渤海湾盆地束鹿凹陷古生界碳酸盐岩潜山隐蔽型圈闭识别新思路及其勘探成效

张宏伟[1,2]，庞雄奇[1*]，王鹏[2]，陈杰[2]，杨丽丽[3]，万照飞[2]

1. 中国石油大学（北京）地球科学学院，北京 102249；
2. 中国石油东方地球物理公司研究院地质研究中心，河北 涿州 072751；
3. 中国石油东方地球物理公司塔里木物探处方法研究所，新疆 库尔勒 841000

第一作者，E-mail：zhanghw2@cnpc.com.cn

* 通信作者，E-mail：pangxq@cup.edu.cn

2025-01-06 收稿；2025-05-08 修回；2025-05-23 接受

基金项目：中国石油天然气股份有限公司科技重大专项“华北油田持续稳产勘探开发关键技术研究与应用”（2017E-15）

中图分类号：P618.13　　文章编号：2096-8523(2025)03-0029-14　　doi: 10.19509/j.cnki.dzkq.tb20250006

摘　要：渤海湾盆地束鹿凹陷隐蔽型潜山具有圈闭识别难度大、成藏条件不清的问题，导致潜山勘探多年无法取得显著进展，亟需重新梳理勘探思路。以地质模式为导向，处理−解释一体化攻关，针对束鹿凹陷西斜坡下古生界碳酸盐岩高阻抗岩性体覆盖区潜山的识别，进一步深化西部斜坡带断裂解释和潜山成藏条件认识，构思了“断槽−冲蚀沟侧向遮挡”新型潜山成藏新模式。研究表明：针对局部目标攻关处理，应用速度模拟识别潜山顶面，采用各向异性叠前深度偏移技术提高了潜山内幕成像质量；低通滤波处理后，其内幕断层断点更加清晰，在斜坡带潜山顶面新发现断层 50 多条，发现和落实奥陶系有利圈闭 30 多个，圈闭面积增加近 20 km^2，JG21x 等多口井在潜山获得高产油流；新的成藏模式打破了早期凹陷西斜坡带潜山为勘探空白区的认识，新型潜山油藏埋藏浅、产量高，成为华北探区效益新勘探有利区。通过地震资料处理、解释一体化攻关，得到高质量地震资料，在新地质模式指导下构思新型潜山成藏模式，这一勘探思路对高成熟探区的潜山勘探具有重要借鉴意义。

关键词：冀中坳陷；束鹿凹陷；西部斜坡带；潜山圈闭；成藏模式；碳酸盐岩

隐蔽型潜山油气藏是指在现有油气勘探技术条件下，难以被识别和研究的一种特殊油气藏类型[1]，该种油气藏具有埋藏深、圈闭落实难度大和成藏条件不清等特点[2]。赵贤正等[3]将隐蔽型潜山油气藏定义为受地震资料品质、勘探技术方法、成藏条件复杂性以及研究认识程度限制，圈闭识别描述难度大、成藏模式更加复杂、油气聚集富集程度的预测与认识难度大的潜山油气藏。随着我国油气勘探事业的发展，含油气盆地浅层油气勘探程度高，深层是后期增储上产的重要油气勘探领域[2,4]。聚焦于渤海湾盆地冀中坳陷，潜山油气资源一直是该区域重要的勘探开发对象[5]。近年来，冀中坳陷北部已经发现了众多潜山油气藏，并且当前的勘探对象正逐渐转向隐蔽深潜山和潜山内幕油气藏，这使得勘探难度不断增加。

自 1977 年冀中坳陷束鹿凹陷西部斜坡带 J7 井潜山取得突破后，持续以 J7 井不整合岩性模式寻找潜山油藏，相继钻井 22 口全部失利，但潜山油气显示非常活跃且具备勘探潜力。1985 年在东部洼槽带以块状潜山模式开展研究，先后钻探 JG1、JG2 发现了台家庄、荆丘洼中隆潜山，同时西部斜坡带北部 JG6 井钻探成功，随后束鹿潜山勘探停滞。制约潜山未实现勘探突破主要有 2 个原因：一是西部斜坡

著录信息：张宏伟，庞雄奇，王鹏，等. 渤海湾盆地束鹿凹陷古生界碳酸盐岩潜山隐蔽型圈闭识别新思路及其勘探成效［J］. 地质科技通报，2025，44(3)：29-42.
ZHANG Hongwei，PANG Xiongqi，WANG Peng，et al. New ideas for identifying concealed traps in the Paleozoic carbonate buried-hills of the Shulu Sag in the Bohai Bay Basin and their exploration effectiveness［J］. Bulletin of Geological Science and Technology，2025，44(3)：29-42.

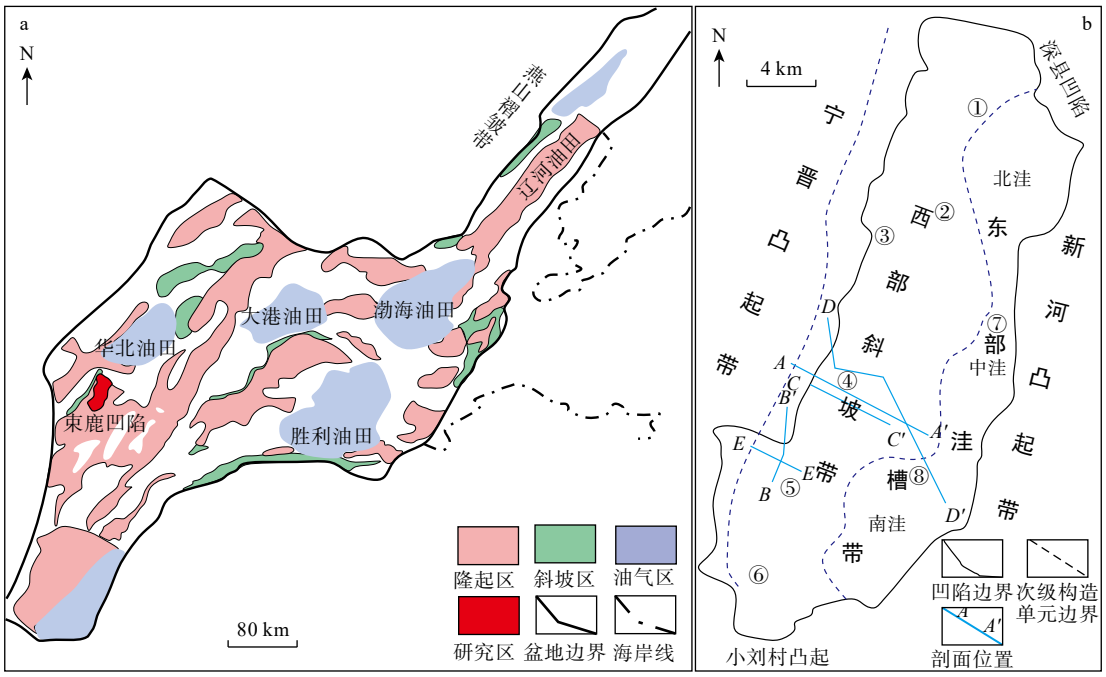
© Editorial Office of Bulletin of Geological Science and Technology. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license.　https://dzkjtb.cug.edu.cn

带为东倾单斜，构造相对简单，潜山断裂少，缺乏有效构造圈闭；潜山顶面被砾岩大面积覆盖，潜山灰岩与上覆高速砾岩体阻抗差异小，未形成明显的阻抗界面，地震剖面上识别困难，且已有地震资料潜山顶面成像精度低，无法准确落实顶面位置。二是潜山油藏成藏模式不清，成藏条件需要深化认识。按照西部斜坡带已发现的潜山“削截–超覆不整合和断块型”成藏模式，其钻探成功率很低，因此重新构思新的潜山成藏模式成为当务之急。借鉴前人研究成果，以济阳坳陷为例，其碳酸盐岩潜山勘探配套技术系列，包括重力和地震勘探联合反演、三维叠前深度偏移和连片处理等提高目标选区和圈闭描述精度的技术，以及井点储层分析描述、井间储层横向预测等提高储层预测能力的技术等[6]；针对塔里木盆地奥陶系深层强非均质碳酸盐岩储层，地震约束建模的波阻抗反演方法，包括纯纵波数据获取、颜色反演实现相对阻抗计算、与测井数据交叉匹配得到绝对阻抗等步骤，能够更细致地刻画碳酸盐岩储层[7]。由此可见，研究区高阻抗碳酸盐岩潜山圈闭的厘定将是潜山勘探突破的关键。

立足于束鹿凹陷潜山勘探实践，在“逢沟必断，逢断有沟”[8]地质模式指导下进行潜山圈闭识别。通过地震资料攻关处理，运用多种手段进行潜山内幕断层解释，在潜山顶面识别出一系列早期断层以及断层上盘冲蚀沟，构思了以奥陶系灰岩为储层，顶部由砂泥岩和泥岩地层封盖，上倾方向由致密角砾岩侧向遮挡的“新生–古储–古堵”的断槽–冲蚀沟遮挡型潜山成藏新模式。该模式指导下，JG21x 等多口井获得工业及高产油流，证实了该种成藏模式的正确性，并对渤海湾盆地潜山勘探具有重要的借鉴意义。

1　区域地质概况

束鹿凹陷位于渤海湾盆地西部，是冀中坳陷南部中、新生代含油气凹陷，勘探面积约 1 200 km^2[9-12]，是在前新生界基底上发育的东断西超单断箕状凹陷[13]。其东以新河断裂为界，南至小刘村凸起，西为斜坡过渡至宁晋凸起，北以衡水断裂与深县凹陷接相[14-16]，平面上，束鹿凹陷自西向东可划分为宁晋凸起带、西部斜坡带、东部洼槽带以及新河凸起带（图 1），其中西部斜坡带东临东部洼槽带，西侧与宁晋凸起相邻[17-19]。按照构造变形样式可以将西部斜坡带自北向南划分为南小陈构造、辛集构造、台西构造、西曹固构造、四芝兰构造以及小刘村构造。南小陈构造、西曹固构造和四芝兰构造是目前的勘探成熟区，已经发现南小陈油田、车城油田，南部小刘村构造变质岩潜山发育。其东侧的东部洼槽带受台家庄构造和荆丘构造 2 个隆起控制分为南、中、北 3 个次洼槽，在台家庄构造和荆丘构造上发现了台家庄油田和荆丘油田。



①南小陈构造；②辛集构造；③台西构造；④西曹固构造；⑤四芝兰构造；⑥小刘村构造；⑦台家庄构造；⑧荆丘构造

图 1　渤海湾盆地主要油田分布图 (a) 和束鹿凹陷构造单元图 (b)

Fig. 1　Distribution map of major oilfield (a) and tectonic units of the Shulu Sag (b) in the Bohai Bay Basin

束鹿凹陷的构造演化可以分成基底地层形成与演化、断陷期、反转期和坳陷期 4 个阶段[20]。前新生代，束鹿凹陷经历了长期、复杂的构造演化，依次沉积了从太古宇到中生界，最终形成新生代断陷盆地的基底。始新世束鹿凹陷处于断陷期，其中沙三段–沙二段沉积时期为强烈断陷期，东部陡坡带为陡坡型三角洲沉积，洼槽带则为湖相砂岩及泥岩沉积，而西部斜坡带主要为缓坡型三角洲沉积。沙一段–东营组沉积时期为断陷末期，沉积了泥岩、膏泥岩、油页岩夹有砂岩层的湖沼相沉积。渐新世末为反转期，发生了大规模区域性抬升活动，冀中坳陷开始进入全面上升阶段，沙一段上段至东营组遭受大面积剥蚀准平原化，并遭受不同程度的剥蚀。新近纪以来为坳陷期，在构造反转后剥蚀夷平的基础上，由于西太平洋板块俯冲带向洋迁移，华北地区的弧后拉张作用减弱[21]。束鹿凹陷整体处于沉降期，馆陶组、明化镇组岩性以砂岩、泥岩、粉砂岩为主，第四系多未胶结，自下而上发育底砾岩、粉砂质黏土层，顶部为耕植土(图 2)。

2　隐蔽型潜山圈闭识别关键技术

束鹿凹陷西部斜坡带潜山断裂少，斜坡单一，构造圈闭不发育，油气成藏模式不清楚，制约着潜山勘探进程。基底地层结构极为复杂，不同地段接触关系和岩性特征变化大，各层界面波阻抗有很大差异，界面清晰度不一致[22]。潜山顶面与上覆角砾岩地层之间存在较小的速度差异，这种差异在地震相体现为中、弱振幅，中等连续反射；角砾岩地层与其上的砂泥岩地层之间存在较大的速度差异，这种差异会清晰显示出波阻抗界面，地震剖面上整体表现为“两谷夹一峰”好连续性、低频、强振幅的反射同向轴，可在全区进行追踪对比。综合来看，束鹿凹陷西斜坡潜山具备隐蔽型潜山特点，对其潜山顶面的识别

地层系统			年龄/Ma	组(段)	钻厚/m	岩性	岩性描述	代表井	接触关系	构造层
新生界	第四系		2.58	平原组	270~610		上部为耕植土，下部为冲洪积杂色黏土，中细砂及含黏土砾石层	JG14		坳陷期
	新近系	上新统	5.3	明化镇组	310~1 180		主要为下细上粗的低弯度河流相砂泥岩沉积			
		中新统		馆陶组	280~620		下部为杂色砾岩和砂砾岩，上部为灰绿色棕红色砂泥岩互层		角度不整合	
	古近系	渐新统	23.0	东营组	240~990		下部为泥岩、砂质泥岩与砂岩互层，中部为泥岩夹薄层砂岩	J97	局部平行不整合	反转期
		始新统	33.7	沙一段	90~639		下部泥岩、油页岩、钙质页岩夹砂岩，上部泥岩夹砂岩为主		局部平行不整合	断陷期
				沙二段	150~496		斜坡区为泥岩与砂岩互层，洼槽区为膏泥岩、薄层泥岩夹砂岩			
				沙三段	500~1 530		主要为深灰色泥岩夹砂岩互层沉积		角度不整合	
中生界			55.0		46~210		以紫红色泥质岩夹灰质粉细砂岩及凝灰质含砾砂岩为主	J90	角度不整合	基底
古生界	二叠系			山西组	240~350		以灰色泥岩、碳质泥岩夹砂岩及煤层为主	JG13		
	石炭系	上石炭统		太原组	20~260		以灰色砂岩、泥岩夹煤层及石灰岩为主			
		下石炭统		本溪组			深灰色泥岩夹灰岩为主，底部为铝土质泥岩		角度不整合	
	奥陶系	中奥陶统		五峰组	130		灰-深灰色、褐灰色厚层石灰岩夹灰质白云岩和白云岩	JG2		
				上马家沟组	350		灰-深灰色石灰岩、白云质灰岩和白云岩夹灰质白云岩			
				下马家沟组	130		深灰色、褐灰色灰岩、白云质灰岩、泥灰岩夹白云岩、泥岩			
		下奥陶统		亮甲山组	130		灰-深灰色泥灰岩或白云质、泥质灰岩			
				治里组	160		灰-深灰石灰岩、白云岩夹泥质灰岩、泥质白云岩、竹叶状灰岩			
	寒武系	上寒武统		凤山组	140		灰色中厚、薄层泥质条带灰岩夹薄层、竹叶状灰岩及黄绿色页岩	J8		
				长山组			竹叶状灰岩为主，其次为泥质条带灰岩、泥质灰岩、灰岩及页岩			
				崮山组			泥质条带灰岩、泥灰岩为主，夹竹叶状灰岩、鲕状灰岩及页岩			
		中寒武统		张夏组	120		以鲕状灰岩为主，其次为灰岩、泥质灰岩及灰岩			
				徐庄组	80		灰色、棕红色泥页岩为主，夹灰岩、泥质灰岩			
		下寒武统		毛庄组	40		棕红色泥岩为主，夹灰色灰岩、鲕状灰岩		角度不整合	
				馒头组	70		紫红色砖红色泥岩、泥质白云岩、泥质灰岩、灰质白云质岩			
新元古界和中元古界	蓟县系		1 400	铁岭组	20~60		下部白云岩，中上部灰岩、隐藻灰岩、海绿石页岩和灰质白云岩	J34		
				洪水庄组	159		中上部以白云岩为主，下部以灰绿色、暗紫红色泥岩为主			
				雾迷山组	397.83		深灰、褐灰色隐藻白云岩、硅质白云岩及硅质岩，夹泥质白云岩			
	长城系		1 800		400~1 000		灰绿色板岩、凝灰岩与灰色石英砂岩	J42		
太古宇							以花岗片麻岩、黑云母花岗片麻岩等为主	JG19		

图 2　束鹿凹陷地层综合柱状图

Fig. 2　Composite stratigraphic column of the Shulu Sag

以及圈闭的刻画存在较大困难(图 3)。

地质学中经常谈及“逢沟必断”[8],顾名思义,山区的沟壑往往是在断层的基础上发育而来,即断层发育的地方是风化剥蚀淋滤最容易的地方。逆向推断若潜山内幕有断层,顶面即有发育冲蚀沟槽的可能。对束鹿凹陷构造演化分析发现,西部斜坡带地层西抬东倾,抬升作用影响下,潜山高部位遭受长期风化剥蚀。因此,通过地震资料精细解释,识别出大量潜山反向正断层,下降盘形成局部低洼古地势,后经古水流冲刷改造形成冲蚀沟,大套砾岩滞留沉积在沟谷底部,则形成侧向封堵[23],可形成断鼻潜山圈闭。在“逢沟必断,逢断有沟”地质模式指导下进行潜山圈闭构思,首先对地震资料进行攻关处理,在优选优势频带,开展速度模拟识别潜山顶面,应用各向异性叠前深度偏移技术提高潜山内幕成像质量。针对潜山的地震资料目标攻关处理,改善了隐蔽型潜山资料品质。新处理地震资料信噪比大幅提高,潜山顶面特征清楚,更易识别,低幅度潜山形态清晰,应用新资料潜山内幕断层断点清楚。因此,对地震资料进行解释,可以反映出沟槽内砾岩反射特征。

2.1　优选三维地震识别技术

针对西部斜坡带潜山内幕与上覆高速砾岩体阻抗差异小,界面不易识别的技术难题,优选应用高密度三维地震采集技术、高阶交错网格声波正演模拟技术、倾斜对称轴的横向各向同性介质(transversely isotropic with a vertical axis of symmetry,简称 TTI)各向异性叠前深度偏移处理技术[22-25],并创新砾岩覆盖区隐蔽型中小潜山识别等配套物探技术,使地震资料品质有了大幅度提升,为后续潜山圈闭识别与构思创造好的基础。

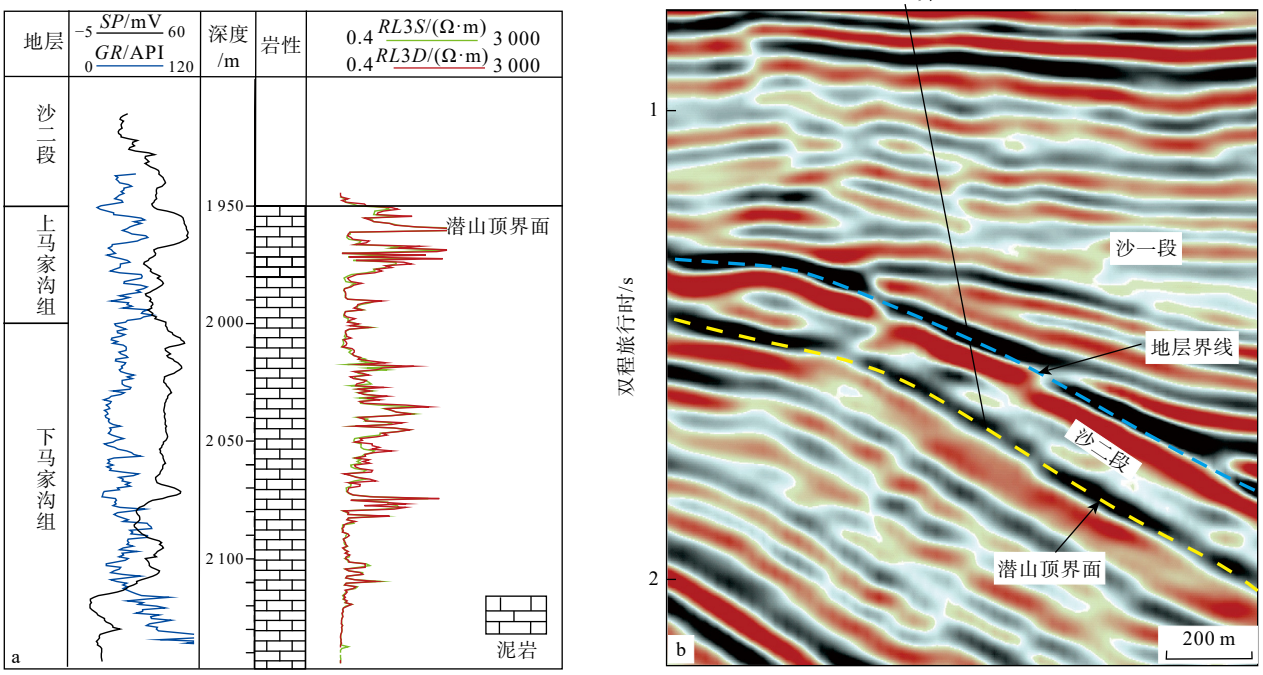
2.2　地质模式指导地震资料处理

目标攻关处理针对局部目标,以地质需求为导向,针对目标区的目的层,优选优势频带,应用速度模拟识别潜山顶面,采用各向异性叠前深度偏移技术提高潜山内幕成像质量。

(1)采用高阶交错网格声波正演模拟技术指导潜山顶面识别。声波波动方程(时间 2 阶,空间 8 阶)更符合地震波实际传播过程,波至类型更加丰富,刻画更准确。正演结果表明在照明范围和能力相同的情况下,主频 25 Hz 更有利于潜山面及上覆砾岩储层的识别(图 4)。

(2)应用 TTI 各向异性叠前深度偏移技术。应用 TTI 叠加深度偏移,使得潜山内幕成像质量提高,井震吻合程度高,井震误差<1%(表 1)。

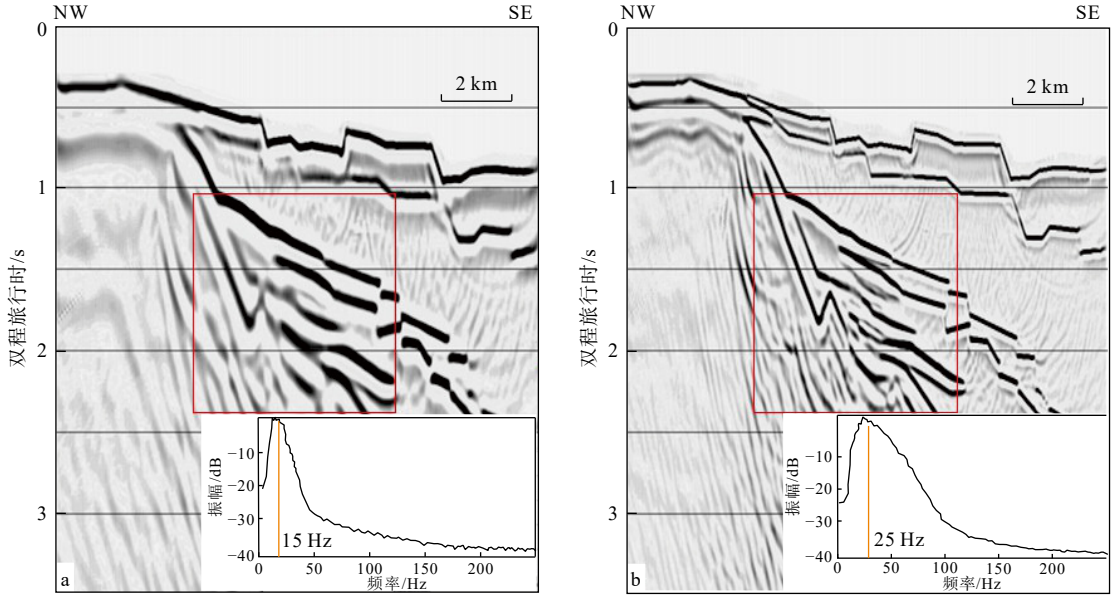
(3)针对潜山的地震资料目标攻关处理,改善隐蔽型潜山资料品质。新处理地震资料信噪比大幅提高,潜山顶面特征清楚,更易识别,低幅度潜山形态清晰(图 5a, b);应用新资料可见潜山内幕断层断点



SP. 自然电位; *GR*. 自然伽马; *RL3S*. 浅三侧向电阻率; *RL3D*. 深三侧向电阻率; 下同

图 3　西部斜坡带潜山结构(a. J18 井合成记录标定; b. 过 J18 井地震剖面)

Fig. 3　Structuere of the buied-hill in the west slope zone



a. 主频 15 Hz; b. 主频 25 Hz; 红色框为 a 和 b 两幅图对比的位置; 下同

图 4　高阶交错网格声波正演模型

Fig. 4　Viscoacoustic forward modeling of high-order taggered grid

表 1　钻至潜山顶面井震误差统计

Table 1　Well-seismic error statistics of the bottopm in the buried-hill

井名	潜山顶面深度/m			井震误差			
	钻井	各项同性地震	各项异性地震	钻井−各项同性地震		钻井−各项异性地震	
				绝对误差/m	相对误差/%	绝对误差/m	相对误差/%
J8	3267	3450	3245	183	5.60	−22	−0.68
J18	1925	1950	1925	25	1.30	0	0
J97	3886	4031	3882	145	3.73	−4	−0.10
J100	3574	3601	3562	27	0.76	−12	−0.34
JG7	2476	2507	2476	31	1.25	0	0
JG21x	1874	1903	1874	29	1.55	0	0
JG22x	1589	1564	1589	−25	−1.57	0	0
JG23x	1507	1563	1507	56	3.72	0	0
JG28x	1620	1598	1624	−22	−1.36	4	0.25

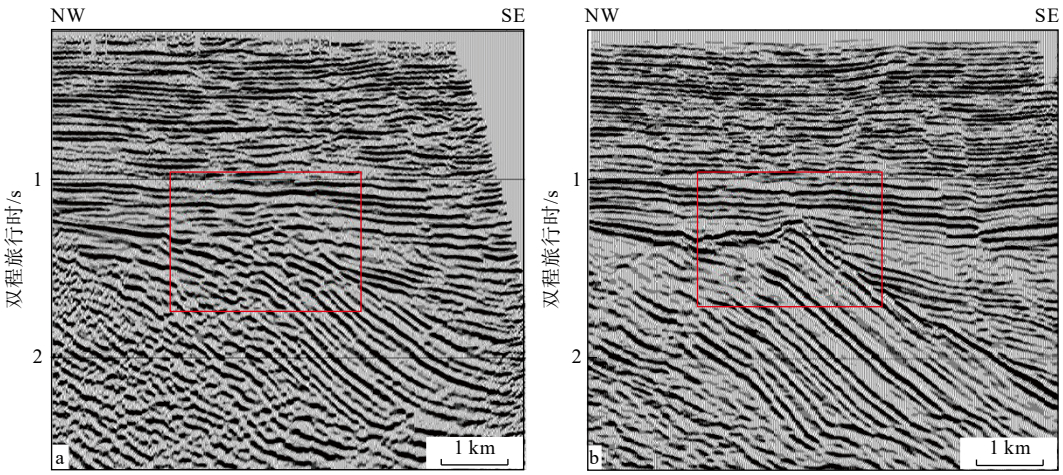


图 5　新老地震资料对比图（a. 老资料；b. 新处理资料）

Fig. 5　Comparison of old and new seismic data

清楚，对地震资料进行解释，可以反映出沟槽内砾岩反射特征(图 6a，b)。

(4)叠后地震滤波处理。在斜坡带高部位，通过叠后地震高通滤波处理后，大套似层状角砾岩，其上倾尖灭点清晰，在剖面上识别角砾岩，落实潜山顶面[26-28]。在斜坡带低部位，通过高通滤波后，角砾岩地震反射规律明显，呈丘状反射特征，潜山不整合特征清晰(图 7a)。低通滤波处理后，其内幕断层断点更加清晰(图 7b)。

3　潜山圈闭识别结果

基于潜山识别新技术，对束鹿凹陷西斜坡潜山进行精细识别。从地震剖面上可以看到，潜山及内幕沉积稳定，地震上主要为层状反射特征，且近似为平行状[29-30]。潜山内幕断层发育，高部位潜山顶面侵蚀，发育古沟槽，内部沉积古近系，反射特征与潜山地层明显不同(图 8)。参考速度谱点–层速度辅助确定古沟槽存在[31-32]。从地震剖面速度谱点上也能发现古

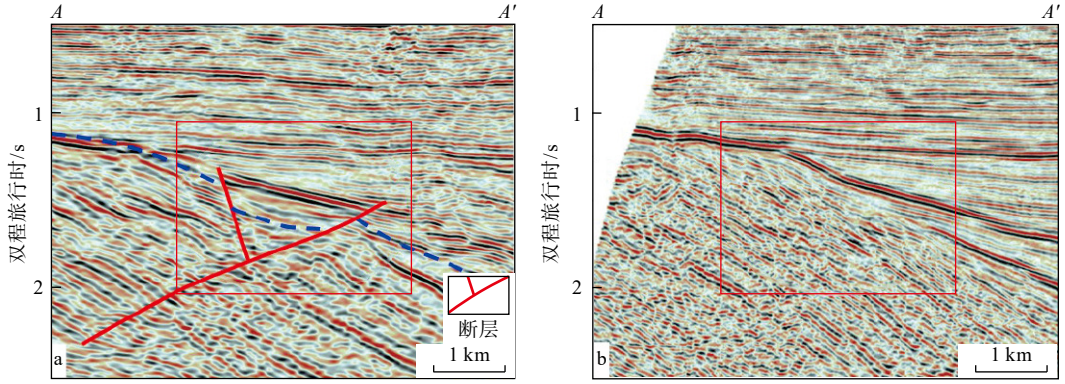


图 6　新 (a) 老 (b) 地震资料解释方案对比图（剖面位置见图 1b，下同）

Fig. 6　Comparison of interpretation schemes for new (a) and old (b) seismic data

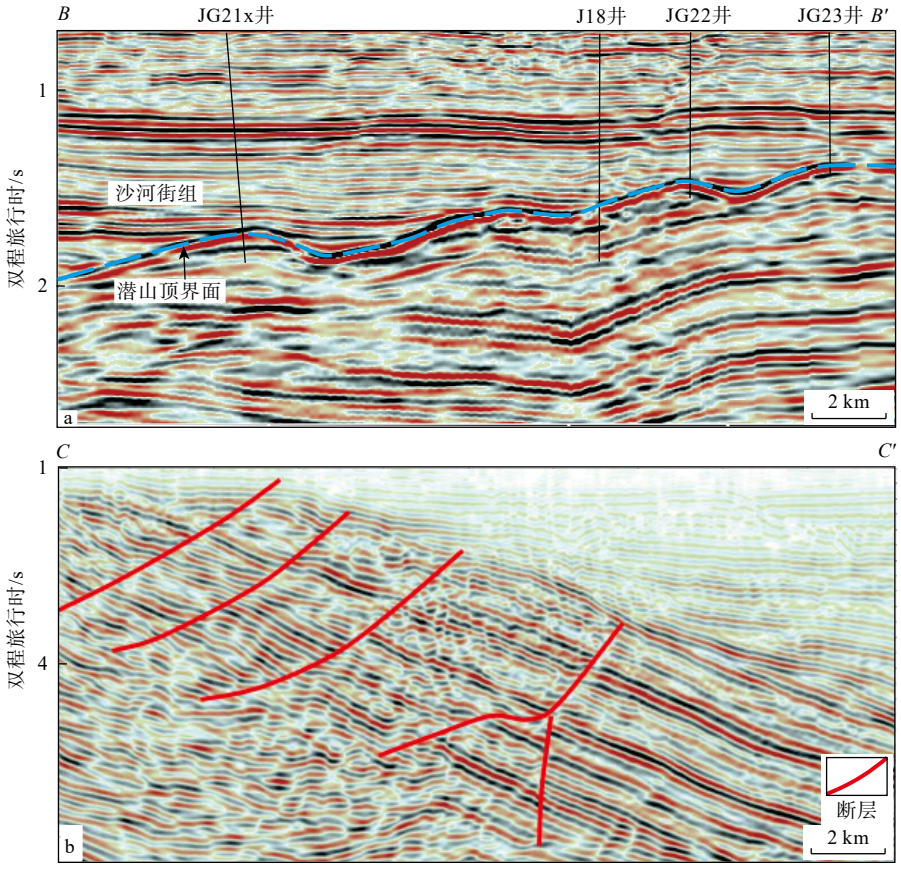


图 7　地震资料叠后滤波处理剖面（a. 高通滤波处理后；b. 低通滤波处理后）

Fig. 7　Post-stack filtering profile of seismic data

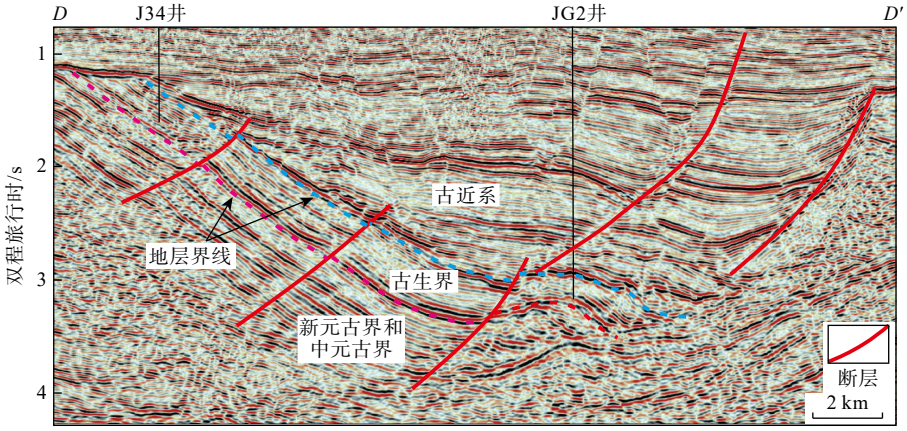


图 8　过 J34-JG2 井连井地震剖面

Fig. 8　Seismic profile along the Well J34-Well JG2 connection

沟槽速度明显低于潜山地层速度，断层上盘古沟槽速度平均在 2 950 m/s，而下盘潜山速度在 3 100 m/s，从而证实古沟槽存在(图 9)。古沟槽下切深度控制潜山圈闭幅度，潜山地层对接古近系泥岩，封堵性好。

结合束鹿凹陷区域背景演化过程，认为燕山期–喜马拉雅期初期西倾正断层控制潜山顶面沟槽发育，利于形成潜山圈闭。通过建立“逢沟必断，逢断有沟”模式，结合地震相，沿沉积期断层发育特征识别沟槽，并指导处理地震解释，识别斜坡带潜山圈闭群。通过对西部斜坡带潜山顶面断裂重新解释和梳理，其顶面构造面貌发生了较大变化，此次研究新发现断层五十多条，新发现有效圈闭三十多个，同时圈闭面积增加近 20 km^2，预测资源量达五千多万 t(图 10)。因潜山圈闭埋藏浅(埋深 1 500 ~ 2 500 m)，如有突破必定是效益勘探有利区。

4　隐蔽型潜山油气藏的勘探启示

4.1　束鹿凹陷隐蔽型潜山具备优势成藏条件

依据隐蔽型潜山识别新技术，落实一系列潜山圈闭，为后期潜山油气成藏规律分析奠定坚实基础。根据束鹿凹陷西部斜坡带奥陶系储层的录、测井资料分析发现，奥陶系储层具溶洞–裂缝型储集特征，灰岩肉眼可见溶洞，成像测井以及薄片鉴定可见基质孔隙和裂缝较发育。潜山储层经过中元古代、新元古代和古生代末期 2 次风化淋滤，延续时间达 3 亿 ~

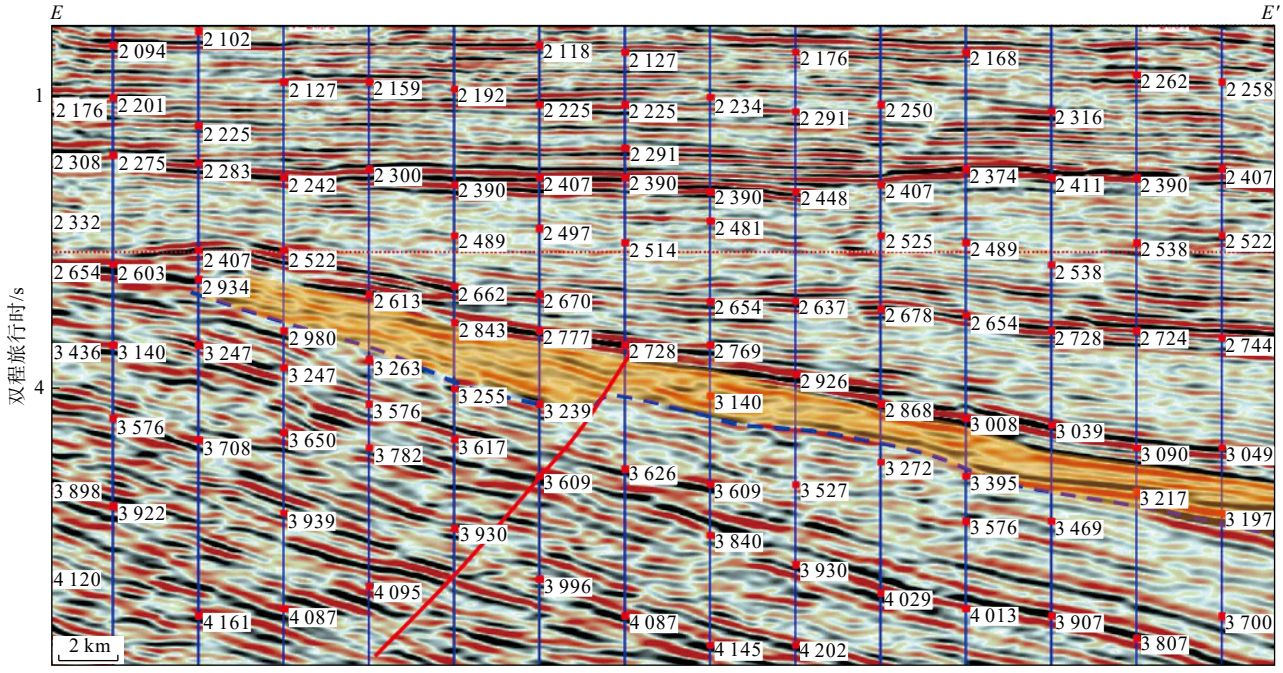


图 9　Line 648 线速度谱剖面图（红色线为断层，图中数字为线速度，单位为 m/s）

Fig. 9　Velocity spectrum section across Line 648

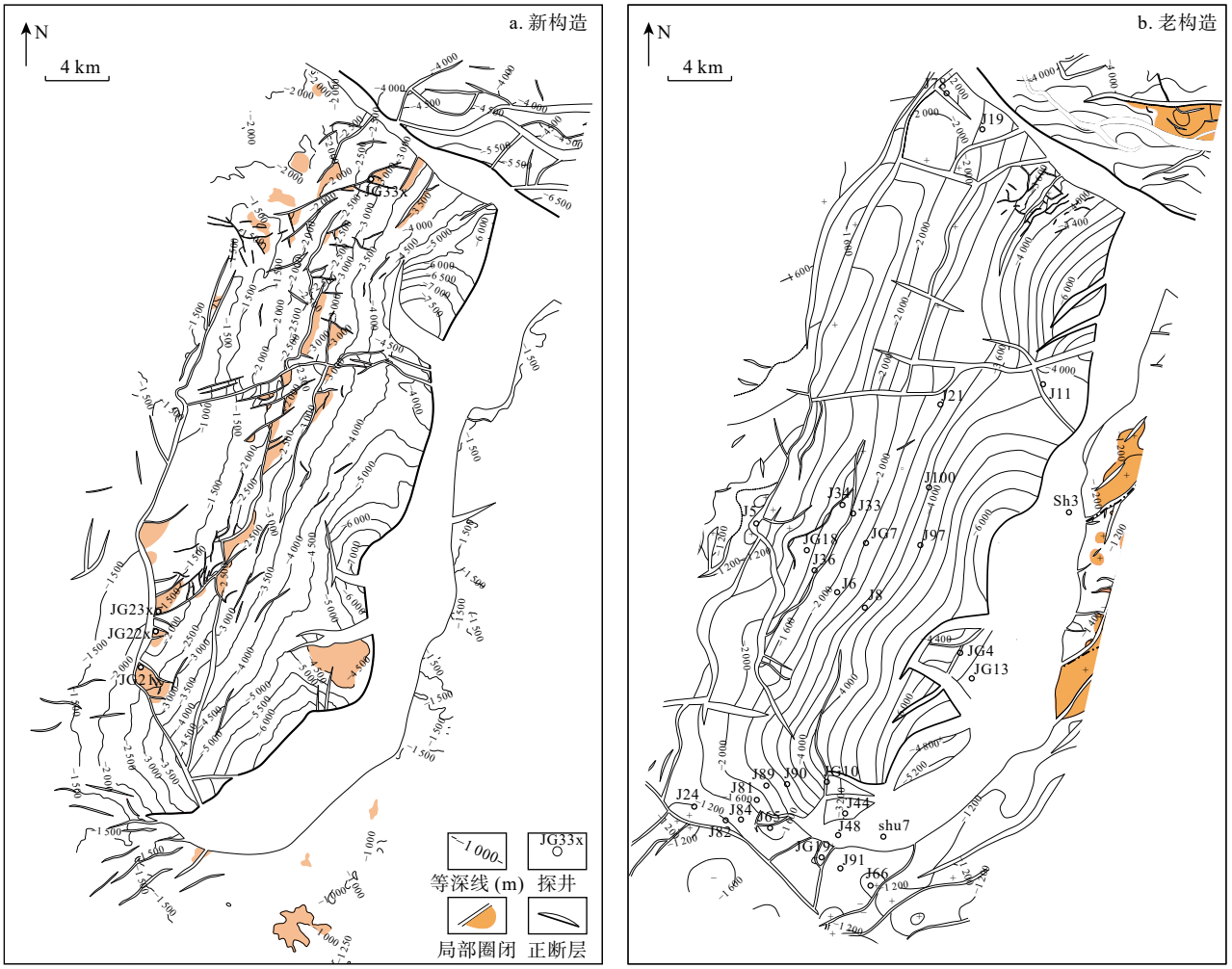


图 10　束鹿凹陷潜山顶面新老构造图对比

Fig. 10　Comparison of the new and old structure maps of the buried-hill's top surface in the Shulu Sag

5 亿 a, 孔缝洞特别发育[33-37]。而古近纪以后的埋藏期仅 60 ~ 40 Ma, 充填堵塞作用较弱, 潜山物性较好, 整体具备规模成藏基础。在针对奥陶系试采过程中发现, 其单井产液量高, J6 井产水 1 976 m^3/d, J7 井产油 33.9 m^3/d, 产水 5 365.7 m^3/d。同时, 潜山圈闭的重新厘定, 进一步拓展凹陷内优势油气储集区带; 冀中坳陷生烃中心多聚集于深凹区, 斜坡带潜山面处于优势迎烃面。因此, 碳酸盐岩隐蔽型潜山一般具备较好的成藏条件, 是重要的勘探方向[38-41]。

4.2　潜山油气成藏新模式指导高效勘探

一直以来, 束鹿凹陷斜坡带基底被认为并不发育断层, 新生界底界面为一个连续的不整合面, 更不会认为有潜山的存在。基于勘探实践经验, 本研究总结出“新生−古储−古堵”的断槽−冲蚀沟型潜山成藏模式, 改变了以往的认识, 进一步指导潜山厘定以及高效油气勘探。束鹿凹陷西斜坡潜山奥陶系灰岩上覆沙一段、沙二段和东营组, 其岩性组合为以泥岩为主的砂泥互层[42-44], 可作为潜山有效盖层。潜山顶面早期断层下降盘的冲蚀沟内沉积的角砾岩, 平均孔隙度为 0.91%, 平均渗透率为 0.1×10^{-3} μm^2。物性总体较差, 测井解释为致密层, 奥陶系裂缝发育, 与角砾岩相比处于低势区, 角砾岩侧向与潜山灰岩储层对接, 可形成侧向封挡。此外斜坡外带渗入的稠油不易渗出, 可形成侧向封堵层。因此, 奥陶系灰岩为储层、致密角砾岩侧向遮挡、上部古近系泥岩为封盖, 整体构成“新生−古储−古堵”的断槽−冲蚀沟型潜山成藏模式[45-46](图 11 中④)。

4.3　钻井验证构思的潜山成藏新模式的正确性

(1)依据构建的潜山成藏新模式而实施的 JG21x 井, 在井深 1 886 m 钻遇潜山, 揭开奥陶系 20 m, 钻至井深 1 884 m 时发生漏失, 储层物性好, 见到较好的油气显示: 油斑 17 m、荧光 3 m; 5 mm 的油嘴试油, 获高产油流, 且后期每天稳产二十几 m^3。JG21x 井潜山圈闭为受早期正断层控制的反向断块圈

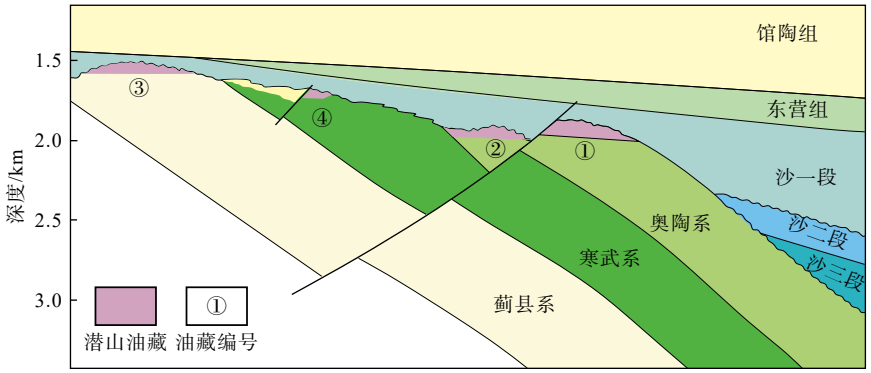


图 11　束鹿凹陷西斜坡成藏模式（① 断层控潜山；②楔状体层状潜山；③残丘潜山；④沟槽控潜山）

Fig. 11　Reservoir model map of the west slope of Shulu sag

闭[47-48]，其储层为奥陶系马家沟组灰岩，圈闭上倾方向受沉积于断层冲蚀沟内的砾岩与泥岩的侧向岩性遮挡(图 12)。JG21x 井的钻探成功，打破了束鹿西斜坡潜山勘探的沉寂，为束鹿西斜坡乃至整个冀中南部潜山勘探提供了新的勘探思路，随后部署的 JG22x、JG23x 以及 JG33x 井相继成功。

(2)钻探的 JG14-1x 井在奥陶系中途测试，获高产工业油流，后期稳产。继 JG14-1x 井钻探成功之后，在其上倾方向高部位钻探了 JG14-2x 井，在奥陶系冶里组–亮甲山组，未见油气显示。在潜山之上钻遇了厚度为六十几 m 的角砾岩，其侧向与 JG14-1x 井奥陶系地层对接(图 13)。从 JG14-1x 与 JG14-2x 井的测试数据分析，位于两者之间的断层必是封堵性非常好的断层，证实了杂基支撑角砾岩可以作为很好的封堵层[49-51]。

5　结　论

(1)成熟探区要取得勘探的突破，需要新的思路。本研究在“逢沟必断，逢断有沟”地质模式指导下进行了潜山成藏新模式构思、圈闭类型调研和识别，并在研究区内寻找油藏模式构建的依据。

(2)创新砾岩覆盖下隐蔽型中小潜山识别技术是成熟探区取得勘探突破的支撑。速度模拟识别潜山顶面、针对局部目标目标攻关处理解决潜山内幕成像质量问题、低通滤波处理可提高内幕断点清晰度。综合应用配套性技术是解决复杂潜山圈闭的关键。

(3)通过地震资料处理、解释一体化攻关，得到了高质量地震资料，在地质模式指导下，构思了潜山成藏新模式，对高成熟探区潜山勘探具有重要的借鉴意义。

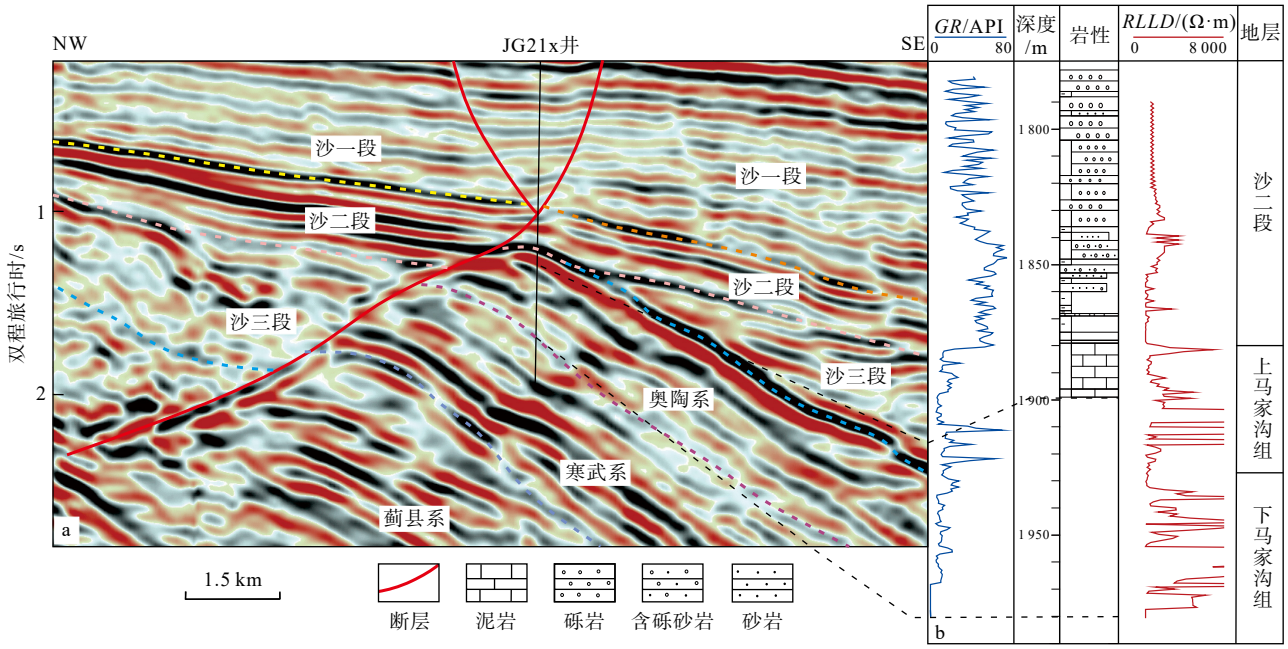


图 12　过 JG21x 井地震剖面图 (a) 和 JG21x 井综合柱状图 (b)（*RLLD*. 深双侧向电阻率，下同）

Fig. 12　Seismic profile across Well JG21x(a) and comprehensive lithology histogram of Well JG21x(b)

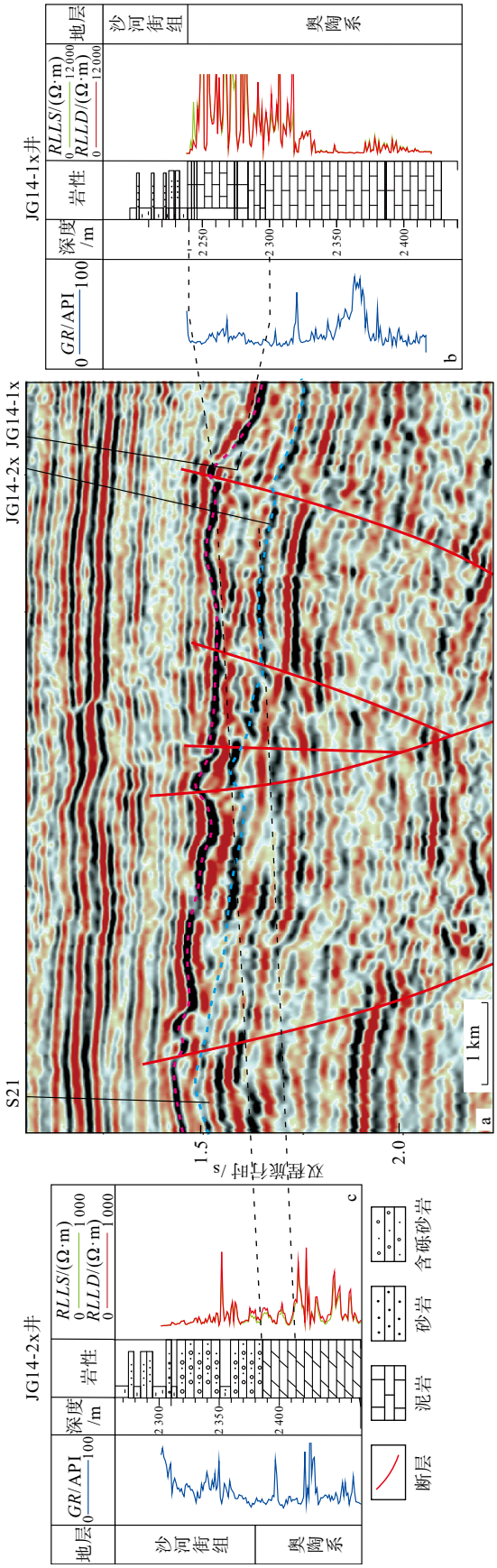


图 13　过 JG14-1x-JG14-2x 井任意线剖面 (a) 和 JG14-1x-JG14-2x 井综合柱状图 (b，c) (*RLLS*. 浅双侧向电阻率)

Fig. 13　Arbitrary line section acrossing Well JG14-1x and Well JG14-2x (a) and comprehensive lithology histogram of Well JG14-1x and Well JG14-2x (b, c)

所有作者声明不存在利益冲突。

The authors declare that no competing interests exist.

参考文献：

[1] 牛嘉玉, 李秋芬, 鲁卫华, 等. 关于“隐蔽油气藏”概念的若干思考 [J]. 石油学报, 2005, 26(2): 122-126.
NIU J Y, LI Q F, LU W H, et al. Discussion on proposition and definition of subtle oil-gas reservoir[J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(2): 122-126. (in Chinese with English abstract)

[2] 庞雄奇, 陈冬霞, 张俊. 隐蔽油气藏的概念与分类及其在实际应用中需要注意的问题 [J]. 岩性油气藏, 2007, 19(1): 1-8.
PANG X Q, CHEN D X, ZHANG J. Concept and categorize of subtle reservoir and problems in its application[J]. Lithologic Reservoirs, 2007, 19(1): 1-8. (in Chinese with English abstract)

[3] 赵贤正, 王权, 金凤鸣, 等. 冀中坳陷隐蔽型潜山油气藏主控因素与勘探实践 [J]. 石油学报, 2012, 33(增刊 1): 71-79.
ZHAO X Z, WANG Q, JIN F M, et al. Main controlling factors and exploration practice of subtle buried-hill hydrocarbon reservoir in Jizhong Depression[J]. Acta Petrolei Sinica, 2012, 33(S1): 71-79. (in Chinese with English abstract)

[4] 徐长贵, 杨海风, 王飞龙, 等. 渤海湾盆地海域深层–超深层大型复合潜山油气藏形成条件 [J]. 石油勘探与开发, 2024, 51(6): 1227-1239.
XU C G, YANG H F, WANG F L, et al. Formation conditions of deep to ultra-deep large composite buried-hill hydrocarbon reservoirs in offshore Bohai Bay Basin, China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2024, 51(6): 1227-1239. (in Chinese with English abstract)

[5] 徐长贵, 侯明才, 王粤川, 等. 渤海海域前古近系深层潜山类型及其成因 [J]. 天然气工业, 2019, 39(1): 21-32.
XU C G, HOU M C, WANG Y C, et al. Type and genesis of Pre-Tertiary deep buried hills in the Bohai Sea area[J]. Natural Gas Industry, 2019, 39(1): 21-32. (in Chinese with English abstract)

[6] 李闯, 韩令贺, 杨哲, 等. 深层–超深层海相碳酸盐岩地震勘探技术发展与攻关方向 [J]. 石油地球物理勘探, 2024, 59(2): 368-379.
LI C, HAN L H, YANG Z, et al. Development and tackling directions of seismic exploration technology for deep and ultra-deep marine carbonate rocks[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2024, 59(2): 368-379. (in Chinese with English abstract)

[7] 张远银, 孙赞东, 韩剑发, 等. 地震约束建模的强非均质碳酸盐岩储层波阻抗反演 [J]. 石油地球物理勘探, 2019, 54(6): 1316-1323.
ZHANG Y Y, SUN Z D, HAN J F, et al. Impedance inversion of strongly heterogeneous carbonate reservoir based on amplitude-constrained modeling[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2019, 54(6): 1316-1323. (in Chinese with English abstract)

[8] 周赏, 李艳友, 方海飞, 等. 冀中坳陷斜坡类型及油气成藏认识 [J]. 石油地球物理勘探, 2022, 57(增刊 2): 198-204.
ZHOU S, LI Y Y, FANG H F, et al. Types and hydrocarbon accumulation of slope zones in Jizhong Depression[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2022, 57(S2): 198-204. (in Chinese with English abstract)

[9] ZHAO X Z, JIN F M, WANG Q, et al. Buried-hill play, Jizhong subbasin, Bohai Bay Basin: A review and future propespectivity[J]. AAPG Bulletin, 2015, 99(1): 1-26.

[10] ZHAO X Z, LI Q, JIANG Z X, et al. Organic geochemistry and reservoir characterization of the organic matter-rich calcilutite in the Shulu Sag, Bohai Bay Basin, North China[J]. Marine and Petroleum Geology, 2014, 51: 239-255.

[11] ZHENG L J, WANG C W, JIANG Z X, et al. Classification and reservoir characteristics of lacustrine carbonate conglomerate in the Shulu Sag of the Bohai Bay Basin[J]. Marine and Petroleum Geology, 2024, 164: 106806.

[12] LI Q, YOU X L, JIANG Z X, et al. Lithofacies and reservoir characterization of a source-controlled carbonate succession in a lacustrine rift basin, the Shulu Sag of Bohai Bay Basin, East China[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2020, 192: 107180.

[13] LI Q, YOU X L, JIANG Z X, et al. A type of continuous petroleum accumulation system in the Shulu Sag, Bohai Bay Basin, eastern China[J]. AAPG Bulletin, 2017, 101(11): 1791-1811.

[14] 邱隆伟, 杜蕊, 梁宏斌, 等. 束鹿凹陷碳酸盐角砾岩的成因研究 [J]. 沉积学报, 2006, 24(2): 202-209.
QIU L W, DU R, LIANG H B, et al. The formation of carbonate breccia in Shulu Depression[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(2): 202-209. (in Chinese with English abstract)

[15] 邱隆伟, 马郡, 汪丽芳. 束鹿凹陷古近纪构造活动对沉积作用的影响 [J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(5): 3-6.
QIU L W, MA J, WANG L F. Effect of tectonic movement in Paleogene on sedimentation of Shulu Depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2006, 13(5): 3-6. (in Chinese with English abstract)

[16] 孔冬艳, 沈华, 刘景彦, 等. 冀中坳陷束鹿凹陷横向调节带成因分析 [J]. 中国地质, 2005, 32(4): 690-695.
KONG D Y, SHEN H, LIU J Y, et al. Origin of the transverse accommodation zone of the Shulu subbasin in the Jizhong Depression[J]. Chinese Geology, 2005, 32(4): 690-695. (in Chinese with English abstract)

[17] WANG Q, SUN Y H, ZHANG W F, et al. Structural characteristics and mechanism of the Hengshui accommodation zone in the southern Jizhong subbasin, Bohai Bay Basin, China[J]. Marine and Petroleum Geology, 2022, 138: 105558.

[18] MORLEY C K, NELSON R A, PATTON T L, et al. Transfer zones in the East African rift system and their relevance to hydrocarbon exploration in rifts[J]. AAPG Bulletin, 1990, 74(8): 1234-1253.

[19] MORLEY C K. Developments in the structural geology of rifts over the last decade and their impact on hydrocarbon exploration[J]. Geological Society of London Special Publications, 1995, 80(1): 1-32.

[20] 王丹君. 冀中坳陷束鹿凹陷沙三上亚段层序地层与沉积体系研究 [D]. 昆明: 昆明理工大学, 2021.
WANG D J. Sequence stratigraphy and depositional system of Es_3^s in Shulu Sag, Jizhong Depression[D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2021. (in Chinese with English abstract)

[21] 陆诗阔, 李继岩, 吴孔友, 等. 冀中坳陷潜山构造演化特征及其石油地质意义 [J]. 石油天然气学报, 2011, 33(11): 35-40.
LU S K, LI J Y, WU K Y, et al. Tectonic evolution of buried hill in Jizhong Depression and the petroleum geological significance[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2011, 33(11): 35-40. (in Chinese with English abstract)

[22] 吴东胜, 陈林. 束鹿凹陷潜山地层分布特征及有利区预测 [J]. 特种油气藏, 2018, 25(1): 1-4.
WU D S, CHEN L. Buried-hill strata distribution and favorable area prediction in Shulu Sag[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2018, 25(1): 1-4. (in Chinese with English abstract)

[23] 朱洁琼, 张以明, 黄远鑫, 等. 冀中坳陷束鹿凹陷潜山多样性油气成藏特征 [J]. 中国石油勘探, 2019, 24(6): 791-798.
ZHU J Q, ZHANG Y M, HUANG Y X, et al. The hydrocarbon accumulation characteristics of diverse buried hills in the Shulu Sag, Jizhong Depression[J]. China Petroleum Exploration, 2019, 24(6): 791-798. (in Chinese with English abstract)

[24] 吴超, 许安明, 尚江伟, 等. TTI 各向异性叠前深度偏移技术在库车复杂山地的应用 [J]. 新疆石油地质, 2019, 40(1): 103-107.
WU C, XU A M, SHANG J W, et al. Application of TTI anisotropic prestack depth migration technology in complex mountain areas of Kuqa Depression[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2019, 40(1): 103-107. (in Chinese with English abstract)

[25] 李亚林. 超深层油气地震勘探技术进展 [J]. 石油地球物理勘探, 2024, 59(4): 915-924.
LI Y L. Ultra-deep oil and gas reservoir seismic prospecting technologies progress[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2024, 59(4): 915-924. (in Chinese with English abstract)

[26] 吕丙南, 陈学华, 吴昊杰, 等. 复杂碳酸盐岩缝洞型储层的地震精细预测方法 [J]. 石油物探, 2024, 63(2): 426-436.
LV B N, CHEN X H, WU H J, et al. A fine seismic prediction method for complex carbonate fractured-vuggy reservoirs[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2024, 63(2): 426-436. (in Chinese with English abstract)

[27] 傅艳莉, 李超, 陈浩, 等. 基于各向异性扩散滤波及属性分析的断缝体识别方法研究 [J]. 地球物理学进展, 2023, 38(3): 1107-1118.
FU Y L, LI C, CHEN H, et al. Study of fault-fracture identification method based on anisotropic diffusion filtering and attribute analysis[J]. Progress in Geophysics, 2023, 38(3): 1107-1118. (in Chinese with English abstract)

[28] 吴静. 珠江口盆地恩平凹陷北部隆起区油气远源富集与主控因素 [J]. 地质科技通报, 2022, 41(4): 117-124.
WU J. Key factors of far-source hydrocarbon enrichment in the northern uplift area of Enping Sag in Pearl River Mouth Basin[J]. Bulletin of Geological Science and Technology, 2022, 41(4): 117-124. (in Chinese with English abstract)

[29] 张锐锋, 田建章, 黄远鑫, 等. 冀中坳陷奥陶系潜山油气藏形成条件与成藏模式 [J]. 地学前缘, 2023, 30(1): 45-54.
ZHANG R F, TIAN J Z, HUANG Y X, et al. Formation conditions and reservoir forming models of Ordovician buried hill reservoirs in the Jizhong Depression[J]. Earth Science Frontiers, 2023, 30(1): 45-54. (in Chinese with English abstract)

[30] 刘念, 邱楠生, 秦明宽, 等. 冀中坳陷束鹿潜山带油气成藏主控因素与成藏模式 [J]. 地质学报, 2023, 97(3): 897-910.
LIU N, QIU N S, QIN M K, et al. Main controlling factors and models of hydrocarbon accumulation in the Shulu buried-hill belt, Jizhong Depression, Bohai Bay Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2023, 97(3): 897-910. (in Chinese with English abstract)

[31] 叶迪, 王晓涛, 郑伟, 等. 准噶尔盆地南缘“双复杂”区全层系精细层速度研究及应用 [J]. 新疆地质, 2021, 39(2): 332-335.
YE D, WANG X T, ZHENG W, et al. Research and application of fine interval velocity of whole series in "double complex" area in southern margin of Junggar Basin[J]. Xinjiang Geology, 2021, 39(2): 332-335. (in Chinese with English abstract)

[32] 虞永征, 杨长清. 东海陆架盆地南部区域地震速度分析 [J]. 海洋地质前沿, 2018, 34(4): 63-70.
YU Y Z, YANG C Q. Analysis of velocity data from the south of East China Sea shelf basin[J]. Marine Geology Frontiers, 2018, 34(4): 63-70. (in Chinese with English abstract)

[33] FENG J W, QU J H, WAN H Q, et al. Quantitative prediction of multiperiod fracture distributions in the Cambrian-Ordovician buried hill within the Futai Oilfield, Jiyang Depression, East China[J]. Journal of Structural Geology, 2021, 148: 104359.

[34] YANG R Z, ZHAO X Z, LIU H T, et al. Hydrocarbon charging and accumulation in the Permian reservoir of Wangguantun buried hill in Huanghua Depression, Bohai Bay Basin, China[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2021, 199: 108297.

[35] XIANG P F, JI H C, SHI Y Q, et al. Characteristics, diagenesis, controlling factors and formation mechanism of deep-burial Ordovician carbonate reservoirs in the Yangshuiwu area, Jizhong Depression, Bohai Bay Basin[J]. Arabian Journal for Science and Engineering, 2023, 48(1): 645-663.

[36] ZHANG R F, TIAN J Z, HUANG Y X, et al. Formation conditions and reservoir-forming models of the Ordovician buried hill reservoirs in the Jizhong Depression[J]. Earth Science Frontiers, 2023, 30(1): 229-241.

[37] LU J J, SHAN X L, YI J, et al. Characteristics, controlling factors and reservoir quality implications of inner fracture zones in buried hills of Archean covered metamorphic rock in Block 13-2, Bozhong Depression[J]. Energies, 2024, 17(6): 1345.

[38] 蔡忠贤, 于聪灵, 杨海军, 等. 轮古西奥陶系古潜山油藏油水界面的分布规律和控制机理 [J]. 地质科技通报, 2020, 39(1): 130-136.
CAI Z X, YU C L, YANG H J, et al. Distribution and differential entrapment mechanism of the oil-water interface within Ordovician in the west part of Lungu buried hill oil field[J]. Bulletin of Geological Science and Technology, 2020, 39(1): 130-136. (in Chinese with English abstract)

[39] 王文庆, 李廷辉, 李洪革, 等. 渤海湾盆地黄骅坳陷寒武系–奥陶系潜山内幕油气成藏条件及勘探方向 [J]. 地质科技通报, 2025, 44(3): 17-28.
WANG W Q, LI T H, LI H G, et al. Petroleum accumulation conditions and exploration direction in the Cambrian-Ordovician buried-hills of Huanghua Depression, Bohai Bay Basin[J]. Bulletin of Geological Science and Technology, 2025, 44(3): 17-28. (in Chinese with English abstract)

[40] 张捷, 于海波, 彭靖淞, 等. 断陷盆地陡坡带新近系目标圈闭优势

运移路径与汇聚能力分析：以渤海海域庙西北凸起东侧陡坡带为例 [J]. 地质科技通报, 2024, 43(2)：52-61.
ZHANG J, YU H B, PENG J S, et al. Analysis on migration path and convergence ability of Neogene target traps in steep belt of rifted basin: A case study of the eastern steep slope of the Miaoxibei uplift in Bohai Sea[J]. Bulletin of Geological Science and Technology, 2024, 43(2)：52-61.（in Chinese with English abstract）

[41] 陈长伟, 陈家旭, 柴公权, 等. 黄骅坳陷深凹区油气成藏条件与富集模式 [J]. 地质科技通报, 2025, 44(3)：2-16.
CHEN C W, CHEN J X, CHAI G Q, et al. Hydrocarbon accumulation conditions and enrichment models in the deep subsug zone of the Huanghua Depression[J]. Bulletin of Geological Science and Technology, 2025, 44(3)：2-16.（in Chinese with English abstract）

[42] 杨一珉, 罗健, 徐云龙, 等. 渤南低凸起下古生界碳酸盐岩潜山储层特征及控制因素 [J]. 断块油气田, 2020, 27(4)：448-453.
YANG Y M, LUO J, XU Y L, et al. Reservoir characteristics and controlling factors of carbonate buried hill in the Lower Paleozoic of Bonan low uplift[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2020, 27(4)：448-453.（in Chinese with English abstract）

[43] 高楠安, 汪新伟, 梁海军, 等. 冀中坳陷束鹿凹陷地热系统成因模式 [J]. 高校地质学报, 2022, 28(6)：920-932.
GAO N A, WANG X W, LIANG H J, et al. Genetic mechanism of the geothermal system in Shulu Sag, Jizhong Depression[J]. Geological Journal of China Universities, 2022, 28(6)：920-932.（in Chinese with English abstract）

[44] 张津宁, 付立新, 周建生, 等. 渤海湾盆地黄骅坳陷古潜山的宏观展布特征与演化过程 [J]. 地质学报, 2019, 93(3)：585-596.
ZHANG J N, FU L X, ZHOU J S, et al. Macroscopic distribution characteristics and evolution process of buried hill in the Huanghua Depression, Bohai Bay Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2019, 93(3)：585-596.（in Chinese with English abstract）

[45] 王鹏, 张宇飞, 杨丽丽, 等. 冀中坳陷束鹿凹陷潜山分类与成藏模式 [J]. 现代地质, 2022, 36(5)：1230-1241.
WANG P, ZHANG Y F, YANG L L, et al. Tectonic characteristics and hydrocarbon accumulation models of the buried-hill in Shulu Sag, Jizhong Depression[J]. Geoscience, 2022, 36(5)：1230-1241.（in Chinese with English abstract）

[46] 韩国猛, 牟连刚, 董越崎, 等. 歧口凹陷板桥斜坡区新生代断裂特征及油气地质意义 [J]. 地质科技通报, 2020, 39(6)：1-9.
HAN G M, MOU L G, DONG Y Q, et al. Cenozoic fault characteristics and petroleum geological significance in Banqiao slope area of Qikou Depression[J]. Bulletin of Geological Science and Technology, 2020, 39(6)：1-9.（in Chinese with English abstract）

[47] 黄远鑫, 鱼占文, 张骜, 等. 束鹿凹陷西斜坡潜山成藏主控因素与成藏模式 [J]. 特种油气藏, 2018, 25(6)：60-64.
HUANG Y X, YU Z W, ZHANG A, et al. Main-controlling factors and hydrocarbon accumulation patterns of the buried-hill reservoirs in the western slope of Shulu Sag[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2018, 25(6)：60-64.（in Chinese with English abstract）

[48] 李虹霖, 郭涛, 张如才, 等. 辽西凸起斜坡区风化壳油气运移特征及控藏作用 [J]. 地质科技通报, 2022, 41(4)：109-116.
LI H L, GUO T, ZHANG R C, et al. Hydrocarbon migration characteristics and its controlling effect on hydrocarbon accumulation of weathering crust in slope area of Liaoxi uplift[J]. Bulletin of Geological Science and Technology, 2022, 41(4)：109-116.（in Chinese with English abstract）

[49] 于春勇, 武建良, 陈佩磊, 等. 饶阳凹陷武强地区新生代断裂构造特征及其控藏作用 [J]. 地质科技情报, 2019, 38(2)：81-88.
YU C Y, WU J L, CHEN P L, et al. Characteristics of Cenozoic faults in Wuqiang area of Raoyang Sag and their control on hydrocarbon accumulation[J]. Geological Science and Technology Information, 2019, 38(2)：81-88.（in Chinese with English abstract）

[50] 曾联波, 巩磊, 宿晓岑, 等. 深层-超深层致密储层天然裂缝分布特征及发育规律 [J]. 石油与天然气地质, 2024, 45(1)：1-14.
ZENG L B, GONG L, SU X C, et al. Natural fractures in deep to ultra-deep tight reservoirs: Distribution and development[J]. Oil & Gas Geology, 2024, 45(1)：1-14.（in Chinese with English abstract）

[51] 宁博, 李百强, 吴珍珍, 等. 塔里木盆地中央隆起带寒武系-奥陶系白云岩成岩相及其地球化学特征 [J]. 地质科技通报, 2022, 41(4)：46-56.
NING B, LI B Q, WU Z Z, et al. Diagenetic facies of dolomite and geochemical characteristics across the Cambrian-Ordovician transitions in the Central Uplift Zone, Tarim Basin[J]. Bulletin of Geological Science and Technology, 2022, 41(4)：46-56.（in Chinese with English abstract）

Summary for “渤海湾盆地束鹿凹陷古生界碳酸盐岩潜山隐蔽型圈闭识别新思路及其勘探成效”

New ideas for identifying concealed traps in the Paleozoic carbonate buried-hills of the Shulu Sag in the Bohai Bay Basin and their exploration effectiveness

ZHANG Hongwei[1,2], PANG Xiongqi[1*], WANG Peng[2], CHEN Jie[2], YANG Lili[3], WAN Zhaofei[2]

1. College of Geosiences, China University of Petroleum (Beijing), Beijing 102249, China;
2. Geological Research Center, GRI, BGP Inc., CNPC, Zhuozhou Hebei 072751, China;
3. Geophysical Research Institute, Tarim Geological Division, CNPC, Korla Xinjiang 841000, China

First author, E-mail: zhanghw2@cnpc.com.cn

* Corresponding author, E-mail: pangxq@cup.edu.cn

Abstract: [**Objective**] The hidden buried-hills in the Shulu Sag of the Bohai Bay Basin face challenges such as difficult trap identification and unclear reservoir conditions, leading to limited progress in buried-hill exploration over recent years. Consequently, it is essential to reorganize the exploration strategies. [**Methods**] This study is guided by geological modeling and emphasizes the integration of seismic processing and interpretation. The aim is to deepen the understanding of fault interpretation and reservoir formation conditions within the coverage area of the Lower Paleozoic carbonate rocks on the western slope of the Shulu Sag. A new model of buried-hill reservoir formation, termed "fault trough erosion ditch lateral obstruction" is proposed. [**Results**] The research demonstrates that processing, including velocity simulation, effectively identifies the top surface of the buried-hill. Additionally, anisotropic pre-stack depth migration technology enhances the imaging quality of the buried-hill's interior, while low-pass filtering clarifies internal fault breakpoints. Over 50 new faults have been identified on the top surface of the slope belt buried-hill, and more than 30 favorable traps within the Ordovician system have been identified and confirmed, resulting in an increased trap area of nearly 20 km^2. Several wells, such as Well JG21x, have achieved high-yield oil flows within the buried-hill. The novel reservoir formation model challenges previous notions that the buried-hills on the western slope of the depression were non-exploratory targets. The newly proposed model suggests these reservoirs are shallow-buried with high productivity, becoming a promising area for exploration in North China. High-quality seismic data have been obtained through combined seismic data processing and interpretation. Guided by the new geological model, a fresh understanding of buried-hill reservoir formation has been developed. [**Conclusion**] This integrated approach provides valuable reference insights for exploration in highly mature areas with complex buried-hills.

Key words: Jizhong Depression; Shulu Sag; western slope belt; buried-hill trap; accumulation model; carbonate

Received: 2025-01-06; Revised: 2025-05-08; Accepted: 2025-05-23

doi: 10.19509/j.cnki.dzkq.tb20250006