

文章编号:1001-6112(2012)06-0571-04

隐蔽圈闭解释模式的地层学意义及应用实例

李群¹, 郜建军¹, 何金海², 曾勇³, 刘娇⁴

(1. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214126;

2. 成都理工大学 能源学院, 成都 610059; 3. 中国石油化工股份有限公司 西南石油局 第五物探大队, 湖南 湘潭 411104; 4. 中国石油化工股份有限公司 西北分公司 石油勘探开发研究院, 乌鲁木齐 830011)

摘要:为突破准噶尔盆地中部隐蔽油气藏勘探瓶颈,在层序地层学及坡折带理论指导下,首次提出“等时一圈闭地震地质解释模式”的名称和定义,并通过地层对比的等时性和形态圈闭的有效性,以及单个朵叶体构成独立隐蔽圈闭来论述该模式的理论和实践意义。在分析准中1区块Z6、Z7井“串层”地质问题的勘探实例中,总结出朵叶体间呈现类似“七巧板”之间拼合的隐蔽圈闭时空组合特征,解决了井间对比串层的难题。并提出地震剖面解释中“轴串而层不串”的工作方法和解释技巧,由此说明“等时一圈闭地震地质解释模式”的正确性和推广应用价值。

关键词:地层学;层序地层学;隐蔽圈闭;地震地质解释;准噶尔盆地

中图分类号:TE122.3

文献标识码:A

Stratigraphic meaning and application case of interpretation mode of subtle trap

Li Qun¹, Gao Jianjun¹, He Jinhai², Zeng Yong³, Liu Jiao⁴

(1. Wuxi Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214126, China;

2. School of Energy, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China;

3. The Fifth Geophysical Service Company, Southwest Petroleum Bureau, SINOPEC, Xiangtan, Hunan 411104, China;

4. Research Institute of Petroleum Exploration & Production, SINOPEC Northwest Oilfield Company, Urumqi, Xinjiang, 830011, China)

Abstract: In view of the difficulties of subtle trap exploration in the middle Junggar Basin, based on the theories of sequence stratigraphy and slope break belt, it was proposed for the first time in this paper the name and definition of “isochronous-trap seismic geologic interpretation mode”. The mode was discussed and practiced in single subtle trap formed by single lobes body according to the isochronous nature of sequence contrast and the effectiveness of morphology trap. In solving the problem of serial layers between well Z6 and well Z7, the time and space combination features of subtle trap among lobes bodies were summarized as jigsaw puzzles. A new interpretation method based on the idea of “connection along axial direction and isolation between layers” was put forward.

Key words: stratigraphy; sequence stratigraphy; subtle trap; seismic geologic interpretation; Junggar Basin

1 隐蔽圈闭解释模式的建立

1.1 问题的提出

不同的地震地质解释模式会得出截然不同的地质研究结果。针对准噶尔盆地中部1区块有2种解释观点:平对和斜对。按照传统的依据地震波组(波峰或波谷)进行追踪的方法为“平对”(图1白色虚线),地震反射终止处多用断层解释;而按照地质体进积或退积的地震反射斜层响应的波形追踪的解释方法是“斜对”(图1蓝色实线)。那么,怎样解释才符合实际地质规律呢?

1.2 隐蔽圈闭解释模式的定义

本文首次将隐蔽圈闭解释模式命名为“等时一圈闭地震地质解释模式”,并定义为:“在层序地层格架内,追踪不同体系域内(尤其低位体系域)隐蔽形态圈闭的工作方法”。

2 理论和实践意义

2.1 理论意义

层序地层学是研究旋回式的、成因上有联系的、以侵蚀面(或无沉积作用面)或者与其可以对比的整合面为界的年代地层格架,以及沉积层序内

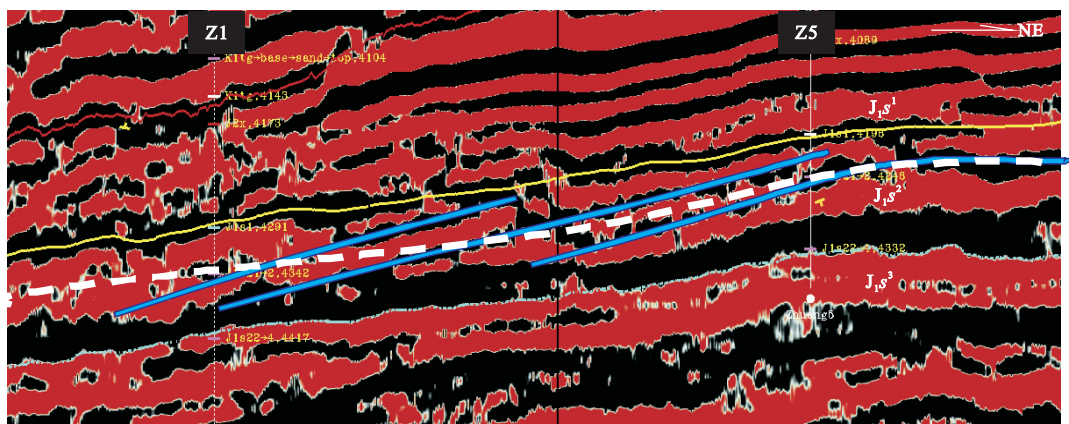


图1 准中1区块过Z1-Z5井地震反射波组的平对和斜对解释剖面

Fig.1 Interpretation profile of seismic reflection wave group from well Z1 to Z5 in block 1, middle Junggar Basin

部地层、岩相分布模式的学科^[1-6]。“等时—圈闭地震地质解释模式”的理论意义主要体现在2个方面。

2.1.1 地层对比的等时性

深入思考层序地层学概念的内涵,最关键的就是强调地层的等时对比。而我们的传统工作方式主要是等岩性对比。

这个问题要追溯到地震反射波组的性质。因为产生地震反射的物性界面主要是具有速度—密度差异(波阻抗差)的层面和不整合面^[7-10]。也就是说,建立在地震地层学基础之上的层序地层学是遵循“地震强反射轴原则上是等时的”根本原则。

由此可知,地震反射同相轴不是等岩性,而是等时的。在地震剖面上见到的反射终止现象也是地震同相轴等时性(单元)的例证,如:顶超、底超、上超、下超、前积体等。

在上述根本原则基础上,应用层序地层学理论,按照等时性原理,从单井层序出发,结合野外露头资料和地震剖面,划分层序界面,建立层序格架^[11-16]。在层序格架限定范围内追踪沉积体,就保证了地质体的等时性:即不同物源,不同沉积体,不同沉积相,不同岩性,不同的含油气性,都具有等时性。

2.1.2 形态圈闭的有效性

徐怀大教授曾指出:“地层不是千层饼,而是由多个朵叶体叠加而成”。由此推知,如果不是追踪等时界面,而是按等岩性试图进行全区范围内追踪对比地质界面,势必造成地层对比的不科学性。通常,地震反射同相轴是单个或多个不同级别地层单元界面反射的综合响应。受地震分辨率的影响,不同级别地层单元的等时性划分对比会受到限制。

准噶尔盆地中部1区块由于层序界面的地震

反射特征不明显,在地震剖面上划分层序有难度,由此出现前述的地震同相轴平对和斜对的分歧。为此,提出“等时—圈闭地震地质解释模式”的工作思路和流程。

在井震综合分析基础上,建立区域层序地层格架;在该等时格架控制下,追踪各体系域的沉积体;通过沉积体的追踪识别,可以发现一系列形态的圈闭;对这些圈闭进行反演处理、属性提取,并结合区域地质资料,优选出岩性圈闭(砂岩圈闭);最后对这些岩性圈闭开展油气检测分析,识别出含油气圈闭(有效圈闭),从而进行勘探部署。

由上述2方面分析可知,本文提出的“等时—圈闭地震地质解释模式”就是层序地层学在寻找隐蔽油气藏的实际工作中的研究思路和工作流程的具体指导。

2.2 应用价值

层序地层学主要作用包括:(1)建立等时地层格架,进行等时地层对比。(2)建立成因联系,确定低位域隐蔽含油砂体。而“等时—圈闭地震地质解释模式”能够具体剖析按照传统组段岩性解释模式的工作过程的不合理性,并提出具体的解释方法,能直接指导隐蔽圈闭的追踪和勘探部署。

准噶尔盆地侏罗系三工河组二段沉积时,具有“盆大水浅、源多坡缓、河长扇短”的特征^[17-20],致使研究区三角洲前缘水下分流河道频繁改道,砂体的横向摆动和纵向叠置造成了地震反射同相轴分叉、扭曲,解释难度很大。

按照传统组段界面(岩性界面)来标定和追踪地震同相轴,地震解释人员通常追踪地震强同相轴(图2a黑线)的波峰(图2a蓝线)。对于砂体横向摆动和纵向叠置造成的地震同相轴终止和扭曲,地震解释人员常将其解释为断层来实现全区追踪闭

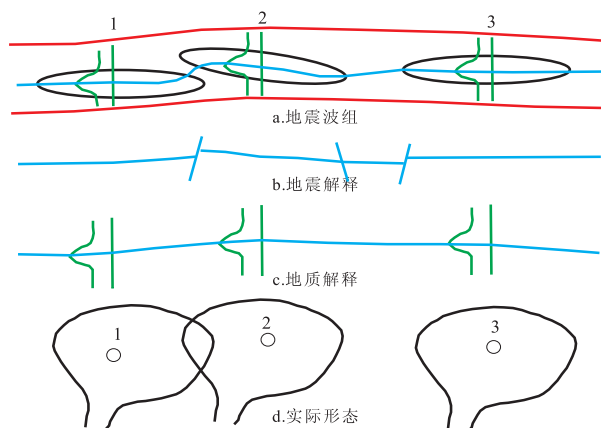


图2 等时—圈闭地震地质解释模式

Fig. 2 Isochronous-trap seismic geologic interpretation mode

合(图2b)。这种思路势必解释出大量的断层,造成不符合实际资料的情况。因为该区三工河组二段沉积时,车莫古隆起处于初始发育阶段,处于构造相对稳定期^[21-22]。如上解释层位,大量断层的应力来源和成因机制无法解释,并且断层的平面组合及走向也没有规律,致使地震解释工作陷入误区。

与此同时,地质人员进行砂体的横向对比时,受单井岩性及测井响应相似的影响,按照砂对砂、泥对泥的传统岩性对比方法,自然对3口井(图2a,2c绿线所示)认为是同一套砂体进行横向对比(图2c)。从而忽视了由于该区多物源交汇和河道频繁摆动,而使不同沉积体或不同物源的岩性和测井响应很相似的特点,由此步入地质认识的误区。

而实际的地质体是由多个形态相近的朵叶体所组成(图2d),并具有复杂的时空展布特征,每个朵叶体可能成为独立的含油单元,即隐蔽含油气圈闭^[23-24]。

为此,“等时—圈闭地震地质解释模式”提出首先追踪层序界面(或体系域界面)(图2a红线),再单独追踪每一个朵叶体的顶底界面(图2d黑线),从而确定出单个的形态圈闭。由此也解决了前述的“平对、斜对”的争论和各自的局限性。

3 勘探应用实例

准噶尔盆地中部1区块构造区划位于盆1井西凹陷。研究区的主要目的层为侏罗系三工河组二段一亚段($J_1s_2^1$)的底部砂岩和二亚段($J_1s_2^2$)的顶部砂岩,主要为三角洲前缘亚相水下分流河道和支流间湾微相。研究区多数钻井已获工业油气流,油气资源勘探潜力大,现已成为勘探开发热点地区。

在对工区北部的Z6井与新完钻的Z7井进行

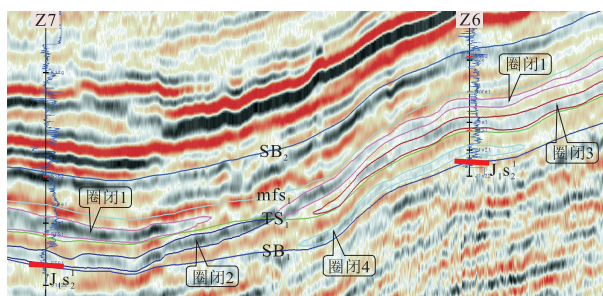


图3 准中1区块过Z7-Z6井地震地质解释剖面

Fig. 3 Seismic geologic interpretation profile from well Z7 to Z6 in block 1, middle Junggar Basin

地层对比时发现,钻/测井地质分层(如图3红色线为地质分层的 $J_1s_2^1$ 底界)特征对应很好,但标定到地震剖面上却出现串轴现象(如图3中,Z7井 $J_1s_2^1$ 对应的圈闭2按强轴追踪对比到Z6井的圈闭1,明显串轴),一时难以解决。为此,应用“等时—圈闭地震地质解释模式”开展深入研究,分析结果出现类似“七巧板”之间拼合的隐蔽圈闭组合特征,即在拼合处切剖面,2个隐蔽圈闭的反射同相轴就形似同一个轴,而不在拼合处的隐蔽圈闭就表现为2个单独的同相轴(图4)。由此提出“轴串层不串”的结论,并解决了Z6-Z7串层难题,有效指导了勘探工作。

具体分析如下:为了解决Z7和Z6井的地质分层 $J_1s_2^1$ 底界在地震剖面上的串层问题,首先建立了层序格架,即在图3中蓝色线为层序顶底界面(SB_2 和 SB_1);绿色线为初次洪泛面(TS_1),也是低位体系域的边界;淡蓝色线为最大洪泛面(mfs_1)。若证明Z7和Z6井的 $J_1s_2^1$ 底界对比是正确的(即不串层),就转化为地震解释线 TS_1 穿过圈闭2所在的强反射同相轴是正确的。即证明图3中圈闭2强轴和相连的圈闭1强轴是拼合关系,而不是一套地层。

为此,以图3中的圈闭1,2,3为种子点,在平面上追踪出3个隐蔽圈闭(图4a中红色为圈闭1,蓝色为圈闭2,紫色为圈闭3),相当于3块七巧板。下面由南向北切了4条地震剖面来说明他们之间的拼合关系。

1)从圈闭2,3未拼合处所切剖面(图4a)可以看出,圈闭1连续性好,而圈闭2(图4a蓝色线所示)和圈闭3(图4a紫色线所示)的反射同相轴是断开的。

2)在圈闭2和3拼合处所切剖面中(图4b)可以看出,圈闭1连续性好,而圈闭2和3的反射同相轴是拼合连接的,拼合带用黑色虚线表示。

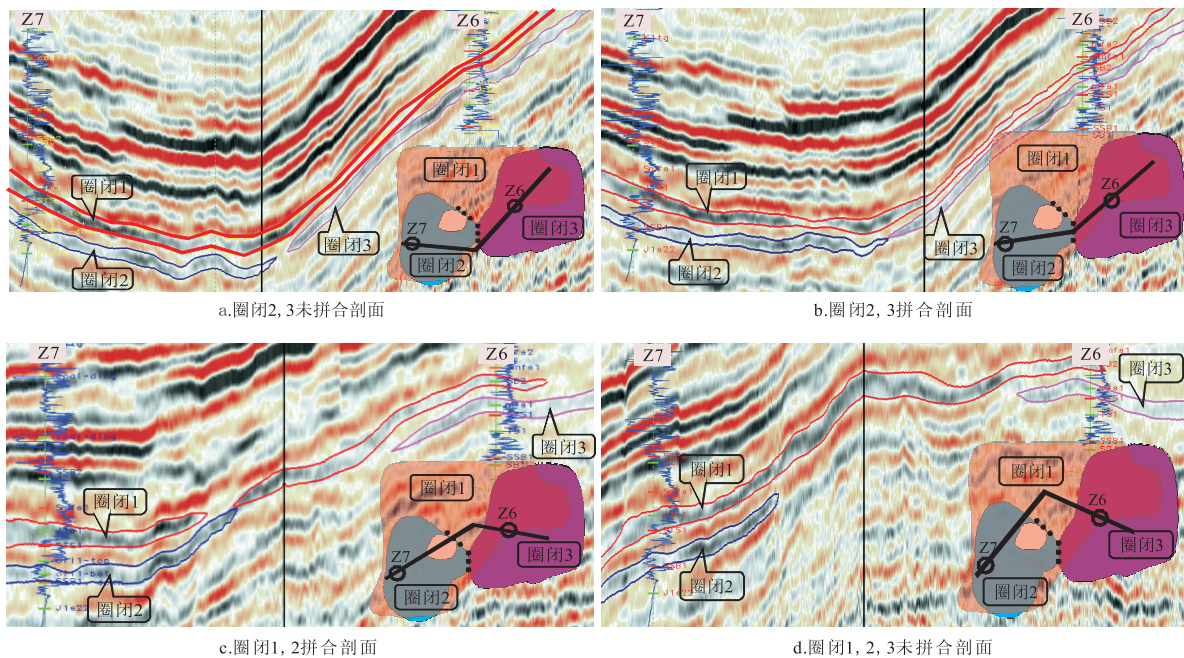


图4 准中1区块过Z6-Z7地震地质解释剖面

Fig. 4 Seismic geologic interpretation profile from well Z6 to Z7 in block 1, middle Junggar Basin

3) 在圈闭1和2拼合处所切剖面中(图4c)可以看出,白色部位是圈闭1的反射空白带,恰好圈闭2拼合到圈闭1空白带的内边缘,形成剖面上圈闭2和1反射同相轴对接,好似同一个轴的假象。

4) 在圈闭1,2,3未拼合处所切剖面中(图4d)可以看出,圈闭1连续性好,而圈闭2和3的反射同相轴是完全分开的。

从上述分析可知,3个圈闭的不同拼合关系,造成了地震剖面“串轴”的假象。但“等时—圈闭地震地质解释模式”解决了井间对比串层这个用传统分析地震单剖面无法攻克的难题。由此总结出地震剖面解释中“轴串而层不串”的工作方法和解释技巧。

4 结论

1) 层序地层学强调的等时性原则是地层划分对比的基本原则,改变以往等岩性对比的工作方法,有助于发现更多的隐蔽圈闭。

2) 首次提出的“等时—圈闭地震地质解释模式”是层序地层学在实际应用中总结出的工作方法,具有理论意义和实际应用价值,是直接有效的寻找隐蔽圈闭的研究思路和工作方法,值得推广应用。

参考文献:

[1] Van Wagoner J C, Posamentier H W, Mitchum R M, 等. 层序地层学基础综述和关键定义 [M] // 徐怀大, 译. 层序地层学原理: 海平面变化综合分析. 北京: 石油工业出版社, 1993: 49-55.

[2] 王华. 层序地层学基本原理、方法与应用 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2008.

[3] 池秋鄂, 龚福华. 层序地层学基础和和应用 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.

[4] 蔡希源, 李思田. 陆相盆地高精度层序地层学: 隐蔽油气藏勘探基础、方法、与实践 (基础理论篇) [M]. 北京: 地质出版社, 2004.

[5] 蔡希源, 宋国奇. 陆相盆地高精度层序地层学: 隐蔽油气藏勘探基础、方法与实践 (技术方法篇) [M]. 北京: 地质出版社, 2004.

[6] 蔡希源, 郑和荣. 陆相盆地高精度层序地层学: 隐蔽油气藏勘探基础、方法与实践 (应用实践篇) [M]. 北京: 地质出版社, 2004.

[7] 印兴耀, 韩文功, 李振春. 地震技术新进展 (下) [M]. 东营: 石油大学出版社, 2006.

[8] 杨占龙, 黄云峰, 郭精义. 地震信息多参数综合分析 with 岩性圈闭识别、优选和评价 [J]. 西北油气勘探, 2005, 17(3): 6-14.

[9] 蔡刚, 吕锡敏, 龚洪林, 等. 物探解释新技术在隐蔽油气藏勘探中的应用: 以准噶尔盆地为例 [J]. 西北油气勘探, 2005, 17(2): 49-57.

[10] 刘军, 沈向存, 任丽丹, 等. 塔里木盆地顺托果勒低隆区志留系隐蔽性圈闭识别与描述: 高分辨率储层预测技术在 S1 井三维区的应用 [J]. 石油实验地质, 2012, 34(S1): 12-16.

[11] 张福顺. 准噶尔盆地腹部三工河组二段层序界面厘定 [J]. 新疆石油地质, 2006, 27(5): 539-541.

[12] 周雨双, 李群, 姜海健, 等. 塔里木盆地巴楚隆起 HT1 井区志留系层序地层分析和隐蔽圈闭识别 [J]. 石油实验地质, 2011, 33(4): 359-363.

[13] 王居峰, 邓宏文, 蔡希源. 准噶尔盆地中部侏罗系层序地层格架 [J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(1): 23-26.

2)腰英台地区油气成藏耦合关系良好。复合圈闭的定型期稍早于或同步于大规模烃源成熟期,油气生排烃后就近运移至圈闭中而聚集成藏;其断层和砂体输导运移通道与构造—岩性复合圈闭相互优势匹配,且不同的圈闭类型有着不同的输导通道。

3)腰英台区块在一系列走向近南北的正断层与各种类型砂体圈闭的相互配置,而易形成的构造—岩性复合油气藏主要有边滩复合成藏模式、薄层席状砂复合成藏模式、滨岸砂复合成藏模式、河道砂复合成藏模式、河道砂低幅度构造成藏模式和透镜砂体复合成藏模式6种。

4)对有利成藏区带进行评价,预测出腰英台地区西部断坡带以东区域是油气成藏的有利区带(图2)。受构造演化背景与不同沉积相带叠置关系的控制,腰英台已具备形成大中型油气田的资源条件,拥有亿吨级大中型整装构造—岩性复合油气藏的良好前景。

参考文献:

[1] 王永春. 松辽盆地南部岩性油藏的形成和分布[M]. 北京:石油工业出版社,2001.
 [2] 周荔青,张淮. 松辽盆地乾安长岭凹陷大中型岩性—构造复合型油气田形成特征[J]. 石油实验地质,2003,25(5):445-451.
 [3] 杨明达,杨铭辉,唐振兴,等. 松辽盆地南部大情字井地区油气分布控制因素分析[J]. 石油实验地质,2003,25(3):252-256.
 [4] 赵文智,李建忠. 基底断裂对松辽南部油气聚集的控制作用[J]. 石油学报,2004,25(4):18-20.
 [5] 吴亚东,赵文智,邹才能,等. 松辽盆地南部岩性—地层油气藏成藏规律[J]. 新疆石油地质,2006,27(1):19-22.
 [6] 毛超林,赵占银,马玉天,等. 松辽盆地南部岩性油藏特征及

勘探潜力[J]. 中国石油勘探,2005,25(6):1-5.
 [7] 刘鸿友,沈安江,王艳清,等. 松辽盆地南部泉头组—嫩江组层序地层与油气藏成因成藏组合[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2003,33(4):469-473.
 [8] 王震亮,刘林玉,于铁星,等. 松辽盆地南部腰英台地区青山口组油气运移、成藏机理[J]. 地质学报,2007,81(3):419-427.
 [9] 匡朝阳,高锐,史海英,等. 长岭地区东北部拗陷层油气成藏特征及储层预测[J]. 地球物理学进展,2008,23(3):808-813.
 [10] 沈武显,樊太亮,王宏语,等. 松南长岭地区凹陷层油气富集规律深入探讨[J]. 中南大学学报:自然科学版,2010,41(2):715-721.
 [11] 沈武显,樊太亮,宫雪,等. 松南长岭地区沉积层序演化与成藏要素特征研究[J]. 沉积学报,2011,29(2):277-285.
 [12] 邹才能,薛叔浩,赵文智. 松辽盆地南部白垩系泉头组—嫩江组沉积层序特征与地层—岩性油气藏形成条件[J]. 石油勘探与开发,2004,31(2):14-17.
 [13] 郭巍,刘招君,董惠民,等. 松辽盆地层序地层特征及油气聚集规律[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2004,34(2):216-221.
 [14] 孙钰,钟建华,姜在兴,等. 松辽盆地南部凹陷期层序地层研究[J]. 中国石油大学学报:自然科学版,2006,30(5):1-7.
 [15] 张枝焕,吴奉元,俞凯,等. 松辽盆地长岭地区烃源岩地球化学特征[J]. 新疆石油地质,2002,23(6):501-506.
 [16] 焦里力,俞昊,任涛. 长岭凹陷腰英台油田腰西区青山口组储层沉积微相研究[J]. 石油实验地质,2011,33(3):249-254.
 [17] 李建忠,杨涛,王立武,等. 松辽南部大情字井地区断裂构造特征及其控油作用[J]. 石油勘探与开发,2004,31(1):18-20.
 [18] 任以发,赵晓华,田培进,等. 松南盆地长岭凹陷腰英台区块断裂构造及储层特征[J]. 天然气地球科学,2005,16(2):206-209.
 [19] 张奉东,马收. 松辽盆地长岭凹陷腰英台油田地应力及天然裂缝场研究[J]. 石油实验地质,2008,30(2):150-153.
 [20] 杨明达,杨铭辉,唐振兴,等. 松辽盆地南部大情字井地区油气分布控制因素分析[J]. 石油实验地质,2003,25(3):252-256.

(编辑 徐文明)

(上接第574页)

[14] 何登发,翟光明,况军,等. 准噶尔盆地古隆起的分布与基本特征[J]. 地质科学,2005,40(2):248-261.
 [15] 李群,何金海,王保才. 准噶尔盆地MXZ地区侏罗系隐蔽油气藏成因模式新认识[J]. 石油实验地质,2010,32(1):24-27.
 [16] 董洁,陈世悦,袁波. 时频分析精细划分欢喜岭地区地层层序[J]. 断块油气田,2010,17(2):146-149.
 [17] 王芙蓉,何生,何治亮,等. 准噶尔盆地腹部地区深层砂岩储层孔隙特征研究[J]. 石油实验地质,2010,32(6):547-552.
 [18] 陈世加,展燕,路俊刚,等. 准噶尔盆地腹部石南31井白垩系油气成因与运移方向[J]. 石油实验地质,2010,32(4):382-386.

[19] 李丕龙. 准噶尔盆地石油地质特征与大油气田勘探方向[J]. 石油学报,2005,26(6):7-9.
 [20] 贾进斗. 准噶尔盆地天然气藏地质特征及分布规律[J]. 天然气地球科学,2005,16(4):449-455.
 [21] 赵宏亮. 准噶尔盆地车莫古隆起演化及其控藏规律[J]. 新疆石油地质,2006,27(2):160-162
 [22] 吴晓智,张年富,石昕,等. 准噶尔盆地车莫古隆起构造特征与成藏模式[J]. 中国石油勘探,2006,11(1):65-68.
 [23] 牟琨,云金表. 准噶尔盆地腹部隐蔽油气藏类型与成藏主控因素[J]. 石油实验地质,2010,32(2):154-158.
 [24] 秦都. 准噶尔盆地腹部隐蔽油气藏类型划分与形成机理[J]. 石油实验地质,2009,31(4):356-361.

(编辑 黄娟)