

文章编号: 0253-9985(2006)06-0779-07

准噶尔盆地腹部车-莫古隆起区隐蔽油气藏形成条件与勘探技术

武恒志, 孟闲龙, 杨江峰

(中国石油化工有限公司 石油勘探开发研究院 西部分院, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: 准噶尔盆地腹部以单斜构造背景为主, 近几年所揭示的隐蔽油气藏类型虽然主要以地层、岩性油气藏为主, 但仍然呈现多样性的特点, 成藏主控因素也具有相对的多样性。从成因角度分析, 盆地腹部砂层、不整合面、断层等输导条件控制了油气藏的分布和富集, 盆地中央发育的“车-莫古隆起”控制了油气藏的调整和改造。通过不断地总结, 中国石化西部新区逐渐总结出一套处理、解释相结合以模式为指导的隐蔽圈闭地震识别技术。

关键词: 隐蔽油气藏; 成藏主控因素; 勘探技术; 圈闭识别; 车-莫古隆起; 准噶尔盆地

中图分类号: TE112.3 文献标识码: A

Formation conditions and prospecting technologies for subtle reservoirs in the CheMo palaeohigh of central Junggar basin

Wu Hengzhi, Meng Xianlong, Yang Jiangfeng

(The West Branch of Research Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC, Urumqi, Xinjiang 830011)

Abstract The central Junggar basin is dominated by monoclinical structures. Despite the fact that the subtle reservoirs discovered in recent years are mostly stratigraphic and lithologic, the reservoir types show diversification, so are the main controlling factors of reservoiring in the basin. Analyzing from the angle of genesis, the carrier conditions of the sand formations, unconformities, and fault in the central basin control the distribution and enrichment of hydrocarbons. The CheMo palaeohigh developed in the central basin controls the adjustment and modification of the reservoirs. By summarizing the past experiences, a set of seismic recognition technologies that integrate seismic processing with interpretation and are guided by patterns are gradually developed for the exploration of frontiers in western China.

Key words subtle reservoir; main controlling factor of reservoiring; prospecting technology; trap identification; CheMo palaeohigh; Junggar basin

1 车-莫古隆起对油气藏的调整和改造作用

1.1 车-莫古隆起发育历程^[1,2]

车-莫古隆起是中、晚侏罗世在盆地中央发育的大型隆起(图 1), 它西起车排子凸起的东部, 向北东经莫索湾凸起延展到 3 个泉凸起的北缘。该

隆起将中、晚侏罗世的盆地划分为三坳两隆的构造格局, 北东向的车-莫古隆起与北西-南东向的陆梁相接, 在盆地的南部为昌吉坳陷, 在盆地的西北为玛湖坳陷, 在东北为乌伦古坳陷。该隆起的发展不仅控制了盆地内侏罗系的沉积格局, 还使得中、上侏罗统在盆地内接受了多期次的剥蚀, 形成了广泛的地层削蚀带。

据新钻井资料, 侏罗系上部发育侏罗系头屯

收稿日期: 2006-10-28

第一作者简介: 武恒志(1964—), 男, 教授级高级工程师, 石油地质

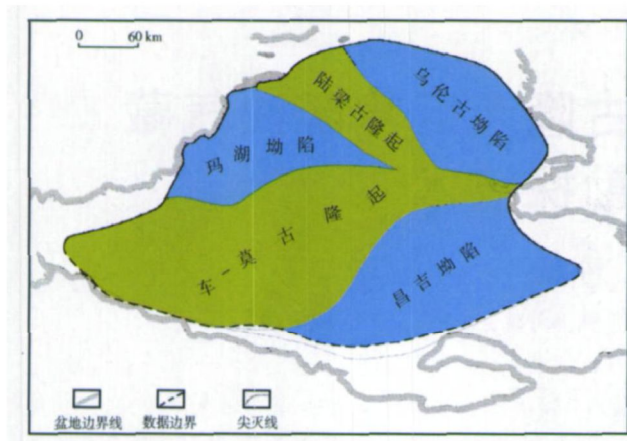


图 1 车-莫古隆起分布范围图

Fig. 1 Map showing the boundary of the CheMo palaeohigh

河组 (J_2t) / 西山窑组 (J_2x) 和 K/J 两期区域性不整合, 说明车-莫古隆起的发展具有明显的阶段性。该隆起使盆地腹部区域的中侏罗统头屯河组、西山窑组及下侏罗统三工河组均遭受不同程度的剥蚀。

车-莫隆起的演化可划分 6 个阶段, 即: 初始发育阶段侏罗系三工河组 (J_1s)、第一次隆升阶段侏罗系西山窑组末期、相对稳定沉积阶段侏罗系头屯河组沉积期、第二次隆升阶段侏罗系头屯河组末期、隐伏埋藏阶段 K-E、掀斜消亡阶段 N-Q (图 2)。

第一次隆升阶段车-莫古隆起的顶部西山窑组缺失和三工河组部分剥蚀, 剥蚀量最大的区域分布在车拐南-征沙村一线。第二次隆升造成头屯河组遭受剥蚀和缺失, 剥蚀量最大的区域分布在永进北和盆地北部。在征沙村-永进地区形成宽缓的地层剥蚀带, 纵向上形成三工河组、西山窑组、头屯河组等多套地层削蚀和尖灭, 后期掀斜消亡阶段的地层南倾与地层向北的尖灭, 头屯河组与上覆白垩系地层及下伏地层均为角度不整合接触为地层油气藏的形成和保存提供了一定的条件。

1.2 古隆起发育时期的多期油气充注历程^[3]

准噶尔盆地腹部各区块具有不同的油气来源, 在中部区块具下二叠统、上二叠统、侏罗系煤系、侏罗系湖相等 4 类油气来源。

依据埋藏史和生烃史模拟分析, 盆地腹部各层系的供烃一直持续不断, 以昌吉凹陷为例, 主力

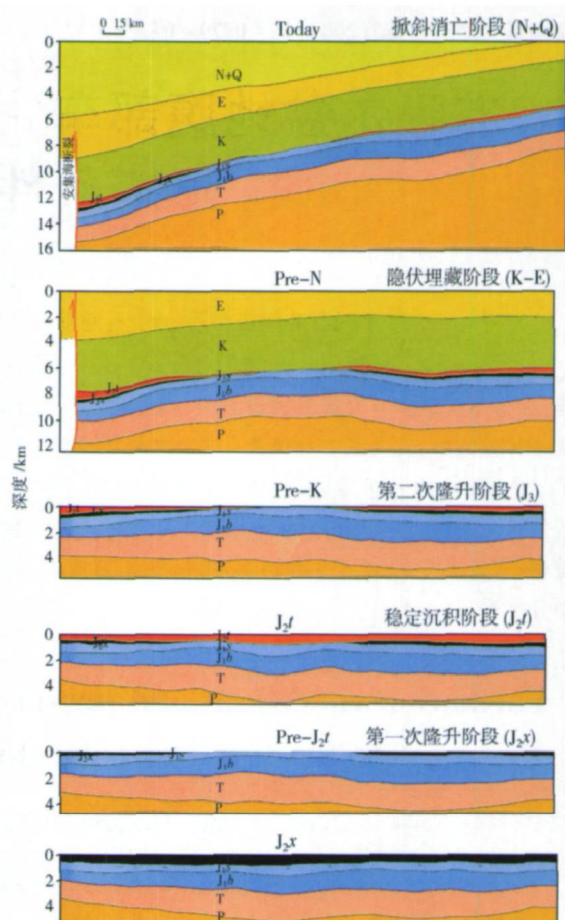


图 2 车-莫古隆起构造发展史图

Fig. 2 Structural evolution of the CheMo palaeohigh

烃源岩下乌尔禾组 (芦草沟组/平地泉组) 主要生油期在三叠纪-白垩纪, 在印支期-燕山中期 (J_2) 达到了生油高峰, 中、下侏罗统烃源岩在白垩纪达到生油高峰。另外下白垩统和下第三系烃源岩相继在第三纪和第四纪进入生油门限, 部分位于凹陷沉积中心的烃源岩达到生油高峰。

根据包裹体均一温度资料, 盆地腹部主要产层侏罗系具有多期油气充注的特点, 代表早期原油充注的烃类包裹体均一温度为 40~80℃, 代表晚期原油充注的烃类包裹体均一温度为 80~120℃。根据中部 1、3 区块包裹体均一化温度的实测结果, 莫西庄地区和永进地区的均一化温度范围延展很宽, 即有早期的油气充注, 也有晚期的油气充注, 主要的油气充注时期与车-莫古隆起的形成和逐步消亡时期相一致。从这一点分析, 腹部地区的油气藏在车-莫古隆起形成鼎盛期前后均有形成, 油气充注在油气藏的调整和改造的过程中持续进行, 油气藏在喜马拉雅期之后才得以定型 (表 1)。

表 1 车-莫古隆起与油气成藏关系

Table 1 Relationship between the CheMo paleohigh and hydrocarbon reservoiring			
演化阶段	沉积地层	发育特征	油气成藏
燕山早期	J ₁	可能具有早期的同沉积发展	下二叠统油气成熟并充注
燕山中期	J _{2x} 末期	第一次强烈隆升, 西山窑组在车排子-莫索湾一带大面积缺失, 局部地区三工河组地层也遭受剥蚀	二叠系风城组高成熟原油和下乌尔禾组成熟原油充注
	J _{2t} 末期	第二次强烈隆升, 并定型, J _{2t} 大面积被剥蚀, J ₃ 缺失, 在中部区将下伏地层部分卷入古隆起发育状态	上、下二叠统多期充注油气的聚集
燕山中、晚期	K	地层开始掀斜, 中部区的局部部位的 J 可能仍然处于背斜状态	上二叠统油气的再充注和初步调整
喜马拉雅期	N, E	地层进一步掀斜, 古隆起的背斜形态基本结束	侏罗系油气的充注和油气藏的调整定型

1.3 古隆起对油气藏的调整与改造^[4]

根据准噶尔盆地腹部钻井储层中流体含油包裹体丰度指数 (GOI) 及可溶有机质中非烃 + 沥青质的分布特征, 以及对水层和油层分析表明, 区内主要产层三工河组油藏的今油水界面与油藏曾经出现的古今油气水界面不同, 地质历史时期的油水界面比现今的油水界面低, 尤其是莫西庄地区的钻井中油气藏的油气水界面的变化比较明显, 油、水界面的不同反应了早期油气藏的后期调整。这显然是受到车-莫古隆起早期隆起后期掀斜的影响, 当晚新近世该古隆起消亡时, 油气发生再次运移使油气藏遭受调整和改造。

在车-莫古隆起的北翼沙窝地、莫西庄地区, 由于车-莫古隆起后期的掀斜, 油气向上倾方向逸散, 只在有一定封挡条件的储层中油气才得以保留, 属于典型的残留油气藏。征沙村地区油气藏位于车-莫古隆起脊部, 在掀斜之后保留了一些低幅度构造, 油气重新分配和调整, 原油藏转换为构造-岩性油藏, 并且形成新的次生油藏, 该区油藏充注程度差, 含油饱和度较低。永进地区由于一直处在古隆起的南翼和南倾斜坡之上, 掀斜中变化不大, 车-莫古隆起形成的对中、上侏罗统的剥蚀形成了巨厚的地层剥蚀带, 因此在这个地区保留了充满度较高的岩性-地层油气藏 (图 3)。

综上所述, 腹部油气成藏受车-莫古隆起形成演化的控制, 在古隆起的不同构造部位形成了不同类型的油气藏。在古隆起的南翼永进地区的地层或者地层-岩性圈闭中, 形成掀斜保留型油气藏; 在古隆起的脊梁莫西庄和征沙村地区, 早期以

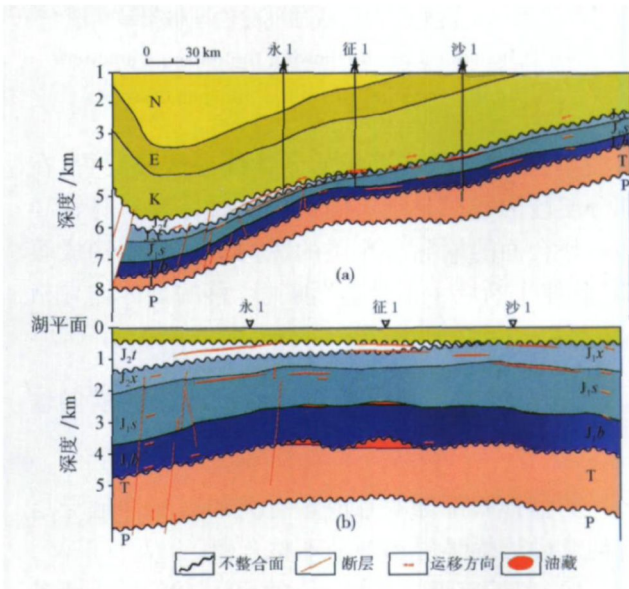


图 3 腹部地区油气成藏与改造示意图
Fig. 3 Schematic diagram showing the hydrocarbon reservoiring and modification in central Junggar basin
(a 现今油藏剖面示意图 b 古油藏剖面示意图)

构造油气藏特征为主, 晚第三纪掀斜作用时油气再运移调整, 部分油气跨过古隆起向构造更高部位运移, 现今油气高度小于古油气高度, 现今油气藏类型以岩性油气藏为主, 形成了掀斜改造型油气藏; 而在车-莫古隆起的北翼, 形成了掀斜逸散性油气藏。

2 输导条件控制着油气藏的分布和富集^[5, 6]

准噶尔盆地为经历多次构造运动的叠合型盆地, 形成了多期断裂系统、多个不整合体系, 尤其是在主要的目的层侏罗、白垩系沉积一套河流-三

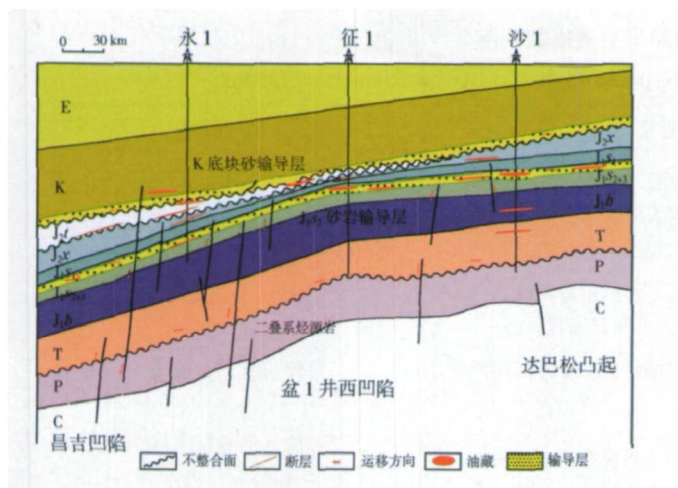


图 4 准噶尔盆地腹部隐蔽油气藏输导格架示意图

Fig. 4 Schematic diagram showing the carrier framework of subtle reservoirs in central Junggar basin

角洲相的沉积, 这些沉积的砂体或分散或叠置, 在部分层段形成部分稳定的砂层。砂体的自身输导和不整合面的输导与断层的纵向沟通共同构成腹部“砂体+断层+不整合”油气运移的立体输导格架(图 4)。

2.1 砂岩输导层和不整合面共同构架的横向输导层

与盆地腹部侏罗系成藏有关的区域性输导层有两套砂岩输导层和两个不整合面。

1) 三工河组二段(J_2^2)的 60~100 m 块状砂岩

该套砂岩为辫状河三角洲前缘亚相的河道砂与河口砂坝的叠置沉积, 在盆地腹部大面积分布, 为整个三工河组在盆地腹部的成藏奠定了良好的基础, 是盆地腹部的主要含油层系。

2) 白垩系吐谷鲁群清水河组的 40~60 m 底块砂岩

该套砂岩以叠置的河道砂岩为主, 在腹部区域大面积联片展布, 其底部的不整合面使得该层与下伏的风化壳构成良好的输导层, 为腹部白垩系下部砂体中油气藏的形成奠定了基础。

3) K_1q/J_2t 和 J_2t/J_2x 不整合面输导层

不整合面的输导能力首先来自下部地层储层物性的改善, 尤其是准噶尔盆地腹部深层油气藏的富集, 与储层的物性得到改善有直接的关联。

从孔隙度随深度的发育关系图看(图 5), 在 4 500 m 以下, 孔隙度下降到 10% 以下, 进入次生

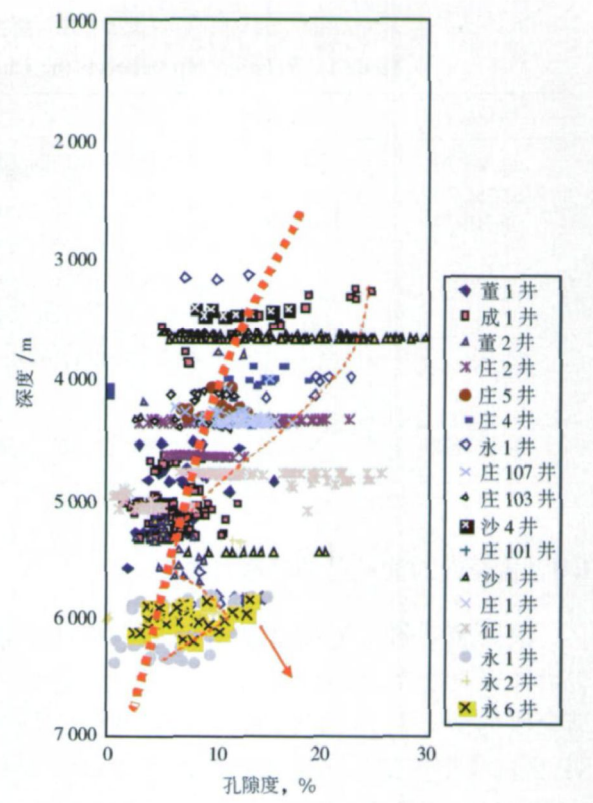


图 5 准噶尔盆地腹部储层孔隙度与深度的关系图

Fig. 5 Relationship between the porosity and depth of the reservoirs in central of Junggar basin

孔隙逐渐消亡的阶段。但是在 5 200 m 以下以永 1 井的头屯河组地层为代表的砂岩, 储层的孔隙度仍然保持在 15% 以上, 渗透率在 $10 \times 10^{-3} \mu m^2$ 左右, 储层中发育的孔隙主要以粒间溶蚀孔为主, 说明头屯河组储层早期经历了风化剥蚀作用。

不整合对油气的输导能力也来自于构造沉降回返后的上覆地层大面积的充填沉积与下伏残留的高孔隙砂体的叠置, 这种叠置为区域的油气输导提供了良好的条件。尤其是上部充填沉积后进一步的水进沉积形成了区域性的泥岩盖层, 为不整合面成藏体系建立了良好的储盖组合。

以征沙村地区含油气显示较好的征 1 井与含油气显示较差的征 2 井、征 101 井为例。征 1 井的头屯河组下部的砂岩油气较好, 主要缘于含油砂层与不整合面紧密相接, 具有捕集不整合面输导油气的优势, 其次缘于含油砂层为块状厚层砂体, 自身具有良好的油气输导条件, 而含油气性较差的征 2 井和征 101 井, 头屯河组砂层上部有一套稳定的泥岩层与不整合面相隔, 不整合面不具备对下伏砂层的油气输导优势, 其次砂层为与薄层泥岩的互层状砂岩, 砂层自身在横向上分布不稳

认识为基础建立地层、砂体分布模式,以此模式为指导的、多参数综合解释技术。

1) 高精度的地层、砂体分布格架分析

地层砂体分布格架需要以沉积模式的建立为前提,其目的是为了建立砂体的叠置和分布模式,用以指导建立地震资料的解释模式。

建立高精度层序地层格架的目的旨在恢复层序界面及重建沉积体系的时空叠置、展布规律,以及沉积体系的沉积相、亚相、微相的内部构成单元的时空组合与分布。

以莫西庄-征沙村地区为例,从钻井分析,三工河组二段主要为辫状河三角洲前缘的沉积,砂层为水下分流河道和河口坝的叠置沉积,砂体呈紧密的叠瓦状。向征沙村方向,三工河组二段出现重力流特征砂体,具有沉积波折带的沉积特点。以此建立 J_1s_2 沉积砂体向前披覆的斜列式进积的砂体叠置格架。

2) 正演、反演技术结合

开展地震正演的目的在于分析不同尺度和不同形态的地质体的解释模式,根据不同地质目标的特征建立地质模型,利用地震模拟探索不同地质体的地震波特征,为地层-岩性圈闭的寻找和识别提供依据,以模式来指导处理和解释工作,提高隐蔽地质体的识别能力。

根据研究区目的层段的沉积微相组合特征和地震资料的具体情况,选用和制作了多种正演模型,揭示不同砂泥岩结构地层的地震响应。目的

层段的沉积微相组合特征可以用地震波传播的动力学和运动学特征来描述。在腹部地区可以利用正演模型来解决砂体叠置的地震反射特征。在莫西庄地区,地震正演技术为针对这种紧密叠置的块状砂岩层的地震波组的认知提供了良好的基础。

在明确了砂体叠置方式与地震反射波组特征之间关系的前提下,以波阻抗反演为主进行砂体的解释。同时开展其他多种特征参数约束反演以弥补波阻抗反演和拟声波反演的不足。

如在永进地区,自然伽马测井曲线对砂泥岩反应敏感,从自然伽马曲线出发,综合地震属性和波阻抗信息,采用多信息非线性反演的方法,进行地质模型和地震特征约束的自然伽马反演(图7)。通过伽马反演,更好地区分了波阻抗不能识别的岩性,进一步提高了分辨率,为砂体解释、储层预测、圈闭评价提供更有利依据。

3) 多种地震属性参数的应用

一般地说,地层岩性及含油气性的变化容易造成地震属性的变化,如地层含油可造成速度、频率、振幅降低。当砂层厚度介于 $\lambda/4 \sim \lambda/8$ 属性参数可以获得地震反演和波组识别能力之外的特征信息,对砂层的厚度和分布能有一定的诠释能力。地震属性在 $1 \sim 2 \text{ ms}$ ($3 \sim 5 \text{ m}$) 之内获得沉积环境的变化信息,利用这些信息可以帮助人们认识古沉积环境的变化,特别是认识河流、沼泽、扇体的发育与变迁,以及岩性体的厚度、边界、颗粒粗细

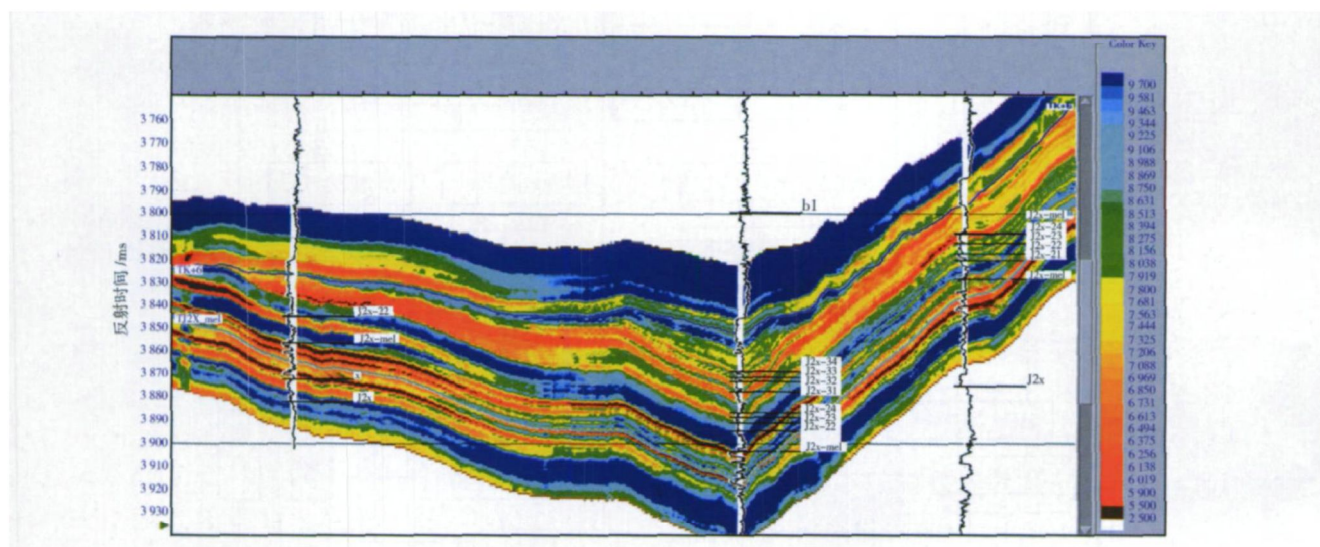


图 7 永进地区自然伽马约束反演剖面

Fig. 7 Gamma ray constrained inversion profile in Yongjin area

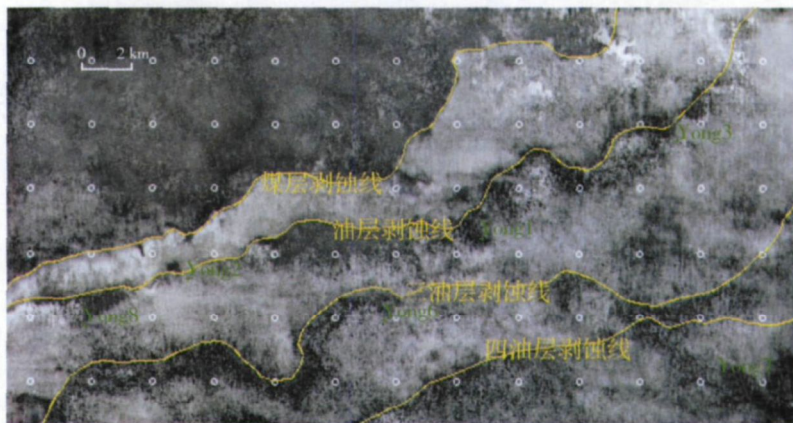


图 8 相干属性对地层尖灭带的分析图

Fig. 8 Schematic diagram showing the stratigraphic pitch-out zones identified through coherent attribute analysis

的变化等, 为寻找有利储集相带提供重要参考。目前常用的属性参数主要还是围绕速度、振幅、频率等地震波动力学特征。

但对某一属性来说, 是储层的厚度、物性还是含油气性对它起主导作用, 则很难准确界定。因此, 地震属性特征参数是以反演为主的砂体识别方法的补充和参考。

相干属性和倾角扫描技术可以识别断层和岩性尖灭带。以永进地区的地层油气藏的识别为例(图 8), 沿白垩系底界地震反射层提取相干属性, 清楚识别出了白垩系下覆 4 套地层的削截尖灭线, 为本区地层圈闭的识别提供了依据。

4 结语

准噶尔盆地隐蔽油气藏的赋存的成因是多种的, 除了丰富的油源供给和沉积砂体充填之外, 车-莫古隆起的发育和掀斜提供了油气成藏最主要的基础, 输导和封盖等条件是隐蔽油气藏的主要成因。

利用地震资料的隐蔽油气藏勘探技术的主体是地层、岩性圈闭识别技术, 不同的勘探对象决定了地层、岩性圈闭的识别重点不同, 而油气藏成藏模式的不同又决定了圈闭条件的不同, 因此有针对性的岩性圈闭识别需要以成藏模式指导识别模式, 与砂体相关的岩性、地层油气藏需要首先以沉积砂体为研究对象, 用砂体和地层的空间构架模式指导地震圈闭识别。

参 考 文 献

- 1 朱永辉, 孟闲龙. 准噶尔盆地车莫古隆起的形成演化及其对腹部油气成藏的影响 [J]. 西部油气地质, 2005, 1(1): 55~57
Zhu yunhui Meng Xianlong Formation and evolution of the Chemo palaeohighs and their influence on reservoir formation in the central Junggar basin [J]. West China Petroleum Geosciences 2005, 1(1): 55~57
- 2 洪太元. 准噶尔盆地腹部白垩系底部不整合特征及其控油作用研究 [D]. 地质大学(北京), 2006
Hong Taiyuan The study on the features of the bottom cretaceous unconformity and its controlling effect on the hydrocarbon accumulation in the hinterland of Junggar basin [D]. China University of Geosciences(Beijing), 2006
- 3 徐志诚. 准噶尔盆地侏罗系地层和岩性油气藏形成条件及勘探前景 [J]. 油气地质与采收率, 2005, 12(5): 27~29
Xu Zhicheng The formation condition and exploration prospect of stratigraphic and lithologic oil-gas reservoirs of Jurassic in Junggar basin [J]. Petroleum Geology And Recovery Efficiency, 2005, 12(5): 27~29
- 4 邹华耀, 郝芳, 张柏桥, 等. 准噶尔盆地腹部油气充注与再次运移研究 [J]. 地质科学, 2005, 40(4): 499~509
Zou Huayao Hao Fang Zhang Boqiao et al History of hydrocarbon-Filling and remigrating in hinterland of the Junggar basin [J]. Scientia Geological Science 2005, 40(4): 499~509
- 5 孟闲龙. 从成岩演化探讨准噶尔盆地腹部区块优质储层的分布规律 [J]. 西部油气地质, 2005, 1(1): 51~54
Meng Xianlong Distribution regularities of good reservoirs in the central Junggar basin from the aspect of diagenetic evolution [J]. West China Petroleum Geosciences 2005, 1(1): 51~54
- 6 郝芳, 邹华耀, 方勇. 隐蔽油气藏研究的难点和前沿 [J]. 地学前沿, 2005, 12(4): 481~488

(下转第 803 页)

- pression[J]. Foreign Oilfield Engineering 2005 21(9): 41- 42
- 8 冯建辉, 谈玉明, 罗小平, 等. 东濮凹陷杜桥- 白地区天然气及凝析油地球化学特征及成因[J]. 地球化学, 2002 31(6): 509~ 515
Feng Jianhui Tan Yuming Luo Xiaoping et al Geochemistry of natural gas and condensate and their origin in Duzhai-Qiaokou-Baimiao area of Dongpu depression[J]. Geochimica 2002 31(6): 509- 515
 - 9 罗小平, 沈忠民, 彭渤莹, 等. 东濮凹陷白庙地区天然气及凝析油地球化学特征及成因[J]. 沉积学报, 2004 22(S1): 50~ 55
Luo Xiaoping Shen Zhongmin Peng Boying et al Geochemistry and origin of oil and natural gas in Baimiao area of Dongpu depression[J]. Acta Sedimentologica Sinica 2004 22(S1): 50- 55
 - 10 王德仁, 王生朗, 王秀林, 等. 河南东濮凹陷深层储层分析[J]. 现代地质, 2002 16(2): 199~ 204
Wang Deren Wang Shenglang Wang Xulin Deep reservoir analysis of the Dongpu depression in Henan province[J]. Geoscience 2002 16(2): 199- 204
 - 11 武晓玲, 卢福长, 邹森林, 等. 东濮凹陷杜桥白地区深层气成藏条件及成藏模式[J]. 江汉石油学院学报, 2000 22(4): 14~ 18
Wu Xiaoling Lu Fuchang Zou Shenshi et al Deep gas pool-forming conditions and models in Duqiaobai area of Dongpu depression[J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute 2000 22(4): 14- 18
 - 12 苏玉山, 张联盟, 吴莉芝, 等. 渤海湾盆地东濮凹陷杜桥白地区深层天然气成藏规律[J]. 石油实验地质, 2002 24(5): 418~ 422
Su Yushan Zhang Lianmeng Wu Lizhi et al Formative laws of deep natural gas reservoir in Du-Qiao-Bai areas Dongpu depression of Bohai Bay basin[J]. Petroleum Geology & Experiment 2002 24(5): 418- 422
 - 13 谈玉明, 王德仁, 武晓玲. 东濮凹陷天然气成藏规律研究[J]. 国外油田工程, 2005 21(10): 43~ 44, 46
Tan Yuming Wang Deren Wu Xiaoling A study of formative laws of natural gas reservoir in Dongpu depression[J]. Foreign Oilfield Engineering 2005 21(10): 44- 46
 - 14 王秀林, 张洪波, 张孝义, 等. 前梨园洼陷深盆地气藏[J]. 石油与天然气地质, 2003 24(1): 58~ 61
Wang Xulin Zhang Hongbo Zhang Xiaoyi et al Deep basin gas accumulation in Qianliyuan depression[J]. Oil & Gas Geology 2003 24(1): 59- 60

(编辑 陈喜禄)

(上接第 785 页)

- Hao Fang Zou Huayao Fang Yong The difficulties and frontiers of research on subtle oil/gas reservoir[J]. Earth Science Frontiers 2005 12(4): 481- 488
- 7 吴金才, 孟闲龙, 王离迟, 等. 准噶尔盆地腹部隐蔽油气藏及勘探思路[J]. 石油与天然气地质, 2005 25(6): 682~ 685
Wu Jincai Meng Xianlong Wang Lichi et al Characteristics of subtle oil/gas reservoirs and exploration strategy in central Junggar basin[J]. Oil & Gas Geology 2005 25(6): 682- 685
 - 8 谢占安, 周锦明. 提高隐蔽油气藏勘探能力的新思路[J]. 石油地球物理勘探, 2005 40(5): 10
Xie Zhanan Zhou Jiming New ideas of improving subtle oil/gas reservoir exploration[J]. Oil Geophysical Prospecting 2005 40(5): 609- 615
 - 9 梁春秀, 王永春, 康伟力, 等. 现代勘探技术在隐蔽油气藏勘探中的作用[J]. 中国石油勘探, 2003 8(3): 50~ 58
Liang Chunxiu Wang Yongchun Kang Weili et al The effect of modern exploration technologies in the exploration of subtle reservoir[J]. China Petroleum Exploration 2003 8(3): 50- 58
 - 10 王焕弟, 牛滨华, 任敦占, 等. 隐蔽油气藏勘探现状与对策分析[J]. 石油地球物理勘探, 2004 39(6): 739~ 744
Wang Huandj Niu Binhua Ren Dunzhan et al Present conditions of subtle traps exploration and analyses of adopted measures[J]. Oil Geophysical Prospecting 2004 39(6): 739- 744

(编辑 高 岩)

(上接第 793 页)

- chuan[J]. Natural Gas Exploration and Development 2005 28(1): 5- 7
- 19 高胜利, 姚文宏, 朱广社. 四川盆地中西部地区上三叠统压力特征与油气运聚[J]. 西北地质, 2004 37(1): 75~ 79
Gao Shengli Yao Wenhong Zhu Guangshe Pressure characteristics and hydrocarbon migration of Upper Triassic in the mid-west part of Sichuan Basin[J]. Northwest Geology 2004 37(1): 75- 79
 - 20 李宗银, 李耀华, 王翎入. 川中- 川西地区上三叠统天然气成藏主控因素[J]. 天然气勘探与开发, 2005 28(1): 5~ 7
Li Zongyin Li Yaohua Wang Lingru Main control factors of natural gas reservoiring for Upper Triassic in central and western Sichuan[J]. Natural Gas Exploration and Development 2005 28(1): 5- 7
 - 21 兰大樵, 邱宗恬. 川西坳陷平落坝气田须二段气藏成藏研究[J]. 石油勘探与开发, 2006 29(3): 8~ 10
Lan Daqiao Qiu Zongtian Research on gas reservoiring for the second member of Xujiahe Formation in Pingluoba gas field Western Sichuan Depression[J]. Petroleum Exploration and Development 2006 29(3): 8- 10

(编辑 高 岩)