

文章编号: 1009-3850(2009) 03-0056-07

吐哈盆地鄯善地区岩性油气藏特征与勘探目标

黄福喜¹, 陈洪德¹, 唐 静², 陈 旋³, 高 平², 王茂显³

(1. 成都理工大学 沉积地质研究院, 四川 成都 610059; 2. 川庆钻探工程有限公司 地质勘探开发研究院, 四川 成都 610051; 3. 吐哈油田分公司 勘探开发研究院, 新疆 哈密 839009)

摘要: 吐哈盆地鄯善地区岩性油气藏的油层砂体以中薄层为主, 沉积体系控制砂体的展布, 储层物性及含油气性与沉积相带密切相关。在详细研究油气运聚规律和分布特征的基础上, 进行精细层位标定与解释、层序地层分析、储层预测和含油气性预测是本区有效的勘探方法。本文探讨了研究区的油气分布规律与储层预测问题, 指出丘东生烃区是开辟岩性油气藏勘探的新的接替区, 温吉桑构造带是岩性油气藏勘探的有利区, 鄯善地区中北部是岩性油气藏勘探的潜在区。

关键词: 吐哈盆地; 鄯善地区; 岩性油气藏; 地质特征; 勘探目标

中图分类号: TE132.1 文献标识码: A

1 前言

鄯善地区位于吐哈盆地台北凹陷中央(图 1), 面积约 750 km², 平面上主要由丘陵和温吉桑两个呈“弧形”展布的二级构造带组成。弧顶位于鄯善构造, 因而又称为鄯善弧形带。已发现鄯善、丘陵、巴喀、温吉桑、米登和丘东六个以构造性圈闭为主的油气田, 探明油气储量 2×10⁸ t。台北凹陷侏罗系的资源量为 (9.66~14.09) ×10⁸, 鄯善地区岩性油气藏勘探的潜力很大。

2 岩性油气藏的地质特征

2.1 沉积储层特征

中晚三叠世至中侏罗世, 鄯善弧形带的大部处于东南高西北低的缓坡上, 相带发育受台孜鄯善-丘陵和塔克泉温吉桑丘东两大辫状河三角洲体系控制(图 2)。晚侏罗世后, 沉积主要受扇三角洲、冲洪积扇和河流沉积体系控制。弧形带沉积体系演化与储集层发育特征表现为: 中侏罗统下部西山

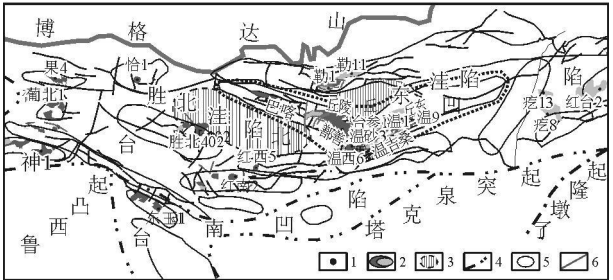


图 1 研究区位置与构造划分简图

1. 油气井; 2 油气田; 3 有效烃源岩分布区; 4 坳陷界线; 5. 构造带; 6 断层

Fig. 1 Location and tectonic division of the Shanshan region

1= oil well; 2= oil field; 3= source rock; 4= depression/uplift boundary; 5= tectonic belt; 6= fault

窑组早期以扇三角洲为主, 西山窑组晚期(西山窑组三、四段沉积期)扇三角洲主要发育在鄯善至温吉桑一带, 是主要储层发育期之一, 岩性为灰色厚层状含砾砂岩夹泥岩。中部三间房组以辫状河三角洲为主, 是最重要的储层, 优质储层主要为三角洲前缘

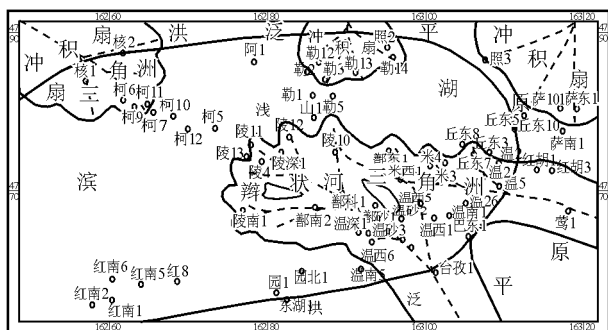


图2 鄯善弧形带及邻区中侏罗统三间房组沉积相分布
Fig 2 Sedimentary facies of the Middle Jurassic Sanjianfang Formation in the Shanshan region

砂体。上部七克台组由小型三角洲、滨浅湖向半深湖亚相过渡,属于相对次要储集层期。晚侏罗统齐古组以滨浅湖沉积体系和河泛平原为主,是区域性盖层。

中侏罗统的七克台组下段、三间房组中上段以及西山窑组三、四段砂岩分布广、厚度大,与区域性分布的齐古组泥岩组成弧形带最有利的油气储集场所。储集层的展布主要受两个南物源沉积体系控制,总体呈现南厚北薄,由南向北逐渐减薄、尖灭,纵向上受沉积体系向南退积的制约,自下而上砂层逐渐减少,厚度减薄。弧形带储集物性以低孔低渗、低孔特低渗为特点,且在三维空间上有明显的差异性,即纵向上储集层物性以三间房组二、三段最好,平面上以温吉桑油田最好,储集物性与沉积体系演化和展布密切相关。

总之,古地理格局控制了鄯善地区储油层的平面展布,储集性具有南部好北部差的特征,油气藏的分布与储集性密切相关。

2.2 油气输导特征

连通性地层、不整合面、开启性断层以及裂缝均可起输导油气的作用,前陆盆地油气运移的主要通道是断层。

吐哈盆地侏罗纪—古近纪早期为再生前陆盆地阶段,而鄯善弧形带是一个基底卷入、多期活动的断褶构造带,不同时期的构造形迹既有继承又有改造^[1-2]。笔者(2005)^[3]恢复了鄯善弧形带古构造演化历史,发现弧形带构造演化受控于盆地构造旋回与应力场,具有多期活动和由中央向两侧自南而北迁移改造的特征:受燕山期北西—南东向挤压应力和喜马拉雅期北北东—南南西向强烈挤压应力场的作用,晚侏罗世末的中燕山运动形成分别依附于巴喀南界断裂、鄯善南界断裂和马红断裂的巴喀、鄯善

和温吉桑背斜构造。晚燕山运动期,断褶构造向北迁移,新生了丘陵和温吉桑断褶构造。晚喜山期,断褶构造从中央鄯善—温西一带由南往北、从中央向东北和西北两个方向急剧增强、迁移,最终形成巨型的弧形构造带(见图1)。鄯善地区的断裂主要呈北西向和北东向展布,但不同时期断裂的活动特征和性质不同:燕山期发育的北东向断裂和喜山期发育的北西向断裂以封闭性为主,对油气起封堵作用。燕山期活动的北西向断裂和喜山期活动的北东向断裂以开启性为主,起输导油气的作用。控制弧形带圈闭发育的断裂同时也是油气运移的重要通道,油源断裂影响的范围(包括断裂的规模、卷入烃源岩的体积和沟通的砂体)是控制岩性油气藏形成的重要因素。

因此,鄯善地区东西分块、南北分带的构造格局及其断裂体系,具备多种类型油气藏(包括岩性油气藏)形成的圈闭和输导条件。中侏罗统沉积砂体控制了油气的平面分布和富集,沿相带上倾方向岩性尖灭并在下倾方向存在油源通道的目标区块是寻找岩性油气藏的有利区带。

2.3 油层砂体特征

鄯善弧形带含油层系以中侏罗统西山窑组、三间房组和七克台组的砂岩层为主。其中,三间房组中上段为主力产油层,西山窑组三、四段次之,七克台组下段油气层薄而欠发育(图3)。总体表现为中薄层、中细砂岩、中高阻的特征。七克台组油层,岩性主要为灰色细砂岩,单层厚度一般1~5m,电阻率呈尖峰状中高阻(30~60Ω·m),电位曲线多呈钟状,含油性油气层发育程度与储集层物性具有正相关关系;三间房组油层,岩性主要为中细砂岩,单层厚度3~15m,视电阻率多呈指状中高阻(20~80Ω·m),电位曲线主要为指状或钟状高幅异常,其次是箱状异常,含油气性及油气层分布主要受圈闭形态以及岩性控制。西山窑组油层岩性主要为中细砂岩,单层厚度一般为5~30m,视电阻率多呈箱状高阻(60~100Ω·m),自然电位曲线主要为负异常,含油气性主要受圈闭形态和储层物性控制。

总的说来,鄯善地区油层砂体特征规律明显,虽然油层砂体以中薄层为主,沉积体系不但控制了砂体的展布,而且与物性和含油气性密切相关,具有可预测性。

2.4 成藏特征

吐哈盆地发育三大套烃源岩(C₁-P₁、P₂-T₂₋₃与J₁),构成上、中、下三套含油气系统。鄯善地区主要

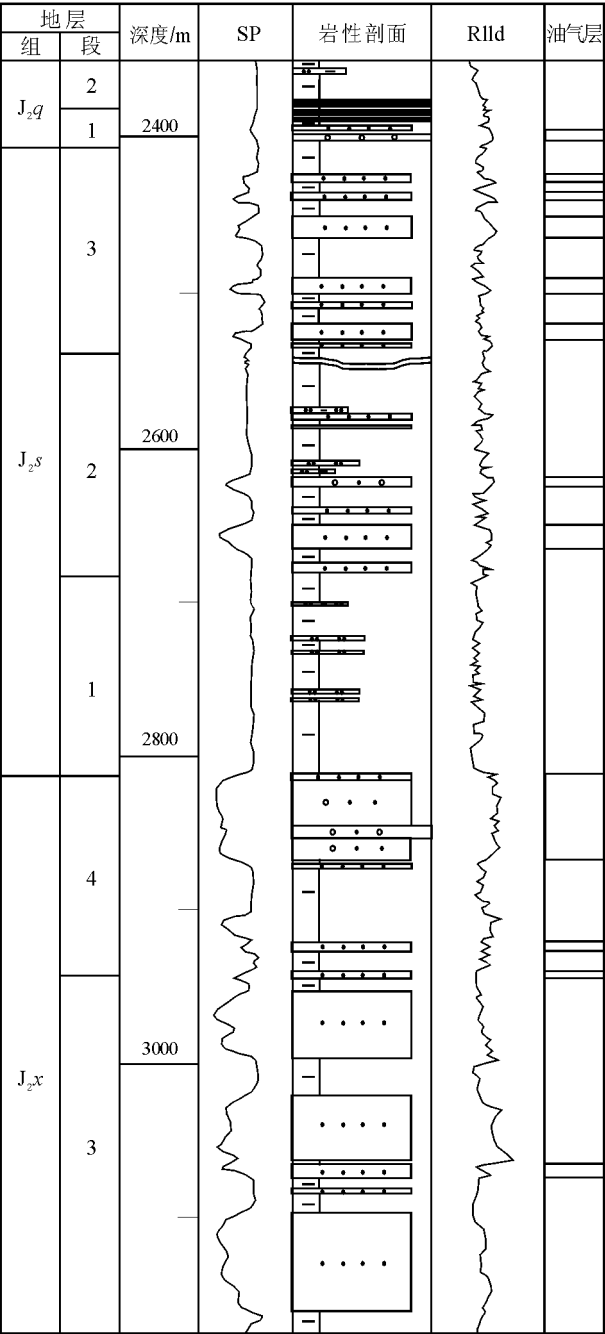


图 3 鄯善地区油层综合柱状图

Fig 3 Generalized column of the oil reservoirs in the Shanshan region

以台北凹陷上含油气系统 ($J_{2-3}sh-J_{2-3}sq$) 的成藏组合为勘探对象, 该含油气系统存在两个关键时期, 即晚侏罗世末期与新近纪^[45] (图 4)。

鄯善弧形带位于台北凹陷主力生油区, 油气主要来自凹陷东部丘东洼陷的中下侏罗统水西沟群烃源岩, 具备充足的油气源。发育中侏罗统三间房组下段、中侏罗统七克台组和齐古组等良好的区域性盖层。具有良好的圈闭形成条件和有利的生储盖组

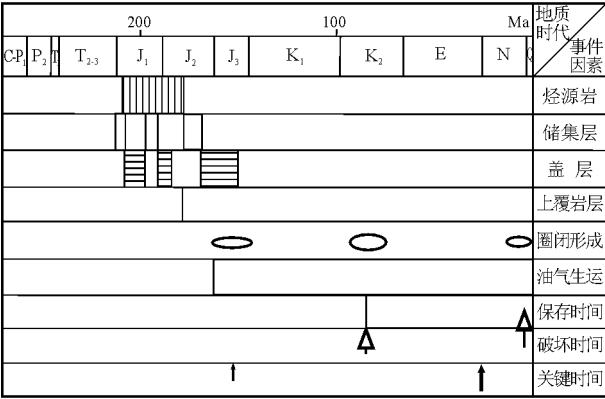


图 4 台北凹陷上含油气系统 ($J_{2-3}sh-J_{2-3}sq$)
Fig 4 Description of the upper petroleum system $J_{2-3}sh-J_{2-3}sq$ in the Taibei depression

合。其次, 弧形带为滨浅湖和辫状河三角洲的古地理特征, 决定了砂砾岩多为条带状和孤立透镜体, 横向连通性差, 为岩性油气藏的形成提供了条件。再者, 水西沟群煤系烃源岩地层以湖沼相为主, 物性致密, 油气难以依赖连通性地层作侧向运移, 因此油源断裂成为油气运聚成藏的必备条件之一。鄯善地区历经多期构造运动, 不乏油源断裂, 断裂是鄯善地区岩性油气藏形成的必要而又充分条件。另外, 鄯善地区油田水具有封闭型的 $CaCl_2$ 型和开启型的 $NaHCO_3$ 型两种类型, 其中 $CaCl_2$ 型水主要分布在温吉桑和鄯善地区的油田, 丘陵和巴喀地区油田油层的束缚水也是 $CaCl_2$ 型。 $NaHCO_3$ 型水主要分布在巴喀油田和丘陵油田, 在鄯善油田北部构造的两翼和米登油田、温吉桑油田的温西 1 号构造也有分布。油田水分布特征说明鄯善地区南部受后期构造活动改造弱、保存条件好, 北部受后期改造强烈而保存条件差。

综上所述, 鄯善地区油气成藏条件优越, 油气田多围绕生烃中心呈环带状分布, 受古地理格局和古构造、储层展布和储集性、断裂特征以及流体运移特征等多种因素影响。

3 勘探方法

近几年, 我国在岩性油气藏的勘探理论、思路与技术方法上有很大进展^[6-8], 如冀东油田“六个精细”、“三个勘探阶段、三个流程、三项关键技术”的岩性油气藏勘探方法 (杜金虎等, 2005), 胜利油田的“断坡控砂”、“复式输导”和“相势控藏”论 (李丕龙等, 2004; 张善文等, 2006; 吴东胜等, 2006), 二连盆地的“四元成藏”机制 (刘震等, 2007) 等。总的

说来,由于岩性油气藏勘探对象趋于复杂化及其突出的个性特征,勘探家们提出的勘探思路与方法可谓仁者见仁、智者见智。但任何有效、适用的勘探方法的共性是具有针对性和多学科综合性,即针对具体勘探对象,充分利用地质、地震、测井、试油测试与分析化验等基础性资料,把多学科理论技术交叉综合,从而解决岩性油气藏勘探的关键性问题。

结合鄯善地区岩性油气藏的地质特征,本文认为岩性油气藏勘探的关键性问题主要有两个:一是油气运聚和分布规律,二是储层展布规律和有效预测。采取的相应勘探思路与方法是:加强油气运聚规律和成藏分析;加强地震与地质结合的层序地层格架分析;加强层位标定精度和加强储层预测。

3.1 油气运聚规律和成藏分析

油藏分析除了能深入分析油气运移聚集规律与

分布特征外,更能明确油气成藏的主控因素,指明目标搜寻的有利方向。油气运移规律与成藏分析过程中需特别注意:①油气的运聚和平面展布受构造应力场、水动力场、流体势场及地温场等因素控制;②油气的运移、聚集与离心流及其末端越流泄水区紧密相关^[9]。离心流的强度、泄水区的位置、圈闭位置以及岩性、岩相和构造在空间上的组合关系,决定了油气在离心流一越流泄水过程中的聚集位置;③流体总是由高势区向低势区运移。

通过对鄯善弧形带中侏罗统的油藏流体特征分析,发现鄯善地区主要目的层油势场分布,在不同时期大体相似,位于有利油气运聚区。油藏流体性质的分布与油气聚集规律相吻合(图5),为开展鄯善弧形带岩性油气藏勘探目标搜寻奠定了重要地质依据。

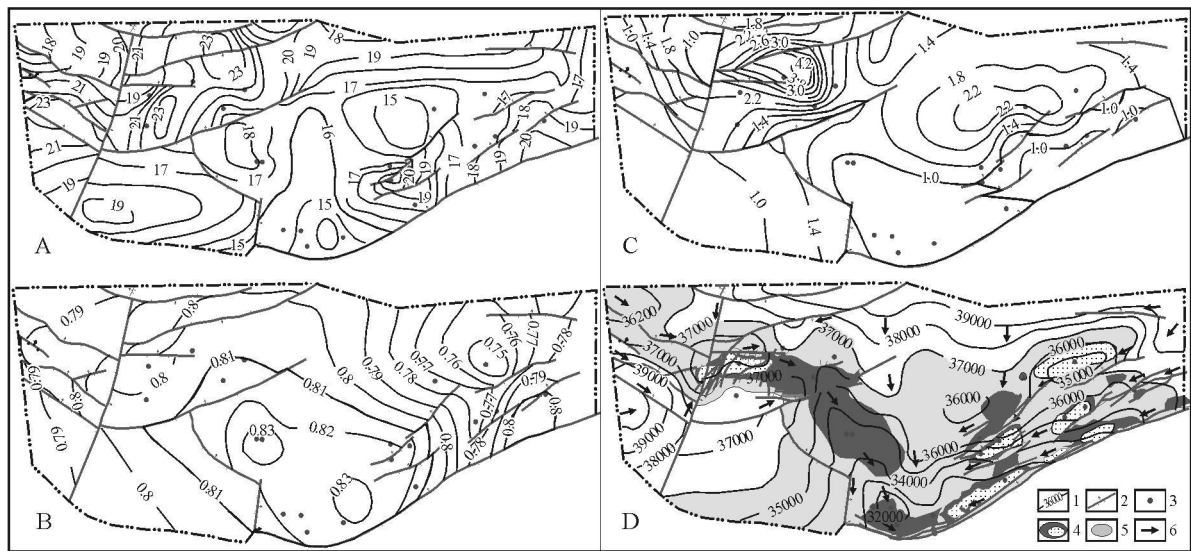


图5 鄯善弧形带中侏罗统(J₂)油藏流体特征综合图

A 地层原油饱和和压力分布图; B 地面原油密度分布图; C 地层水 Na⁺/Cl⁻ 分布图; D 油层顶界晚喜山期古油势与已发现油气田叠合图。
1 等值线; 2 断层; 3 井位; 4 油气田; 5 油气聚集优势区; 6 油气运移方向
Fig 5 Relationship between fluid attributes and hydrocarbon accumulation in the Jurassic reservoirs (J₂) in the Shanshan region
A Saturation pressures of oil reservoirs B density of surface crude oil C Na⁺/Cl⁻ ratios in the formation water D Distribution of the Himalayan oil Potential and discovered oil field 1= contour line 2= fault 3= well site 4= oil field 5= favourable area for hydrocarbon accumulation 6= hydrocarbon migration direction

3.2 层序与地层格架研究

层序地层学的关键问题是研究等时地层界面,并以此为基础重建沉积盆地的等时地层格架。一个地区等时地层格架的搭建和基准面的确定是进行层序地层分析的前提。

在鄯善弧形带选取能控制全区的50余口井进

行层序地层分析发现,温西6地区在三间房组沉积时期存在两个较大的湖泛期,测井上主要表现为低伽马、低电阻、泥岩较纯和砂岩发育少的特点,平面上从西向东主要表现为砂泥岩伽马幅差减小、砂泥比增大的特点,表明从西向东湖泛影响变弱,其中温西6到温西3中部受湖泛影响最大。从层序地层对

比的结果看,该区储集层主要为基准面上升早期的辫状河三角洲砂岩体,且沉积砂体受控于注入湖中的水体大小和携带碎屑物的多少,沉积砂体的位置受控于可容纳空间(河沟、河谷)发育情况。盖层的发育受控于基准面上升与下降转换期湖泛形成的泥岩。本区的两个湖泛期持续时间较长,沉积相对稳定,主要以泥质岩为主,可以作为局部的盖层。层序地层等时格架分析表明研究区中侏罗统三间房组是寻找薄层岩性油气藏与河道砂体控油的岩性油气藏的有利层位。

3.3 提高层位标定精度

地震层位标定是建立地质、地震和测井等资料的对对应关系,通常利用 VSP 合成记录、平均速度标定等方法完成标志层的标定。

鄯善弧形带发育有河道、辫状河、三角洲等沉积体系,岩层多为薄层或薄互层(地震表现为强弱变化、不连续等)。加上构造运动复杂,断裂系统多组交叉,造成了层位的标定和追踪困难。为了突破层位难于标定的技术难题,我们在实践中抓住层位标定的技术关键,即以层序对比结果为依据,建立合理的宏观岩层模型,利用强波阻抗反射界面(如煤层、河道冲刷面、岩性突变面与电性突变面等),首先优选出可用于区域对比的关键井(过井地震反射品质好,测井资料齐全,构造变动弱,井眼环境好,取心段长等)并校正数据。然后由取心井段与岩屑录井资料,建立钻井宏观岩层模型。第三步根据模型提取时变子波,制作人工合成记录。第四步进行反复的层位标定与模型检查。通过层位的精细标定,确保钻井地质、地震和测井资料的对对应关系接近于实际,为开展全三维可视化、一体化解释等后续工作的顺利开展提供保障。

3.4 储层预测

目前,用于岩性识别与储层预测的技术主要有地震反演、储层特征反演、地震属性分析、AVO与精细储层标定和三维可视化体解释等技术,每种技术的应用效果在很大程度上决定于地震反射品质与基本地质特征的响应敏感度,因此,在储层预测中只有选择最适合的技术才是最好、最有效的技术。

鄯善弧形带地区经过三维地震的重新采集和处理,地震反射品质有所改善。因为储层主要为河道砂与辫状河三角洲水下分流河道沉积砂体,岩层多以薄层或薄互层发育,砂体厚度一般在 $10 \sim 20\text{m}$ 之间(砂体有效厚度多小于调谐厚度 $\lambda/4$)。为提高属性预测的可信度,采取的主要方法是:①尽量选用那

些与储层特性有合理物理关系的地震属性用来预测储层特性;②应用“基于基准面开展的连续属性分析方法”(可称之为层序地层格架约束下的储层预测技术),把砂体的描述拓展到时空,即借助地震属性有效描述古沉积特征;③通过突出调谐频带地震属性差异性,增加调谐厚度内峰值频率与增强调谐厚度内振幅变化敏感性,突出小尺度沉积特征的细节,识别薄互层砂体。综合研究表明,工区内反射振幅、频率类地震属性对砂岩体敏感。在温西 6 地区开展以七克台底界这一等时界面为基准面,向下每 4m 为一时窗进行连续属性切片提取,发现从深到浅存在明显的属性条带状异常特征,结合已钻井分析认为,这些属性异常是河道砂体的反映。依据属性异常的变化特征,结合该区小层等厚图,初步勾画出本区河道展布,圈定出可能存在的温砂 3 号到 10 号砂体(图 6)。

在目标发现与评价中,模型正演技术也表现出良好的效果。该技术依据地震剖面,研究工区内小断层、地层尖灭、河道砂体等地质现象的地震响应特征。针对鄯善弧形带温米地区地震激发频率与该地区主频一致(35Hz)的特征,本着与地质实际相吻合的宗旨,建立河道砂体沉积的理论模型。从温西地区模型正演的结果发现,河道砂体在地震剖面上主要表现为波形下拉、复波、波形变宽、地震轴增加的特征。经过观察与对比分析,发现上述圈定的属性异常体在地震剖面上也主要表现为波形下拉、复波的特征,与模型正演河道砂体的结果相似,进一步证明温砂 3 号到 10 号异常体为河道砂体。

根据上述勘探思路与方法,在鄯善地区岩性油气藏勘探实践中取得了良好的效果,主要经验表现在:基于实际地质特征,以岩性油气藏勘探的关键性问题为中心,把多学科理论技术交叉综合,综合分析了油气运聚规律和展布特征,通过以层序地层分析技术为基础,对多种储层预测与目标评价技术进行遴选,解决了岩性圈闭识别和储集层预测效果问题。

4 勘探目标

在鄯善地区温米区块目前所发现的一系列岩性圈闭中,经过成藏、控油、储集条件和含油气性等方面的深入评价,最终确定温砂 3 号砂体为优先勘探靶区。先后部署在温砂 3 号砂体上的温砂 301、302、温西 20 等多口井在目的层均获得工业油流,证实了砂体预测与实钻相符。

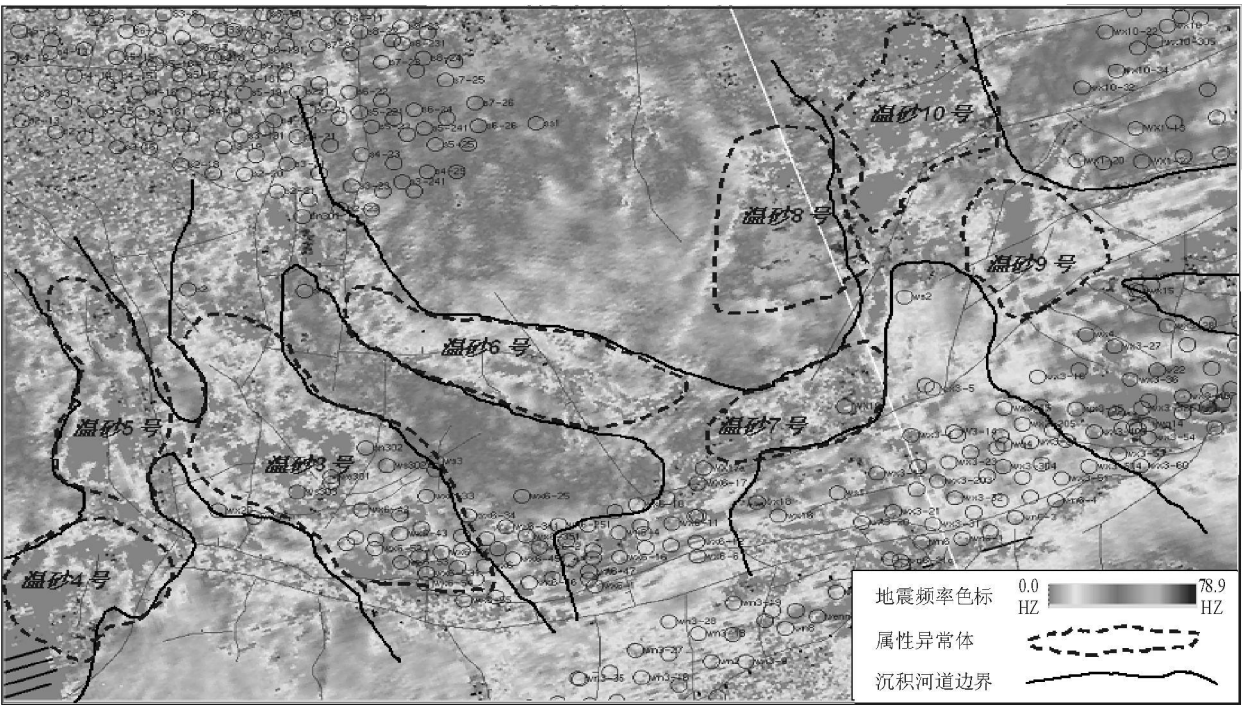


图 6 温西 6 地区频率属性图 (T_1^{9+25ms})
Fig 6 Seismic attribute measurements for the Wenxi6 well area

5 结 论

(1)温吉桑构造带辫状河三角洲砂体与断褶构造匹配良好,是开辟岩性油气藏勘探新类型的有利区;

(2)从晚燕山期到喜山期,构造变形强度由南向北转移,势必造成油气运移、聚集的重新调整,并最终控制成藏。

(3)鄯善地区中东部向丘东生烃洼陷延伸端是岩性油气藏勘探的接替区、中西部优势储集相带是有利区、北部是潜在区。

本文在撰写期间得到了国土资源部成都地质矿产研究所丘东洲教授的帮助与指导,在此深表感谢。

参考文献:

[1] 袁明生,梁世君,燕列灿,等. 吐哈盆地油气地质与勘探实践 [M]. 北京:石油工业出版社, 2002

[2] 王昌桂,杨飏. 吐哈盆地二叠系油气勘探潜力[J]. 新疆石油地质, 2004 2 25(1): 17-18

[3] 帅振贵,黄福喜,肖林鹏,等. 吐哈盆地鄯善弧形带剥蚀量恢复方法研究及应用[J]. 石油与天然气学报, 2005, 27(3): 460-462

[4] 黄志龙,姜振学. 吐哈盆地油气成藏机制与定量评价[M]. 北京:石油工业出版社, 2000

[5] 程克明. 吐哈盆地油气生成[M]. 北京:石油工业出版社, 1994

[6] 勘探与生产分公司主编. 岩性地层油气藏勘探理论与实践培训教材[M]. 北京:石油工业出版社, 2005.

[7] 刘震,赵阳,梁全胜,等. 隐蔽油气藏形成与富集[M]. 北京:地质出版社, 2007

[8] 庞雄奇,李丕龙,张善文,等. 陆相断陷盆地地相势耦合控藏作用及其基本模式[J]. 石油与天然气地质, 2007 28(5): 641-652

[9] 楼章华,金爱民,田炜卓,等. 论陆相含油气沉积盆地地下水动力场与油气运移、聚集[J]. 地质科学, 2005, 40(3): 305-318

Lithologic reservoirs and exploration targets in the Shanshan region, Turpan-Hami Basin, Xinjiang

HUANG Fu-xi¹, CHEN Hong-de¹, TANG Jing², CHEN Xuan³, GAO Ping², WANG Mao-xian³
(1. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Chuanqing Drilling Engineering Corporation, Ltd., Research Institute of Geological Exploration and Development, Chengdu 610051, Sichuan, China; 3. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Turpan-Hami Oil Field Company, Hami 839009, Xinjiang, China)

Abstract: The lithologic reservoirs in the Shanshan region, Turpan-Hami Basin, Xinjiang consist significantly of medium- to thin-bedded reservoir sandstones. The distribution and evolution of sedimentary systems are constrained by regional stress and tectonic movement. The physical properties of the reservoir sandstones and hydrocarbon potential are closely related with the distribution of sedimentary facies zones. The exploratory techniques comprise the delineation and evaluation of the drilling targets on the basis of horizon localization and interpretation, sequence stratigraphic analysis, and reservoir potential prediction, with the emphasis on the critical problems of reservoir distribution and prediction, and the lineation of potential areas in the Shanshan region, Turpan-Hami Basin.

Key words: Turpan-Hami Basin; Shanshan region; lithologic reservoirs; geology; exploration target