

文章编号: 0253—9985(2009)06—0726—06

鄂尔多斯盆地西缘麻黄山地区中生界油藏富集规律

晓琪, 张峭楠, 谢世文, 冯一波

(成都理工大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川 成都 610059)

摘要: 断裂特征、典型油藏解剖和剩余压力分布特征研究结果表明, 鄂尔多斯盆地西缘麻黄山地区中生界油气分布和成藏组合在不同构造带有较大的差别, 油藏受构造影响明显。西缘冲断带主要发育源外成藏组合和远源成藏组合, 油藏主要为断块油藏和断背(鼻)油藏, 油藏面积小、油柱高度大、储量小、产量高; 中央凹陷带主要发育源内成藏组合, 主要为致密低渗岩性油藏, 油藏面积大、油柱高度小、产量低; 而东部凸起带, 源内、源外和远源成藏组合均发育, 油藏则主要为背斜—岩性油藏。

关键词: 致密砂岩; 源外成藏组合; 远源成藏组合; 油气分布规律; 中生界; 麻黄山; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: TE122.1 **文献标识码:** A

Hydrocarbon accumulation pattern in the Mesozoic of Mahuangshan area in the western margin of the Ordos Basin

Ding Xiaoli, Zhang Shaonan, Xie Shiwen, Feng Yibo

(State Key Laboratory of Oil & Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology

Chengdu Sichuan 610059 China)

Abstract: An analysis is performed on the fault characteristics, typical reservoirs and residual pressure distribution in the Mesozoic of the Mahuangshan area in the western margin of Ordos Basin. The results show that the hydrocarbon distribution and plays here vary greatly in different structural belts and structural control on reservoirs is significant. In the thrust belt in the western margin proximal plays and distal plays are predominant. The reservoir types here are mainly fault block and faulted anticlinal (nose) reservoirs featuring in small area but high oil column and small reserve but high production. While in the central depression, the indigenous plays are predominant. The reservoirs here are tight low permeability type featuring in large area, low oil column and low production. In the eastern uplift belt proximal, distal and indigenous plays all occur. The reservoirs are dominated by anticline lithologic reservoirs.

Key words: tight sand; proximal play; distal play; hydrocarbon distribution pattern; Mesozoic; Mahuangshan; Ordos Basin

麻黄山地区位于鄂尔多斯盆地西缘冲断带中段, 向东与天环坳陷中段衔接过渡^[1]。区内构造特征存在明显的东、西差异: 西部断裂构造发育, 东部构造相对简单, 表现出由东向西构造趋于剧烈、复杂。从构造格局上看, 麻黄山地区具东西向

分带的特征, 可划分出西缘冲断带、中央凹陷带和东部凸起 3 个明显的构造带(图 1)。

20 世纪 50 年代始, 长庆等石油勘探部门在该区块及其周围地区先后发现了大水坑、红井子、摆宴井等小型油田^[1, 2], 油区主要目的层为三叠系延

收稿日期: 2009—03—09

第一作者简介: 丁晓琪(1981—), 男, 博士后、讲师, 石油地质学。

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(40602012)。

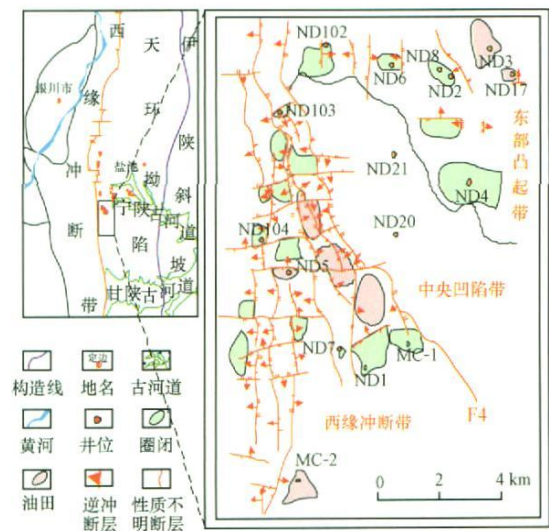


图 1 麻黄山地区构造分区
Fig 1 Structural division in Mahuashan area

长组和侏罗系延安组, 均为一套河—湖相沉积^[3]。近年来, 中石化华北分公司对麻黄山进一步勘探, 在延安组发现了多口高产油流井, 充分展示出麻黄山地区油气潜力大, 具有良好的油气勘探前景。然而, 油藏分布在纵向和平面上存在较大差别, 如何利用有限的钻井、录井、测井及试油试采资料来分析油气分布规律是当前勘探开发的重要问题。

本文通过解剖不同构造带的压力特征、油藏类型及组合特征, 归纳研究区油层的分布规律, 预测下一步的重点勘探方向, 具有重要的勘探和经济价值。

1 断裂特征

依断裂发育程度, 研究区以摆宴井断裂 (F4) 为界, 分为东部构造稳定区和西部构造活动带。东部构造稳定区由中央凹陷和东部凸起组成, 其断裂不发育。西部逆冲推覆在白垩纪达到鼎盛时期, 受到强烈的挤压与剪切, 形成以冲断为主的构造面貌^[4]。平面上西部构造活动带主要由 4 条近于平行的燕山期逆掩断层 (主断层) 组成, 4 条主断层由北向南延伸, 中部被多条近东西向的调节断层错段。主断层水平推覆距在 100 ~ 500 m 断距超过 100 m 延伸长度大于 10 km 调节断层水平推覆距小于 100 m 断距小于 100 m 延伸长度小于 10 km。

综合区域构造特征研究, 麻黄山地区断裂和伴生的褶皱易形成断块背斜、背斜及牵引背斜等构造, 并且可成排分布 (图 2)。前人的研究成果和地震资料揭示^[5-6], 研究区西部中生界以逆冲推覆为主, 地层倾角大、断层发育、地层复杂。等值

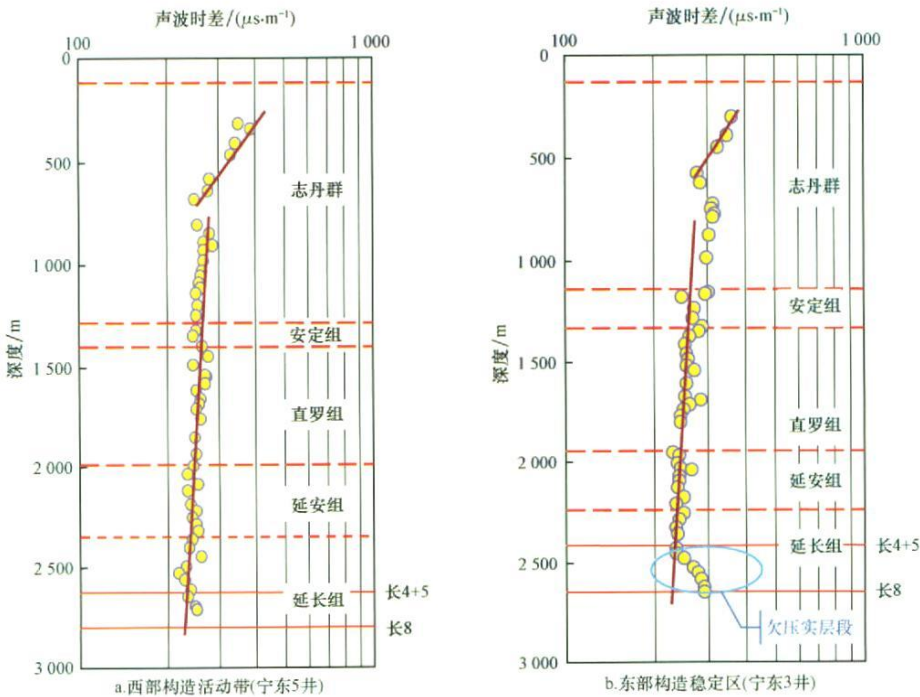


图 2 研究区不同构造带泥岩压实特征
Fig 2 Compaction characteristics of mudstones in different structural belts of the study area

线走向复杂,局部形成圈闭,圈闭规模大小不等。逆断层可能形成断层遮挡,为圈闭的形成提供了条件,主要圈闭类型为断块和断背(鼻)圈闭;而东部构造稳定,等值线走向平缓开阔,凹陷相间,发育低幅背斜和鼻状构造。

2 剩余压力分布特征

泥岩中的欠压实往往与快速埋藏、烃源岩排烃不畅及构造抬升有关^[7,8]。在正常情况下,泥岩的声波时差与埋深在半对数坐标系中常表现为一直线,当出现欠压实时,泥岩压实曲线则偏离这一正常的趋势。通过研究区大量钻井的泥岩压实曲线分析,发现西部构造活动带和东部稳定区的泥岩压实曲线存在较大的差异。西部构造活动带延长组和延安组不存在明显的欠压实带;东部构造稳定区延安组欠压实不明显,但延长组特别是长4+5以下地层存在明显的欠压实(图2)。根据等效深度^[9]法对研究区中生界的异常压力进行研究,结果表明,延安组剩余压力普遍在0~6 MPa之间,延长组剩余压力在西部构造活动带低于5 MPa,而在东部的构造稳定区则超过15 MPa。

3 油藏特征分析

3.1 西缘冲断带

西缘冲断带受局部强烈构造活动的影响,断裂极为发育且规模大,多为向西倾斜、呈弧形向东

突出的逆冲断裂。大型逆冲断裂断距大、断开层位多,并多期发育。断层一方面提供了油气运移通道;另一方面阻隔油气运移,使油气聚集成藏。到目前为止,麻黄山西缘已发现3个典型的油藏。

摆宴井油藏是一个大型逆断层下的潜伏构造,由次一级断层复杂化的3个背斜组成(图3a)。背斜带轴线呈北西—南东向展布,构造南北长14 km,东西宽1.5~3.5 km,两翼倾角 $6^{\circ}\sim 18^{\circ}$ 。3个背斜分别被近于南北向的逆断层及东西向的调节断层分割成13个断块,其中7个断块含油,主要为断块油藏和断背油藏。微细裂缝和裂隙发育,摆1井延安组油层垂直裂隙长达35 m,摆10井延安组油层“X”型裂隙使岩心破碎成小块。延安组延2—延10九个油层中除延4、延7外,其余7个油层组不同程度含油。总含油面积6.9 km²,地质储量 465×10^3 t,可采储量 146×10^3 t。

环池油田构造整体上处于西缘断褶带发育区中段(图3b),MC-2断背斜圈闭面积约2.4 km²,闭合幅度约30~40 m,轴向近南北向,与摆宴井油田众多背斜构造的形成机制相似,是鄂尔多斯盆地西缘大型逆掩断层向东逆冲形成的挤压背斜构造,被次级调节断层复杂化。这些次级调节断层的上下盘常分别形成断鼻或断背斜构造,成为良好油气圈闭。MC-2断背斜油藏油柱高度为18.5 m,MC-2日产油达51 m³。

ND5油藏是被两条近于正交的逆断层分割的受岩性控制的断背斜(图3c)。圈闭位于逆断层的上升盘,逆断层起封堵作用。ND5断背斜油藏

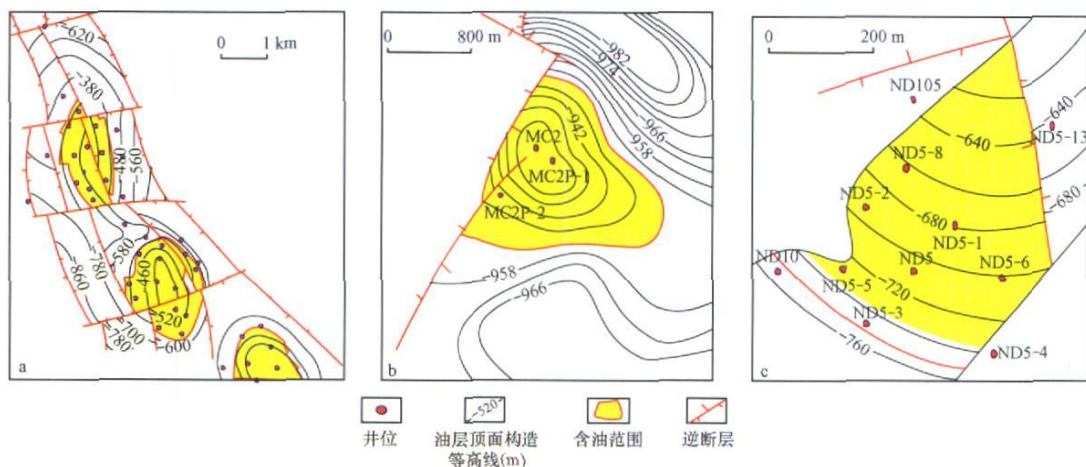


图3 西缘冲断带典型油藏特征

Fig 3 Typical reservoir characteristics of the western margin thrust belt

油柱高度超过 100 m, ND5 日产油 18.5 m³。虽然 ND5 井产油层位为延 8 但在延 6、延 9 及延长组均见到沥青, 说明该区域发生过油藏的破坏和油气的重新聚集。

以上 3 个油藏在中生界普遍含油, 但主要的含油层位为延安组。圈闭均为被逆断层和调节断层分割的挤压背斜, 背斜轴向与推覆体走向一致, 近南北向。圈闭含油面积小, 但油柱高度大, 产量普遍较高。

3.2 中央凹陷带

中央凹陷带构造活动稳定、断裂不发育、构造起伏不大, 主体为单斜构造。油气的分布主要受沉积相控制, 几乎不受构造影响。油层主要赋存于上倾砂体尖灭处, 属典型的岩性油气藏。由于中央凹陷带钻井仅数口, 仅 ND20 和 ND21 井可作研究, 通过测井、试油发现, 凹陷带油气主要分布在延长组和延安组。长 6 和长 3 和延 10 段含油程度相对较高, 但产量偏低, 油水界面也不易划分, 这主要与延长组储层的致密低渗透有关^[10]。砂体发育、孔渗好、构造位置高的部位常可见油层分布。

3.3 东部凸起带

东部凸起带构造相对稳定, 仅受不均一应力影响, 局部产生有裂缝或小断层, 断距小, 一般未断穿延长组。区带内背斜、鼻状构造颇为发育, 构造起伏平缓。油气主要聚集在具良好保存条件下的构造高点位置, 油气的重新分配受局部裂缝和小断层的影响。该区带由西往东具有代表性的井区有 ND3 油藏和 ND17 油藏。

ND3 井区油气主要集中在延 8 段, 油气富集于背斜高点的砂体中, 是受岩性控制的背斜油气藏 (图 4)。结合岩心、测井资料, 延 8 段砂体的油水界面极为清晰, 油藏面积 0.04 m², 油柱高度 8 m。

ND17 井区油气集中在延 4+5 段中。下伏的延 8 圈闭为空圈闭, 钻井取心显示为油斑—油浸, 裂缝发育, 但电阻率测井值较低, 试油结果为水层。通过分析, ND17 延 4+5 油藏为延 8 油藏破坏后油气重新聚集形成的次生油藏, ND17 延 4+5 油藏与 ND3 井延 8 油藏一样, 仍然是一个受岩性控制的背斜油气藏, 油藏面积小, 且油柱高度小, 但产量高。

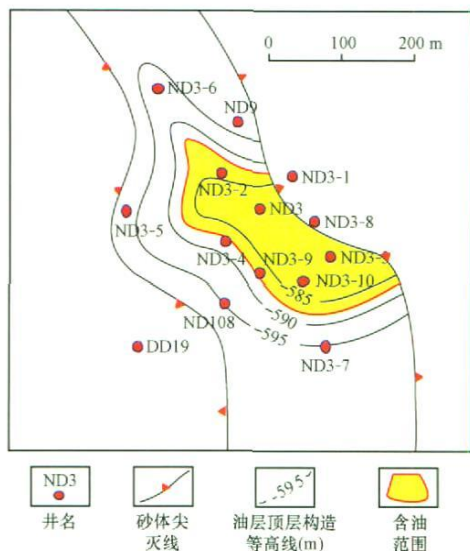


图 4 宁东 3 油藏平面图

Fig 4 Map view of the reservoirs in well ND3

4 讨论

早白垩世末, 上三叠统延长组的烃源岩 (主要为长 7) 达到生烃高峰^[10~12], 在厚层泥岩的封闭下, 开始增压并形成异常压力。燕山运动晚期形成的大量逆冲推覆断层破坏了研究区西部封盖层的完整性, 使之泄压, 变成近正常的压力系统。这些断层, 不仅仅破坏了中生界的地层, 部分断层甚至延伸到第四系; 而研究区中部凹陷及东部凸起, 由于构造稳定, 延长组厚层泥岩中仍存在较大的剩余压力, 剩余压力越大, 说明其延长组内部的封盖能力越好; 而剩余压力小, 则说明断层或输导层导致了压力的泄漏。由于断层的活动与生烃高峰基本一致, 压力的泄漏和变低意味着油气的向上聚集成藏。因此, 通过剩余压力分布特征分析, 中部凹陷带及东部凸起带延长组含油气性可能要好于西缘冲断带。

研究区断层沟通了烃源岩与不同层位储集层的接触。根据盖层的分布特征、距烃源岩的距离及成因储层特征, 在垂向上可划分出 3 种储盖组合: 源内组合、远源组合和源外组合。①源内组合指长 7 为烃源岩, 延长组三角洲前缘砂岩为储层, 盖层主要为长 7 和长 4+5 的湖侵泥岩; ②远源组合是以延 10—延 8 地层中的三角洲平原砂岩为储层, 盖层主要为延 7 的区域性泥岩; ③源外组合指

延 4+5 以上三角洲平原或河道砂岩为储层,局部泥岩地层为盖层^[13]。由于沉积环境、构造作用及距油源距离对这 3 种组合的控制因素不同,它们具有各自的组合特征(表 1)。从延长组到延安组,储层物性及产量向上变好或增加,但储量向上变小。

成藏组合在西缘冲断带、中央凹陷带和东部凸起带 3 个区带上也有明显的差别(图 5)。西缘冲断带因断层引成油气运移,源内组合遭到不同程度的破坏(薄片下延长组的沥青说明油藏的破坏),主要以远源组合和源外组合为主。由于强烈的逆冲推覆作用,形成一系列的小断块,圈

闭面积小,但闭合高度大。所以油藏具有储量小,产量高的特点;西缘冲断带南端,由于构造相对变弱,源内组合同样存在,主要发育源内组合和远源组合。中央凹陷带由于稳定的构造特征,使延长组仍保留有较高的剩余压力,使得源内成藏组合发育,兼有远源成藏组合,源内成藏组合形成的油藏主要为岩性油藏。由于延长组离物源近,油藏具有面积大,闭合高度小,储量大的特点,同时由于岩性致密,产量普遍低;东部凸起带,局部存在裂缝和小断层,部分油藏遭到破坏发生重新聚集,油层在纵向分布较广,3 套成藏组合均有可能存在。

表 1 麻黄山油气成藏组合特征
Table 1 Play distribution characteristics in Mahuangshan area

成藏组合	储层层位	距烃源岩距离/m	主要盖层	主要储层	主要发育带
源内组合	长 6、长 8	80~100	长 4+5 长 7	三角洲前缘细砂岩、致密低渗透	中央及东部
远源组合	延 10—延 8	240~300	延 7	三角洲平原细—粗砂岩、物性好	西缘及东部
源外组合	延 4+5	>400	延 3	三角洲平原及河道细—中砂岩,物性好	东部

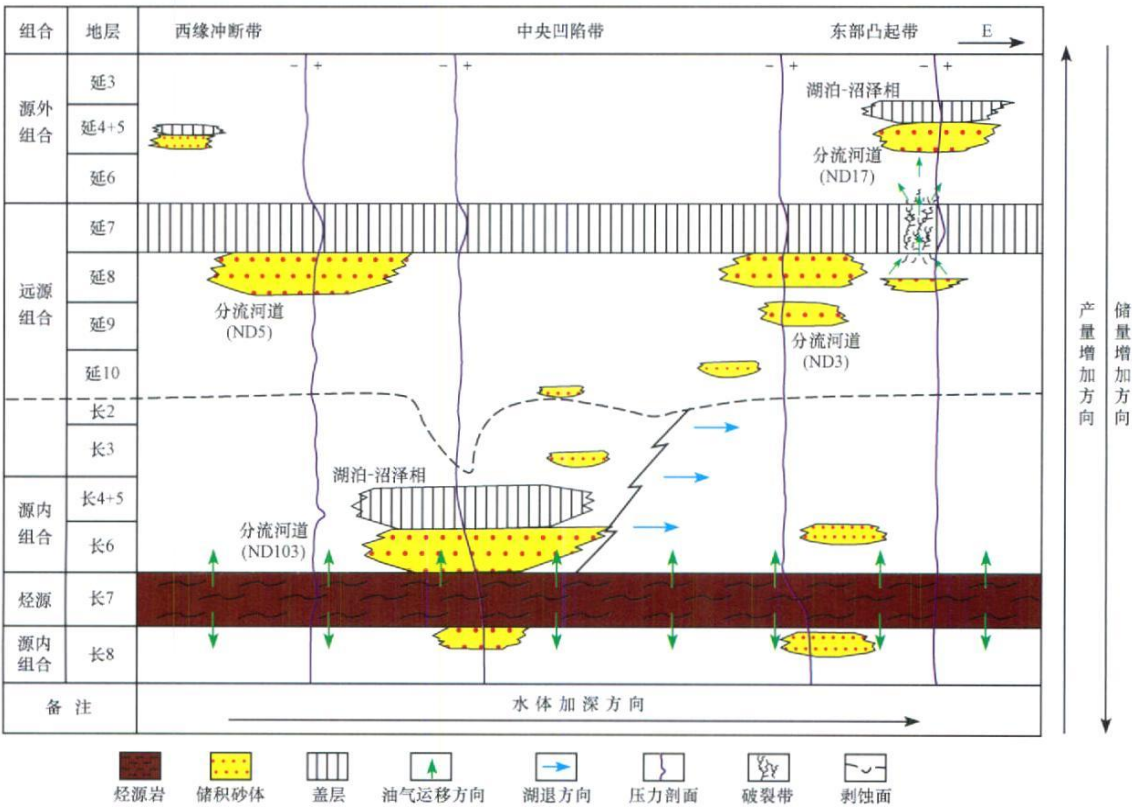


图 5 各区带成藏组合垂向特征
Fig 5 Vertical play characteristics in different belts

5 结论

源内组合主要发育在中央构造稳定区和东部凸起带, 以致密低渗岩性油藏为主, 油藏具有面积大、油柱高度小、储量大而产量低的特点; 远源组合主要发育在西缘冲断带和东部凸起带, 以断块油藏和断背(鼻)油藏为主, 油藏具有面积小, 油柱高度在西缘冲断带较东部凸起大、储量小而产量高的特点; 源外组合在西缘冲断带和东部凸起带均有发育, 是远源组合遭到破坏后形成的次生油藏, 储量小、但产量高。从源内组合—远源组合—源外组合, 随着离烃源岩距离的增大, 储层物性变好, 储量依次减小, 产量依次增高。

参 考 文 献

1 长庆油田石油地质编写组. 长庆油田石油地质志 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1987

2 罗群. 鄂尔多斯盆地西缘马家滩地区冲断带断裂特征及其控藏模式 [J]. 地球科学, 2008 29(5): 619 ~ 627

3 赵俊兴, 陈洪德. 鄂尔多斯盆地侏罗纪早中期陕甘古河的演化变迁 [J]. 石油与天然气地质, 2006 27(2): 152 ~ 159

4 赵重远. 鄂尔多斯地块西缘构造演化及板块应力机制初探 [A]. 见: 内蒙古石油学会编. 鄂尔多斯盆地西缘地区石油地质论文集 [C]. 内蒙古 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1983

5 谭俊敏, 刘丽峰, 许云书, 等. 麻黄山西区块二维地震资料综合解释与圈闭评价 [J]. 石油与天然气地质, 2007 28(1): 92 ~ 100

6 孙家振. 前陆盆地逆冲断层类型与形成机制——以鄂尔多斯地块西缘和塔里木盆地北缘为例 [J]. 石油与天然气地质, 1991, 12(4): 406 ~ 416

7 Jansa L F, Noguera urea V H. Geology and diagenetic history of overpressured sandstone reservoir Venture gas field offshore Nova Scotia, Canada [J]. AAPG 1990 74(10): 1 640—1 658

8 Luhanzaido M, Goult N R, Swabrick R E. Dependence of sonic velocity on effective stress in North Sea Mesozoic mudstones [J]. Marine and Petroleum Geology 2006 23(6): 647—653

9 李延钧, 陈又才, 杨远聪, 等. 板桥凹陷古流势与油气运移聚集史研究 [J]. 沉积学报, 1996 14(4): 94 ~ 101

10 邓秀芹, 刘新社, 李士祥. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组超低渗透储层致密史与油藏成藏史 [J]. 石油与天然气地质, 2009 30(2): 156 ~ 161

11 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003

12 Yongtai Yang, Wei Li, Long Ma. Tectonic and stratigraphic controls of hydrocarbon systems in the Ordos basin: a multicycle tectonic basin in central China [J]. AAPG 2005 89(2): 255—269

13 丁晓琪, 张哨楠. 鄂尔多斯盆地西南缘延安组层序地层分析 [J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2008 35(6): 681 ~ 685

(编辑 高 岩)

(上接第 725 页)

参 考 文 献

1 谢润成, 周文, 高雅琴, 等. 应用偏相关+灰关联方法进行致密砂岩气藏压裂地质选层 [J]. 石油与天然气地质, 2008 29(6): 797 ~ 800

2 张明利, 金之钧, 万天丰, 等. 柴达木盆地应力场特征与油气运聚关系 [J]. 石油与天然气地质, 2005 26(5): 674 ~ 679

3 周文, 闫长辉, 王世泽, 等. 油气藏现今地应力场评价方法及应用 [M]. 北京: 地质出版社, 2007 3 ~ 5 17 ~ 25 48 ~ 72

4 周志军, 李菁, 刘永建, 等. 低渗透油藏渗流场与应力场耦合规律研究 [J]. 石油与天然气地质, 2008 29(3): 391 ~ 396 404

5 邓莉. 川西坳陷沙溪庙组气藏成藏主控因素探讨 [J]. 断块油气田, 2003 10(5): 26 ~ 28

6 肖富森, 李正文, 徐明华, 等. 川西盐井沟构造沙溪庙组砂体分布特征浅析 [J]. 天然气工业, 2004 24(11): 42 ~ 44

7 王二七, 孟庆任. 对龙门山中生代和新生代构造演化的讨论 [J]. 中国科学(D辑: 地球科学), 2008 38(10): 1 221 ~ 1 233

8 张兴权, 安玉玲. 天然地震与构造裂缝、油气运移的关系研究 [J]. 石油勘探与开发, 2000 27(4): 106 ~ 108

9 国家地震科学数据共享中心. 专题数据——中国震例 [DB/OL]. <http://data.earthquake.cn/data>

10 董树文, 张岳桥, 龙长兴, 等. 四川汶川 8 级地震的发震机理分析 [DB/OL]. <http://www.geotech.ac.cn/wenchuanzhizhen>

11 李学森, 吴汉宁, 张小浩, 等. 钻井岩心重定向的古地磁方法及其可靠性研究 [J]. 油气地球物理, 2006 27(4): 106 ~ 108

12 曾联波, 漆家福. 利用岩石磁组构恢复沉积盆地古构造应力场方法的探讨 [J]. 石油实验地质, 2007 29(6): 628 ~ 632

13 李天本, 吴柏志, 贾耀勤, 等. 桩西油田桩 104 块地应力测量技术及应用 [J]. 油气地质与采收率, 2001 8(4): 48 ~ 50

14 宛新林, 席道瑛, 叶青, 等. 岩石各向异性实验研究及对工程勘探的影响 [J]. 中国煤炭地质, 2008 20(8): 39 ~ 41

(编辑 董 立)