侏罗纪和白垩纪2个演化阶段,不同阶段古生界构造变形及中生界发育特征均存在差异。

侏罗纪,古太平洋板块向欧亚板块的俯冲作用开始增强,此时,埋北-五号桩、埋南-孤西等断层继承活动,但是活动强度大大减弱,研究区处于截凸填凹补齐阶段,中生界沉积具有披盖式、NW向成带分布的特点。早侏罗世,逆断层上盘古生界继续遭

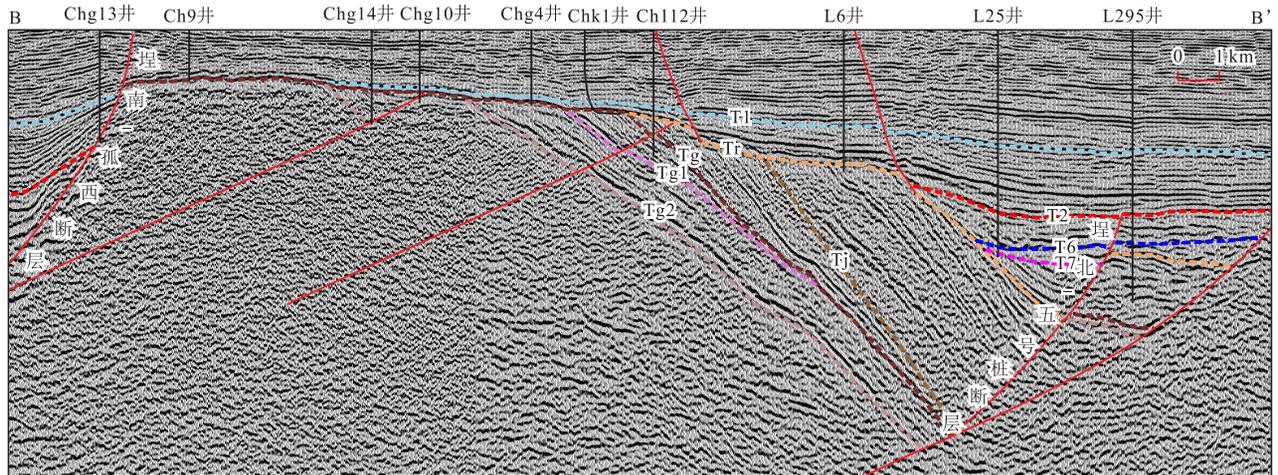


图3 过埋东高位潜山NE向地震解释剖面(剖面位置见图1)

Fig.3 NE-trending seismic interpretation section crossing high buried hills in Chengdong (Position shown in Fig.1)

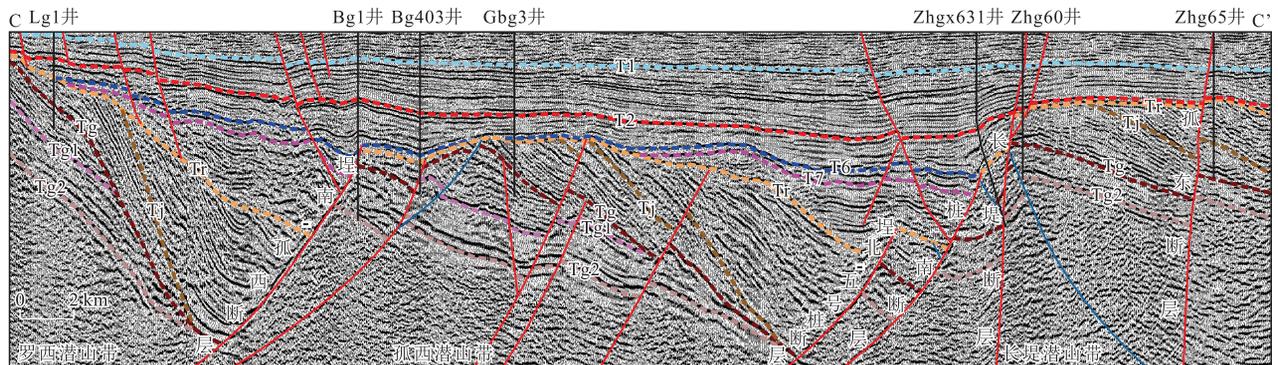


图4 过孤北低位潜山NE向地震解释剖面(剖面位置见图1)

Fig.4 NE-trending seismic interpretation section crossing low buried hills in Gubei (Position shown in Fig.1)

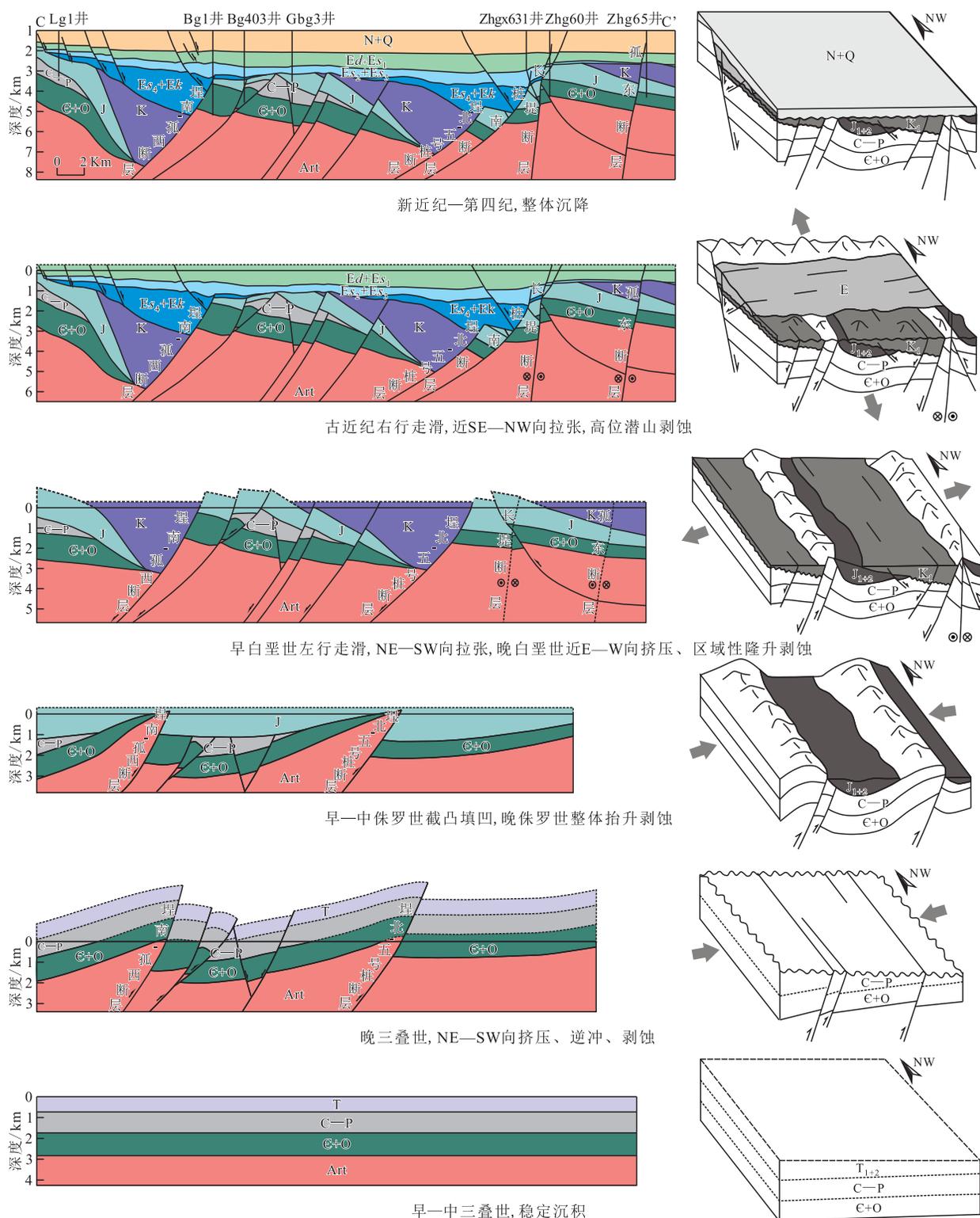


图5 过孤北低位潜山NE向平衡剖面(剖面位置见图1)

Fig.5 NE-trending equilibrium section crossing low buried hills in Gubei (Position shown in Fig.1)

受较弱剥蚀,下盘接受沉积,并且地层由SW向NE逐层超覆于古生界之上。至中侏罗世,研究区逐渐整体沉降,大面积接受沉积。晚侏罗世,研究区再次经历了一期整体挤压抬升剥蚀^[27],形成侏罗系与白垩系之间的不整合面(Tj)。

白垩纪,古太平洋板块俯冲方向转为NNW向,

此时郯庐断裂发生强烈的左旋走滑^[28],形成NE向拉张应力场,前期形成的NW向逆冲断层发生构造反转,上盘下降,发育了一套红色碎屑岩及安山岩建造^[29],下盘则抬升遭受剥蚀。孤西潜山带东侧靠近埕北-五号桩断层沉降区沉积的白垩系厚度大,向西逐渐超覆变薄,至埕南-孤西断层下盘一带,下一

中侏罗统遭受剥蚀。该活动时期,研究区开始形成长堤、孤东、垦东等一系列NE向与郯庐断裂相伴生的走滑断层^[30-31]。晚白垩世,古太平洋板块近NW向俯冲,造成了华北东部区域性的隆升^[32],中生界顶部遭受剥蚀,形成了区域不整合面(Tr)。

2.2.3 喜马拉雅运动

受西太平洋板块的俯冲后撤及郯庐断裂右旋走滑的共同控制,华北东部渤海湾盆地进入了强烈伸展阶段,分为古近纪和新近纪—第四纪2个演化阶段。

古近纪,济阳拗陷进入强烈的伸展阶段,NW向断层再次强烈反转,并在沙三段沉积早期逐渐停止活动,断层上盘沉积了巨厚的孔店组—沙四段。燕山期形成的长堤、孤东、垦东等左行走滑断裂转为右行走滑^[30-31],埕中、埕东、埕南、桩南、垦利、孤北、孤南等NE向及近EW向断层在沙四段沉积末期开始活动,在沙三段沉积时期活动强度达到顶峰,这些断层将印支、燕山期NW向潜山带复杂化。在近EW向及NE向断层上盘形成沿断层分布的低位潜山,潜山之上沉积了多套优质烃源岩^[9]。而在断层下盘,中—古生界遭受抬升剥蚀形成高位潜山,在潜山较低部位超覆沉积了较薄的古近系。由此NW向潜山带被分割成一系列垒堑相间的潜山块体。

新近纪—第四纪,研究区进入整体沉降阶段,各方向主断裂连续性变差,断层的活动速率大大降低。早期形成的潜山逐渐没入水下,最终定型形成现今潜山构造格局。

3 潜山油气差异富集特征

3.1 油气成藏条件

受燕山期和喜马拉雅期构造活动的控制,孤西潜山带周缘形成多个生烃中心,西南侧通过埕南-孤西断层与车镇凹陷、沾化凹陷渤南洼陷相邻,潜山带内通过EW向、NE向断层紧邻埕北凹陷、孤北洼陷、孤南洼陷及富林洼陷,这些凹(洼)陷均为富生烃凹(洼)陷,发育沙四段上亚段、沙三段、沙一段等3套优质烃源岩,特别是沙四段上亚段与沙三段烃源岩层具有高压特征,地层压力系数可达1.4~1.8,具有强劲的充注动力,油气来源条件非常优越。

多期次拉张、挤压、走滑、剥蚀等构造活动作用,形成了多种圈闭类型及多套良好储层。其中高位潜山主要发育地层圈闭,分布于Tg和Tr之下,低位潜山发育构造圈闭和下古生界风化壳圈闭。下

古生界发育风化壳和内幕2套储层;上古生界和中生界砂岩受风化淋滤作用后,具有较好的物性,可形成优质储层,这些储层与泥岩互层发育,形成有利的储盖组合。孤西潜山带于新近纪基本定型,此时潜山带周缘烃源岩进入大规模排烃阶段,源山配置关系良好,具有规模成藏的有力条件。

3.2 油气差异富集特征

高位潜山和低位潜山在地质结构及源储对接关系上具有明显差异,导致2类潜山在油气输导方式上存在差异,进而控制了油气富集特征的差异。结合对已发现油气藏的解剖,建立不同类型潜山油气富集模式,从而明确高位潜山和低位潜山油气差异富集特征。

3.2.1 高位潜山

高位潜山中—古生界剥蚀强度大,主要发育风化壳储层,形成的油藏类型以地层油藏为主。油气主要来自凹(洼)陷区古近系烃源岩,潜山距离油源较远,油气通过盆倾断层、不整合面(Tr)和骨架砂体组成的输导体系向构造高部位运移,遇到合适的圈闭聚集成藏,油气主要富集于斜坡带的中生界与上古生界潜山(图6)。

高位潜山斜坡带被东营组—沙二段所覆盖,厚层泥岩发育,盖层条件普遍较好,中生界与上古生界主要发育碎屑岩储层,且砂泥互层发育,隔层条件好,油气成藏条件最为有利。

由于剥蚀程度的差异,造成不同高位潜山之间在油气富集特征上略有不同。埕中与埕东高位潜山剥蚀程度类似,埕南-孤西断层下盘构造圈闭发育区中—古生界剥蚀殆尽,因而这2个潜山油藏主要为发育在斜坡带的地层油藏,例如埕东潜山Chk1井在上古生界钻遇地层油藏,解释油层共25层,厚度为249 m,目前累积产油量为 14.9×10^4 t,Ch112井中生界地层油藏累积产油量为 10.3×10^4 t,目前下古生界没有探井钻遇油气;孤岛高位潜山剥蚀程度弱于上述2个潜山,潜山西侧Gg4与Gg2块上古生界—中生界剥蚀殆尽,残留下古生界,其中Gg4块发育下古生界风化壳油藏,从钻井试油情况看,多为油水同出,且产能较低(表1),Gg2块下古生界上覆馆陶组,盖层条件差,未钻遇油藏,向东至Ggx32块多口井在中生界钻遇地层油藏,且富集高产,不含水(表1);南部的垦东高位潜山埋藏浅,上覆地层均为馆陶组,盖层条件差,未钻遇油气。综上分析,埕中、埕东、孤岛等高位潜山斜坡带中生界及上古生界地层油藏最为富集,是下步勘探重点。

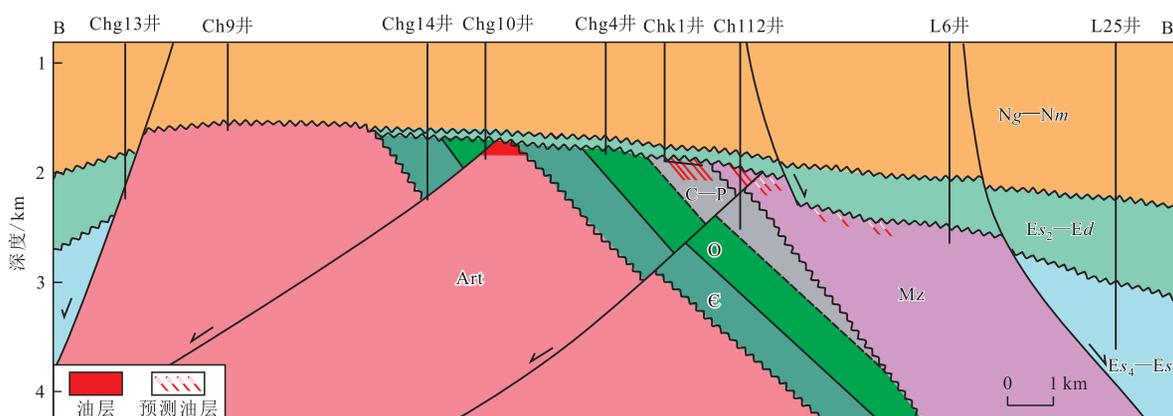


图6 埕东高位潜山油藏剖面(剖面位置见图1)

Fig.6 Reservoir section of high buried hills in Chengdong (Position shown in Fig.1)

表1 孤岛高位潜山试油统计

Table1 Oil testing statistics of high buried hills in Gudao

潜山区块	井号	试油井段/m	层系及油藏类型	日产油量/ (t·d ⁻¹)	日产水量/ (m ³ ·d ⁻¹)	日产气量/ (m ³ ·d ⁻¹)
Gg4	Gb101-x2	2 555.0 ~ 2 558.5	下古生界风化壳油藏	1.9	36	0
	N7-51	1 650.67 ~ 1 665.34		5.74	2.93	0
Ggx32	Ggx32	1 790.80 ~ 2 000	中生界地层油藏	7.75	0	885
	Gg13-x1c	1 895 ~ 1 899		19.6	0	854

3.2.2 低位潜山

低位潜山剥蚀强度明显弱于高位潜山,中—古生界保留较全,发育风化壳与内幕储层,油藏类型以构造油藏为主,局部发育地层油藏。低位潜山埋藏深度大,距离油源近,上覆沙三段—沙四段上亚段烃源岩层,封盖条件好,各层系均可成藏,其中下古生界油气最为富集,上古生界次之,中生界产能最低(表2)。

由于烃源岩与潜山对接层系的差异,不同低位潜山油气富集特征有所差异。其中孤北低位潜山通过埕南-孤西断层与渤南洼陷直接对接,渤南洼陷沙三段—沙四段烃源岩段压力系数高,油气充注动力强,潜山各层系均具有油源条件(图7),由表2可知,Bg1、Bsh6块发育风化壳和内幕构造油藏,Bg4块发育下古生界风化壳油藏和上古生界构造油藏,Gbgx4块主要发育构造气藏,该潜山油藏均具有高气油比的特征;垦利低位潜山Kg2块南部通过垦利断层与富林洼陷沙三段烃源岩对接,油气主要富集在潜山高部位Kg2井下古生界顶部风化壳,是研究区产能最高的潜山,该潜山北部Gn2-7块位于孤南断层二台阶,通过二台阶断层与孤南洼陷沙三段烃源岩对接,发育中生界构造油藏;富林低位潜山油气来源于其上覆的沙三段烃源岩,仅中生界潜山具有油气源条件,已发现储量区F117块位于富林潜山低部位,油藏类型为地层油藏,其东北侧3块储量区

通过顺向次级断层与F117块沙三段烃源岩侧向对接,形成构造油藏,从该潜山试油探井分析,中生界探井产能普遍较低,而且基本上均含水,为低效油藏。综上所述,孤北、垦利低位潜山下古生界风化壳油藏、下古生界内幕构造油藏与上古生界构造油藏最为富集,是下步优先勘探方向,其次是中生界构造油藏,富林低位潜山中生界油藏产能较低,可作为后备勘探方向。

4 结论

(1)印支期以来,孤西潜山带经历了晚三叠世挤压抬升剥蚀、早—中侏罗世弱挤压到截凸填凹、晚侏罗世挤压抬升剥蚀、早白垩世左行走滑拉张、晚白垩世挤压抬升剥蚀、古近纪右行走滑拉张高位潜山剥蚀、新近纪整体沉降定型,多期构造活动作用的叠加,在研究区形成高位潜山和低位潜山2类潜山,整体具有“NW向断层控带、NE(EW)向断层控山、垒堑相间”的构造格局。

(2)多期构造活动不仅控制了孤西潜山带不同类型潜山圈闭类型及储盖组合的发育,也导致不同类型潜山源储对接关系的不同及油气输导方式上存在差异,进而控制了油气富集特征的差异。高位潜山源储分离,油气主要以断层、不整合与骨架砂体组成的输导体系向潜山高部位运聚,斜坡带上古

表2 孤西潜山带低位潜山试油统计
Table2 Oil production testing statistics of low buried hills in Guxi Buried Hill

潜山	区块	井号	试油井段/m	层系及油藏类型	日产油量/ (t·d ⁻¹)	日产水量/ (m ³ ·d ⁻¹)	日产气量/ (m ³ ·d ⁻¹)	
孤北	Bg1	Bg1	3 603 ~ 3 649.5	下古生界风化壳油藏	39.5	0	30 980	
	Bsh6	Bsh6	4 165 ~ 4 246	下古生界风化壳油藏	133	0	94 300	
			4 306.6 ~ 4 401.8		33.8	0	18 970	
		B601	4 733.8 ~ 4 862	下古生界内幕构造油藏	85.7	0	47 430	
	Bg4	Bg4	4 375 ~ 4 460	下古生界风化壳油藏	47.4	0	75 740	
		Bg401	3 971 ~ 4 090		77.9	0	162 950	
		Bg402	4 852.4 ~ 4 906		28.2	0	66 816	
		Bg403		3 850.5 ~ 3 889.3	下古生界内幕构造油藏	32.9	0	43 824
				4 280 ~ 4 320		0.72	0	13 286
			Bgx404	4 281 ~ 4 290		上古生界构造油藏	99.1	0
	Gbgx4	Y136	3 450 ~ 3 462	中生界构造油藏	19.2	0	284	
		Gbg1	4 120.6 ~ 4 139	上古生界构造气藏	0.002	0	111 000	
Gbgx4		4 333 ~ 4 339.19	1.43		0	20 951		
垦利	Kg2		4 581.2 ~ 4 663.1	下古生界风化壳气藏	0.002	0	24 058	
		Kg13	2 712 ~ 2 735.24	下古生界风化壳油藏	302	0	7 550	
		Kg2	2 827.93 ~ 2 851		536	0	14 793	
		Kg22	2 769.72 ~ 2 830		120	0	0	
		Kg7	2 843 ~ 2 857.55		107	0	3 210	
Kg9	2 750.4 ~ 2 770.55	367	0		9 909			
富林	Gn2-7	Gn2-7	2 649 ~ 2 672.4	中生界构造油藏	47.9	24.6	1 100	
	F117	F117	3 706.6 ~ 3 721.4	中生界地层油藏	0.09	0	0	
		F121	3 561.86 ~ 3 730		8.14	3.67	0	
	F29	F29	3 332 ~ 3 338.4	中生界构造油藏	6.51	11.5	0	
		F291	3 115 ~ 3 200.3		1.35	19.7	0	
	K93	K93	2 830 ~ 2 868.5	中生界构造油藏	3.25	1.23	0	
2 810 ~ 2 827			1.55		7.66	0		

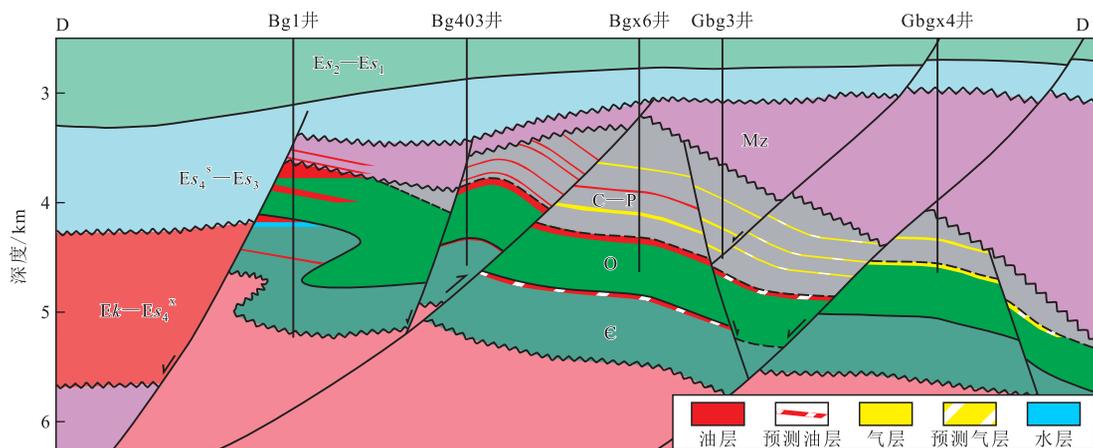


图7 孤北低位潜山油藏剖面(剖面位置见图1)
Fig.7 Reservoir section of low buried hill in Gubei (Position shown in Fig.1)

生界和中生界储盖组合最为有利,以地层油藏为主;低位潜山源储直接对接,各层系均可成藏,其中古生界各层系油气最为富集,油藏类型以构造油藏为主。

(3) 埕中、埕东、孤岛等高位潜山斜坡带部位中生界及上古生界地层油藏,孤北、垦利等低位潜山下古生界风化壳油藏及内幕构造油藏和上古生界及中生界构造油藏是研究区下步重点勘探目标。

参考文献

- [1] 张宇, 刘超英, 程喆. 中国石化东部断陷盆地成熟探区勘探转型发展探讨[J]. 中国石油勘探, 2023, 28(3): 12-22.
ZHANG Yu, LIU Chaoying, CHENG Zhe. Discussion on exploration transformation and development of mature exploration areas in eastern fault basin of Sinopec [J]. China Petroleum Exploration, 2023, 28(3): 12-22.
- [2] 马立驰, 王永诗, 景安语. 渤海湾盆地济阳坳陷隐蔽潜山油藏新发现及其意义[J]. 石油实验地质, 2020, 42(1): 13-18.
MA Lichi, WANG Yongshi, JING Anyu. Discovery and significance of subtle buried hills in Jiyang Depression, Bohai Bay Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2020, 42(1): 13-18.
- [3] 宋明水, 王惠勇, 张云银. 济阳坳陷潜山“挤-拉-滑”成山机制及油气藏类型划分[J]. 油气地质与采收率, 2019, 26(4): 1-8.
SONG Mingshui, WANG Huiyong, ZHANG Yunyin. “Extrusion, tension and strike-slip” mountain-forming mechanism and reservoir type of buried hills in Jiyang Depression [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2019, 26(4): 1-8.
- [4] 王勇, 熊伟, 林会喜, 等. 济阳坳陷下古生界潜山油气藏特征及成藏模式[J]. 石油学报, 2020, 41(11): 1 334-1 347.
WANG Yong, XIONG Wei, LIN Huixi, et al. The reservoir characterization and hydrocarbon accumulation model of Lower Paleozoic buried-hill in Jiyang Depression [J]. Acta Petrolei Sinica, 2020, 41(11): 1 334-1 347.
- [5] 张波. 渤海湾盆地济阳坳陷孤北潜山下古生界油气来源及运移方向[J]. 石油实验地质, 2022, 44(6): 981-988.
ZHANG Bo. Source and migration direction of hydrocarbon in lower Paleozoic in Gubei buried hill, Jiyang Depression, Bohai Bay Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2022, 44(6): 981-988.
- [6] 吴智平, 李伟, 任拥军, 等. 济阳坳陷中生代盆地演化及其与新生代盆地叠合关系探讨[J]. 地质学报, 2003, 77(2): 280-288.
WU Zhiping, LI Wei, REN Yongjun, et al. Basin evolution in the Mesozoic and superposition of Cenezoic Basin in the area of the Jiyang Depression [J]. Acta Geologica Sinica, 2003, 77(2): 280-288.
- [7] 彭存仓. 沾化凹陷断层活动性及其叠合特征[J]. 油气地质与采收率, 2009, 16(5): 37-39.
PENG Cuncang. Analysis of fault activity and structural type in Zhanghua Depression [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2009, 16(5): 37-39.
- [8] 张波. 济阳坳陷三合村油田沙三下亚段油气成藏机理[J]. 新疆石油地质, 2017, 38(1): 22-26.
ZHANG Bo. Hydrocarbon accumulation mechanism of Lower Es₃ in Sanhecun Oilfield, Jiyang Depression [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2017, 38(1): 22-26.
- [9] 张波, 吴智平, 王永诗, 等. 沾化凹陷三合村洼陷油气多期成藏过程研究[J]. 中国石油大学学报: 自然科学版, 2017, 41(2): 39-48.
ZHANG Bo, WU Zhiping, WANG Yongshi, et al. Study on multi-period hydrocarbon accumulation process in Sanhecun subsag of Zhanhua sag [J]. Journal of China University of Petroleum: Edition of Natural Science, 2017, 41(2): 39-48.
- [10] 孙玮, 刘树根, 时华星, 等. 济阳坳陷孤岛碳酸盐岩潜山构造演化及油气成藏特征[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2007, 34(1): 36-40.
SUN Wei, LIU Shugen, SHI Huaxing, et al. A study on the structural evolution and the petroleum characteristics of Gudao carbonate buried hill in Jiyang depression, China [J]. Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition, 2007, 34(1): 36-40.
- [11] 雷超, 任建业, 吴梅莲, 等. 济阳坳陷孤西负反转断层形成演化定量研究及其油气地质意义[J]. 大地构造与成矿学, 2008, 32(4): 462-469.
LEI Chao, REN Jianye, WU Meilian, et al. The quantitative analysis of development and evolution of Guxi negative inversion fault and its significance in petroleum geology in Jiyang depression [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2008, 32(4): 462-469.
- [12] 雍自权, 刘庆松, 刘树根, 等. 济阳坳陷孤岛潜山下古生界碳酸盐岩缝洞系统[J]. 油气地质与采收率, 2008, 15(2): 9-12.
YONG Ziquan, LIU Qingsong, LIU Shugen, et al. Carbonate fracture-cavity systems of the lower Paleozoic of Gudao buried hill, Jiyang Depression [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2008, 15(2): 9-12.
- [13] 王永诗, 彭传圣, 姜素华, 等. 孤西断裂带下古生界褶皱-块断型潜山油气成藏模式[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2005, 25(4): 665-669.
WANG Yongshi, PENG Chuansheng, JIANG Suhua, et al. Oil and gas pool-forming models of an Early Palaeozoic fold-block buried hill in Guxi fault zone [J]. Periodical of Ocean University of China, 2005, 25(4): 665-669.
- [14] 刘树根, 时华星, 徐国强, 等. 渤海湾盆地济阳坳陷孤岛下古生界碳酸盐岩潜山油气成藏特征[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2007, 34(5): 497-504.
LIU Shugen, SHI Huaxing, XU Guoqiang, et al. Characteristics of petroleum accumulation of the Gudao Lower Paleozoic carbonate rock buried hill in the Jiyang Depression, Bohai Bay basin, China [J]. Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition, 2007, 34(5): 497-504.
- [15] 石砥石. 济阳坳陷孤岛潜山油气充注特征[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2008, 35(5): 512-516.

- SHI Dishu. Characteristics of the evidences of oil and gas injection in the Gudao buried hill of Jiyang depression, Shandong, China [J]. *Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition*, 2008, 35(5): 512-516.
- [16] 张波. 济阳坳陷孤北潜山下古生界油气富集特征[J]. *内蒙古石油化工*, 2023, 49(3): 116-120.
- ZHANG Bo. Characteristics of Paleozoic oil and gas enrichment under the Gubei buried mountain in Jiyang Depression [J]. *Inner Mongolia Petrochemical Industry*, 2023, 49(3): 116-120.
- [17] 林会喜, 熊伟, 王勇, 等. 济阳坳陷埕岛潜山油气成藏特征[J]. *油气地质与采收率*, 2021, 28(1): 1-9.
- LIN Huixi, XIONG Wei, WANG Yong, et al. Hydrocarbon accumulation in Chengdao buried hill of Jiyang Depression [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2021, 28(1): 1-9.
- [18] 薛罗, 马轮, 史忠生, 等. 南苏丹 Melut 盆地 Ruman 潜山构造演化及其对油气成藏的控制作用[J]. *油气地质与采收率*, 2022, 29(2): 53-60.
- XUE Luo, MA Lun, SHI Zhongsheng, et al. Tectonic evolution and its influence on hydrocarbon accumulation of Ruman buried hill in Melut Basin, South Sudan [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2022, 29(2): 53-60.
- [19] 鞠俊成. 辽河坳陷西部凹陷潜山油气输导体系特征[J]. *特种油气藏*, 2022, 29(4): 55-61.
- JU Juncheng. Hydrocarbon transmission system characteristics of buried hills in West Sag, Liaohe of Depression [J]. *Special Oil & Gas Reservoirs*, 2022, 29(4): 55-61.
- [20] 张芷晴, 刘华, 马立驰, 等. 渤海湾盆地济阳坳陷潜山油气藏成藏期次和过程——来自储层流体包裹体的证据[J]. *石油实验地质*, 2022, 44(1): 129-138.
- ZHANG Zhiqing, LIU Hua, MA Lichi, et al. Characteristics of reservoir fluid inclusions and hydrocarbon charging process in the Dawangzhuang buried hill zone of Jiyang Depression, Bohai Bay Basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2022, 44(1): 129-138.
- [21] 胡志伟, 吕丁友, 王德英, 等. 渤海海域前新生代关键构造期变形特征与潜山油气成藏意义[J]. *中国海上油气*, 2023, 35(1): 50-62.
- HU Zhiwei, LÜ Dingyou, WANG Deying, et al. Deformation characteristics of critical tectonic periods during pre-Cenozoic and significance of buried hill hydrocarbon accumulation in the Bohai sea area [J]. *China Offshore Oil and Gas*, 2023, 35(1): 50-62.
- [22] LI Jianhua, ZHANG Yueqiao, DONG Shuwen, et al. Structural and geochronological constraints on the Mesozoic tectonic evolution of the North Dabashan Zone, South Qinling, Central China [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2013, 64: 99-114.
- [23] LI Sanzhong, KUSKY Timothy M, WANG Lu, et al. Collision leading to multiple-stage large-scale extrusion in the Qinling Orogen: Insights from the Mianlue suture [J]. *Gondwana Research*, 2007, 12: 121-143.
- [24] 兰浩圆, 李三忠, 李玺瑶, 等. 华北东部印支期变形特征: 对大陆深俯冲极性的启示[J]. *地学前缘*, 2017, 24(4): 185-199.
- LAN Haoyuan, LI Sanzhong, LI Xiyao, et al. Indosinian deformation in eastern North China: implications for continental deep subduction polarity [J]. *Earth Science Frontiers*, 2017, 24(4): 185-199.
- [25] 赵越, 张栓宏, 徐刚, 等. 燕山板内变形带侏罗纪主要构造事件[J]. *地质通报*, 2004, 23(9/10): 854-863.
- ZHAO Yue, ZHANG Shuanhong, XU Gang, et al. The Jurassic major tectonic events of the Yanshanian intraplate deformation belt [J]. *Geological Bulletin of China*, 2004, 23(9/10): 854-863.
- [26] 董树文, 张岳桥, 龙长兴, 等. 中国侏罗纪构造变革与燕山运动新诠释[J]. *地质学报*, 2007, 81(11): 1 449-1 461.
- DONG Shuwen, ZHANG Yueqiao, LONG Changxing, et al. Jurassic tectonic revolution in China and new interpretation of the Yanshan Movement [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2007, 81(11): 1 449-1 461.
- [27] 朱光, 刘程, 顾承申, 等. 郯庐断裂带晚中生代演化对西太平洋俯冲历史的指示[J]. *中国科学: 地球科学*, 2018, 48(4): 415-435.
- ZHU Guang, LIU Cheng, GU Chengchuan, et al. Oceanic plate subduction history in the western Pacific Ocean: Constraint from late Mesozoic evolution of the Tan-Lu Fault Zone [J]. *Science China: Earth Sciences*, 2018, 48(4): 415-435.
- [28] 吴智平, 侯旭波, 李伟. 华北东部地区中生代盆地格局及演化过程探讨[J]. *大地构造与成矿学*, 2007, 31(4): 385-399.
- WU Zhiping, HOU Xubo, LI Wei. Discussion on Mesozoic basin patterns and evolution in the eastern North China Block [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2007, 31(4): 385-399.
- [29] 侯旭波, 吴智平, 李伟. 济阳坳陷中生代负反转构造发育特征[J]. *中国石油大学学报: 自然科学版*, 2010, 34(1): 18-23, 28.
- HOU Xubo, WU Zhiping, LI Wei. Development characteristics of Mesozoic negative inversion structures in Jiyang depression [J]. *Journal of China University of Petroleum: Edition of Natural Science*, 2010, 34(1): 18-23, 28.
- [30] 罗霞. 埕岛地区古生界构造和地层多样性及形成机制[J]. *西南石油大学学报: 自然科学版*, 2018, 41(2): 1-9.
- LUO Xia. The formation mechanism of Paleozoic tectonic and stratigraphic diversity in Chengdao area [J]. *Journal of Southwest Petroleum University: Science & Technology Edition*, 2018, 41(2): 1-9.
- [31] 吴笑荷. 潜山复杂断裂描述技术——以渤海湾盆地济阳坳陷桩海地区为例[J]. *石油实验地质*, 2018, 40(3): 439-447.
- WU Xiaohe. Complex fault interpretation of buried hills: A case study of Zhuanghai region in Jiyang Depression, Bohai Bay Basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2018, 40(3): 439-447.
- [32] 朱日祥, 陈凌, 吴福元, 等. 华北克拉通破坏的时间、范围与机制[J]. *中国科学: 地球科学*, 2011, 41(5): 583-592.
- ZHU Rixiang, CHEN Ling, WU Fuyuan, et al. Timing, scale and mechanism of the destruction of the North China Craton [J]. *Science China Earth Sciences*, 2011, 41(5): 583-592.