

文章编号: 0253-9985(2007)01-0092-08

麻黄山西区块二维地震资料综合解释与圈闭评价

谭俊敏, 刘丽峰, 许云书, 于文琴, 国庆鹏

(中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 应用二维地震资料, 采用正反雷克子波对工区内 14 口井的侏罗系直罗组底 (T_4) 等 3 个标志层进行了精细合成地震记录标定及构造解释, 明确了研究区断裂及构造特征。西部断裂带逆断层发育, 4 条主断层由北向南延伸, 中部被 2 条近东西向的调节断层剪切, 主要圈闭类型为断背斜、断鼻、断块圈闭; 东部地层平缓, 断裂不发育, 主要发育低幅度背斜圈闭。针对复杂地表条件, 通过精细速度场的分析和建立, 提高了 T_4 、 T_5 、 T_6 构造图的精度, 在综合评价的基础上提出了该区的勘探部署意见。

关键词: 断裂组合; 速度场; 圈闭评价; 麻黄山西区块; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: TE112.3 **文献标识码:** A

Integrated 2D seismic interpretation and trap evaluation on the western block of Mahuang Mountain

Tan Junmin, Liu Lifeng, Xu Yunshu, Yu Wenqin, Guo Qingpeng

(Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing 100083, China)

Abstract By using the Ricker wavelet of positive and negative frequencies in 2D seismic data, the calibration of accurate composite seismic traces and structural interpretation are conducted on three marker beds at the bottom of Jurassic Zhiluo Formation (T_4) in 14 wells. The results show that reverse faults are developed in the western fractural area of the block; four main faults that extend from north to south are sheared by two E-W adjusting faults in the middle; the trap types are mainly faulted anticline, faulted nose, and faulted block. In its eastern part, strata are gentle and faults are not developed; trap type are mainly low-amplitude anticlines. Through the establishment and analyses of the accurate velocity field under the complicated surface conditions, the precision of structural maps of T_4 , T_5 , and T_6 is greatly enhanced. The proposals concerning the exploration strategy in the block are also put forward based on comprehensive evaluation.

Key words fault complex; velocity field; trap evaluation; western block of Mahuang Mountain; Ordos Basin

麻黄山西区块位于鄂尔多斯盆地天环向斜中段的西部, 濒临盆地西缘复杂构造带 (图 1)。研究区北部为平坦丘陵地带, 南部为山区^[1]。工区复杂的地表条件和逆断层的发育, 使得地震资料信噪比低、成像困难, 速度横向变化大, 常规时深转换结果与钻井深度误差较大, 难以进行精细的构造解释、圈闭评价和勘探部署。通过研究落实研究区内目的层段的构造特征、断裂组合特征和圈

闭特征; 建立准确可靠的空间速度场, 在区带成藏规律分析的基础上, 评价有利目标区和有利圈闭, 提出下步勘探方向和部署意见。

1 构造解释及构造特征

研究区逆断层发育, 断裂复杂, 造成了层位标定追踪、断裂系统组合的困难。针对这种特殊的

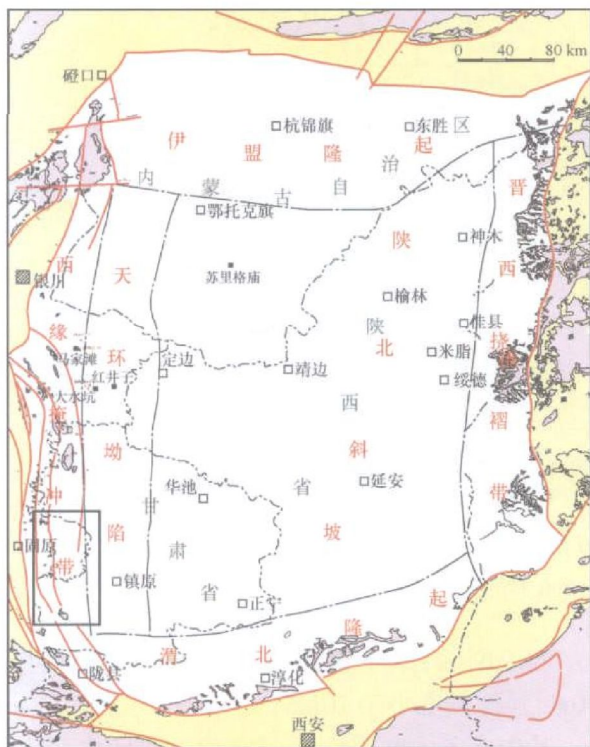


图 1 区域位置

Fig. 1 Location map of the study block

地质条件, 综合应用地震、地质、钻井、测井资料, 对影响精细构造解释的关键问题进行了研究。

1.1 层位标定

地震层位标定是地震资料构造解释和地震储层研究的基础^[2]。常用的层位标定方法主要有 VSP、合成地震记录、地震侧井、平均速度等, 其中 VSP 标定精度最高, 适合复杂地区的层位标定^[3~6]。但麻黄山西区只有 ND2 井、ND5 井有 VSP 资料, 受西部逆断层发育、地震资料品质的限制, 其所能控制的范围非常有限。因此, 如何充分利用工区内的钻井资料, 是解决层位标定问题的关键, 也是建立准确速度场的基础。

实际工作中常用声波合成地震记录与井旁地震道做相关对比来进行层位标定^[7]。

本次精细标定主要体现在:

1) 利用本区已有的 VSP 速度资料, 对已经做的合成地震记录的井进行 checkshot 校正, 避免了通过给定一个初始速度, 再由声波自身积分得到地下层速度所造成的偏差, 提高标定精度;

2) 子波选取, 通过实验确定在井旁地震道提取统计子波^[8];

3) 应用实测声速和密度资料制作合成地震记录, 减少了利用 Gardner 公式计算密度带来的误差, 使反射系数的求取更加符合实际;

4) 将制作的合成地震记录以钻井地质分层或区域标志层为约束条件, 与井旁地震道进行反射波组、能量等反射信息相关对比, 使合成地震记录与地震合成道上的相位基本一致, 进行层位标定。

研究区通过钻井、测井、地震等资料的综合分析, 用校正后的声波时差曲线和密度曲线对研究区内 14 口井的侏罗系直罗组底 (T_4)、侏罗系延安组延 9 段底 (T_5)、三叠系延长组长 6 段底 (T_6) 进行了合成记录标定, 确定了工区地震标志层为侏罗系直罗组底界 (T_4)。该标志层为一套煤系地层的反射, 反射能量强、连续性较好, 在全区地震剖面上具有较明显的反射波组特征。工区内标准层地震反射自下而上特征清晰, 具有明显的强弱相间的反射波组特征。

1.2 精细构造解释

对于多期构造运动引起的复杂断裂组合, 在加强区域地质分析的基础上建立断层组合模式及构造样式。

研究区位于西缘冲断带中段—马家滩段与天环向斜中段衔接过渡的部位。燕山运动中期, 受到强烈的挤压与剪切, 形成以冲断为主的构造面貌^[9]。前人的研究成果和地震资料揭示, 以摆宴井断裂 (F4) 为界, 研究区西部侏罗系以逆冲推覆为主, 地层倾角大, 断层发育、地层复杂, 东部白垩系地层较平缓, 断层较少 (图 2)。针对西部地震反射杂乱、能量弱、波组连续性差的特点, 在构造发育机制理论指导下, 以局部连续成层的波组对比为依据, 进行构造解释和断裂系统的组合。东部地层平缓, 波组特征明显, 断点清楚, 易于追踪对比。西部由于断裂作用, 等值线走向复杂, 形成局部断鼻、断块、断背斜等构造圈闭, 圈闭规模大小不等。而东部构造面貌相对平缓, 等值线走向平缓开阔, 形成规模较大的低幅度鼻状隆起。

1.3 断裂系统特征

研究区位于天环向斜向西缘断褶带转化的过渡带, 长期处于压挤应力环境下, 具有断裂多而复杂的特点, 多为逆断层或逆掩断层 (图 3)。

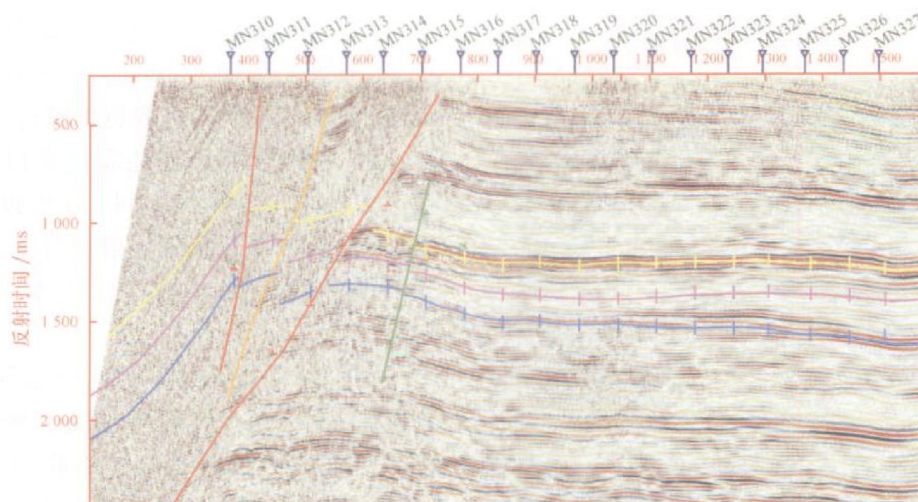


图 2 东西向 490剖面

Fig. 2 East-west section 490

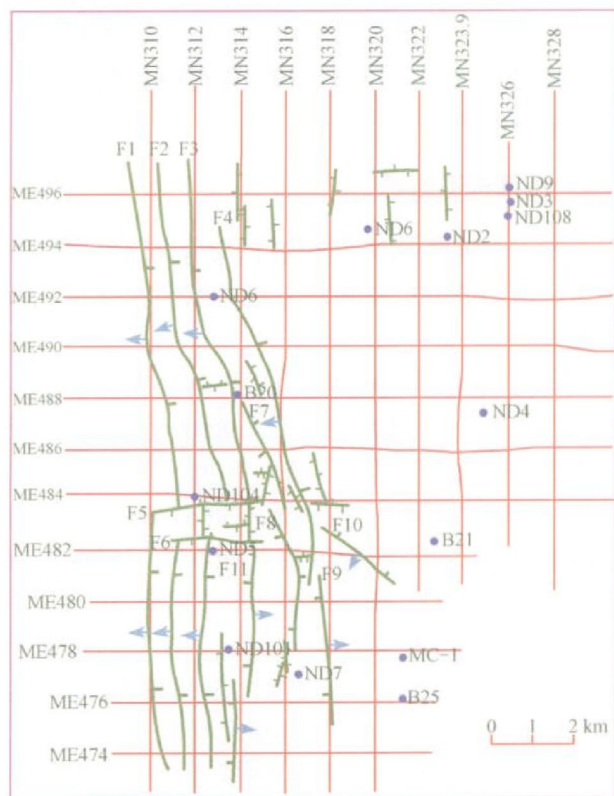


图 3 麻黄山西区块 T5断层平面组合

Fig. 3 T5 fault pattern in the western block of Mahuang Mountain

根据断裂的水平推覆距、断距及在空间的延伸长度将断裂划分为 3 个级别。

二级断裂: 水平推覆距在 100~300 m, 断距大于 300 m, 延伸长度大于 20 km。

三级断裂: 水平推覆距 100~500 m, 断距小于 200 m, 延伸长度 10~20 km。

四级断裂: 水平推覆距小于 100m, 断距小于 100m, 延伸长度小于 10km。

其中 4 条主断层均位于麻黄山西区块西边界由北向南延伸, 除 F4 在研究区中部消失外, F1, F2, F3 断层均在研究区中部为两条东西向调节断层所剪切, 总体向西平错, 向南继续延伸。

这 4 条主要断层是形成断块油藏的重要条件, 在断裂上、下盘都可形成圈闭, 是研究区油气聚集最有利的控制因素^[10]。通过对该地区的构造背景资料分析, 断层是在燕山晚期形成的。

麻黄山地区的断层是成群出现并呈有规则组合。凡同一时期在相同应力作用下形成的断层, 不论其产状是否相同, 均可组合成为一个断层系。其在剖面和平面上的组合形式有以下几种。

1) 叠瓦构造, 是由一系列产状大致相同呈平行排列的逆断层的组合型式, 各断层的上盘岩块依次逆冲, 在剖面上如屋顶瓦盖依次叠覆。由强烈的挤压运动所形成。若叠瓦构造中各断面倾角向下变缓角度较大, 便形成了铲式断层, 在深处收敛成一个主干大断层。这种断层在麻黄山地区较为常见。

2) 垒式断层, 由两条相对的逆断层及其间共同的上升盘组成, 组成中间高、两边低的垒式构造, 该构造的上升盘可形成断块圈闭, 是有利的储油构造。

在平行断层走向的剖面, 还可见推覆距离较大的逆掩断层, 该类逆掩断层断面平缓, 倾角小于 45°, 推移距离远, 在 313 线、316 线较清楚。

1.4 构造特征

鄂尔多斯西缘逆冲褶皱带是连接华北地区西部与东部不同大地构造单元的枢纽地区,同时也是中国北方构造、地貌以及各种地球物理的分界,为中生代发育起来的中国内陆极其重要的推覆逆冲构造^[11]。麻黄山西区块的西部即为西缘冲断带中段——马家滩段与天环向斜中段衔接过渡的部位,具有鄂尔多斯西缘逆冲带发育的特点。区块内的断裂带发育具有长期性和继承性,自太古代以来该带就是一个分隔两侧性质不同的构造单元的地壳破碎带,断裂变形和伴生的褶皱长期发育,经历了多次逆冲推覆作用;同时构造活动具有明显的节律性。燕山运动中期,该构造带受到强烈的挤压与剪切,形成了冲断构造的基本面貌,构造复杂,断层发育,断裂与局部背斜和断鼻构造发育。平面上断裂带由 4 条近平行的燕山期变形中的逆掩断层组成,呈明显的弯曲转折延伸被分割成次级块断。在剖面上整个断裂带可以看成是一个复背斜的一部分,其基底平均高于东侧鄂尔多斯地块约一、二千米,但并没有一个断距相当大的明显边界断层。以摆宴井断裂为界,麻黄山西区块东部为相对稳定的鄂尔多斯盆地天环向斜构造单元,地壳构造性质有别于西部,它的变化有些“被动”的特点,相对平缓、稳定,仅见一些低幅度鼻状隆起。从构造上要析,西部由于断裂作用,等值线走向复杂,局部形成圈闭,圈闭规模大小不等;而东部等值线走向平缓开阔,凹陷相间。

由于西部和东部翘板式的运动,每次的沉积建造性质也是不同的^[12]。如西部地层在早古生代大幅沉降,可出现半深海—深海沉积,在受压应力作用时可产生强烈的压缩变形。而东部中生代后期沉积较厚,原因就是断裂带及其西侧强烈上升时,东侧的沉积环境多是浅湖。这样在断裂带两侧是随着时间推移而反复地相对地沉降。

鉴于麻黄山西区块的构造特点,全区油藏类型主要为断裂所控制,断背斜、断鼻油藏发育,局部可见低幅度背斜油藏。而在东部,可见岩性油藏。

2 地震速度特征分析

地球物理勘探中,地下介质速度分析和准确

的速度求取是地震勘探的核心^[13]。最常用确定速度方法是用处理中的叠加(偏移)速度,由 D_k 公式来求取地下速度。它是建立在速度场横向上无变化的假设上。但随着勘探领域的不断扩大,这种速度求取方法已不适合目前油气勘探开发的需要,特别是在油气勘探新区地表条件复杂、地下介质各向异性强、速度纵横变化大、地下构造多为大倾角逆冲断层控制的高陡构造或隐伏构造等的区域。因此准确求取地下速度、建立高精度速度场和变速成图是地球物理勘探研究的重要内容之一^[14]。

目前,对变速成图的研究主要集中在速度场建模^[15~18]。变速成图的常规作法^[19~21]主要有量版法、叠偏剖面法、人工 T_0 图空校法和分区空校法等。改进型的方法主要有等效直线法、曲射线法、射线追踪法、叠偏剖面成图法和倾斜地表空校法等。其上述传统的速度场建立和变速构造图方法存在着叠加速度精度较低,偏移时间域 T_0 图准确性较低,采用 D_k 公式求取层速度误差大和准确性低等原因。为此,本文采取了高精度叠加速度分析和沿层速度分析提高叠加速度的横向分辨率。由井资料、层速度和相邻速度约束法重新解释叠加速度谱;利用模型层析法或模型反演法实现高精度层速度求取,建立可靠准确的空间速度场,得到真实可靠的构造图^[22,23]。

麻黄山地区地表条件复杂,西部逆断层发育、东部构造幅度小沉积相变化快,西部断裂带和东部稳定区横向速度变化大,采用统一的速度进行时深转换,最终成图后构造深度与钻井深度之间的误差较大,不能精确描述微幅构造。因此需要建立高精度三维变速场,利用变速场进行时深转换,最终成图(图 4)。

1) 建立初始速度模型:按构造层位重新对速度谱进行解释,解释时强调速度数据取点与层位的对应,形成新的解释速度体。

2) 层速度求取:在确定的层位上下界面间插值,求取相应的均方根速度,再利用 D_k 公式求层速度。

3) 层速度平滑:为了克服随机干扰造成的影响,采用了平滑技术^[24]。这种方法同时去掉了纵向、横向上随机干扰造成的速度异常^[25]。层速度作为重要的地层参数之一,反映了地层岩性、沉积、构造等多方面的特征,因此层速度的展布特征

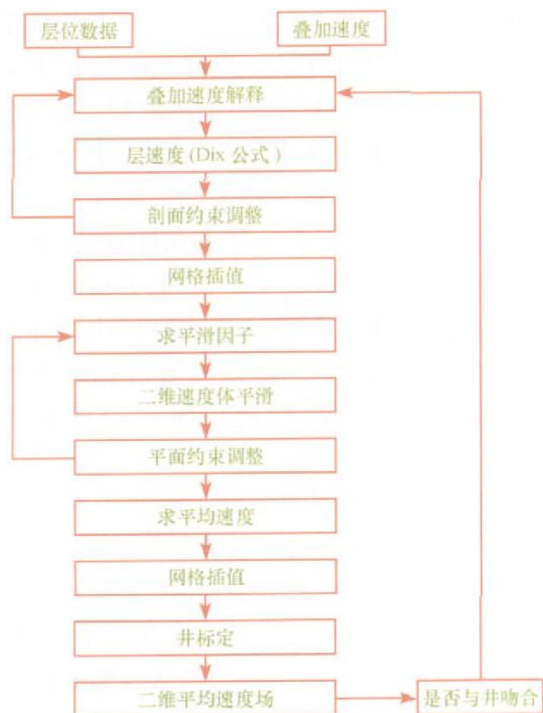


图 4 麻黄山西区块二维平均速度场建立流程图

Fig. 4 Flow chart of 2D mean velocity field analysis for the western block of Mahuang Mountain

应与地层的地质特征有很强的相关性, 要达到这一点, 需要上述 1~3 步的反复调整循环。

4) 平均速度求取: 将平滑后的层速度转换成平均速度。

5) 建立二维平均速度场。

6) 对二维平均速度场进行标定: 由于成像的速度精度低, 通常地震速度与实际的钻井速度存在误差, 故必须用钻井的实际速度加以校正。在平均速度体上提取井点各主要层位的速度值与实

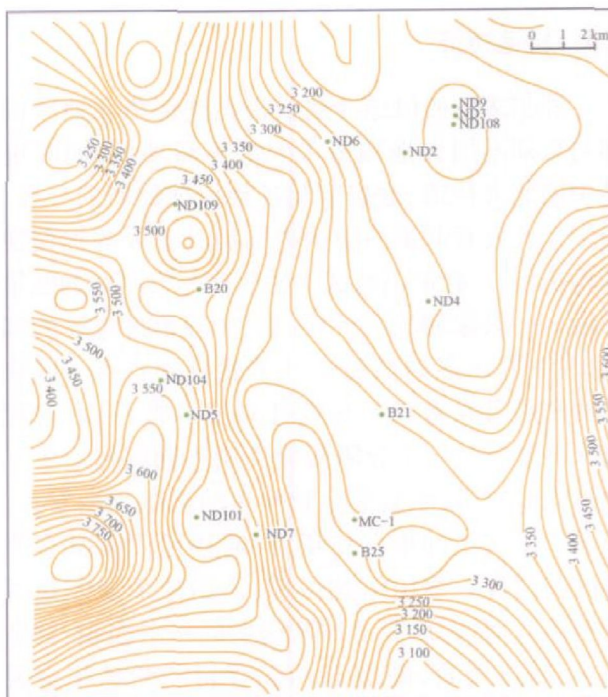
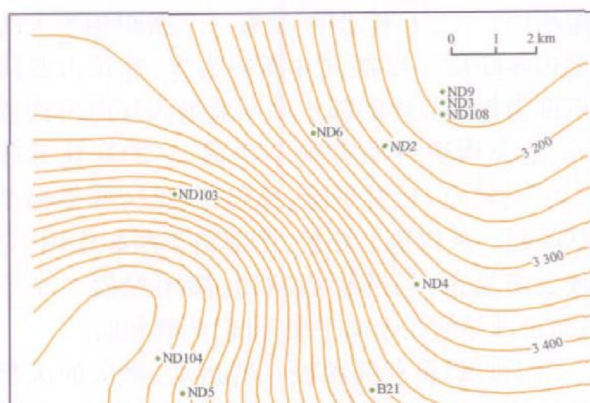


图 5 延安组 Y9 底原始平均速度分布

Fig. 5 Distribution of original mean velocity at the Y9 bottom of the Yan'an Formation



势, 东西向速度的变化梯度比南北向速度的变化梯度大, 消除了异常速度值, 速度变化趋势与构造趋势吻合良好, 效果显著。

2.1.2 平均速度误差分析

速度场建立前后对主要层位的平均速度与声

波测井的速度对比误差分析表明, 处理后速度精度明显提高。处理前平均速度误差在 0.2% ~ 8.7% 之间, 处理后平均速度误差在 0.2% ~ 4.3% 之间。同时表明, 应用速度校正前的平均速度时深转换后的深度误差范围为 7~ 229 m/s 通过钻井的实际平均速度校正, 平均速度误差范围降低到 6~ 173 m/s 速度场精度的提高, 为精细构造解释奠定了基础。

2.2 构造误差分析

用最终的平均速度场对工区内的 T₄、T₅、T₆ 等 T₀ 构造图进行了时深转换, 与钻井数据比较, 误差范围控制在 0~ 25 m, 绝大部分误差小于 10 m, 相对误差范围正负 1.3% (表 1)。实际应用表明上述方法建立的平均速度场精度较高, 解决了本工区复杂地表条件下的构造解释难题。

通过在麻黄山复杂逆冲断裂带的应用, 钻井深度误差小、精度高, 取得了明显的应用效果。应用表明该方法提高了速度场建立和变速成图精

度, 是一套方法合理、技术先进的速度场建立和变速成图方法。

3 圈闭评价

在地震资料精细解释、速度场重建、断裂系统研究和圈闭形成时期研究的基础上, 对区内构造圈闭进行了评价。麻黄山西区块断裂和伴生的褶皱形成断块背斜、背斜、半背斜及牵引背斜等构造, 可成排分布。逆断层可能形成断层遮挡, 为形成圈闭提供了可能。西部断裂发育, 圈闭的形成与断层关系密切, 主要圈闭类型为断块和断鼻圈闭; 东部构造稳定以岩性与局部低幅度隆起为主要圈闭类型。通过对主要目的层 T₅ 反射构造层的断裂性质、断裂形态、断裂平面组合等的分析, 确定了研究区的主要圈闭类型为断层控制的鼻状构造圈闭、断块圈闭、背斜-断背斜圈闭 (图 7)。不同的圈闭类型具有不同的分布区域和构造特点。

表 1 构造精细解释误差分析 (海拔基准面 1 500 m)
Table 1 Error analysis of accurate structure interpretation

层位	深度	ND2	ND3	ND4	ND5	ND7	ND9	MC-1	ND6	ND108
T ₄	钻井深度 /m	1 827	1 883	1 931	1 905	2 117	1 880	1 908	1 793	1 872
	解释深度 /m	1 815	1 878	1 931	1 930	2 117	1 875	1 908	1 792	1 867
	绝对误差 /m	- 12	- 5	0	- 25	0	- 5	0	- 1	- 5
	相对误差, %	- 0.65	- 0.27	0	- 1.30	0	0.27	0	0.06	- 0.27
T ₅	钻井深度 /m	2 114	2 147	2 215	2 254	2 417	2 165	2 232	2 096	2 153
	解释深度 /m	2 110	2 150	2 201	2 261	2 424	2 158	2 249	2 094	2 145
	绝对误差 /m	- 4	- 3	- 14	- 7	- 7	- 7	17	- 2	- 8
	相对误差, %	- 0.19	- 0.14	- 0.63	- 0.31	- 0.29	- 0.32	0.76	- 0.10	- 0.37

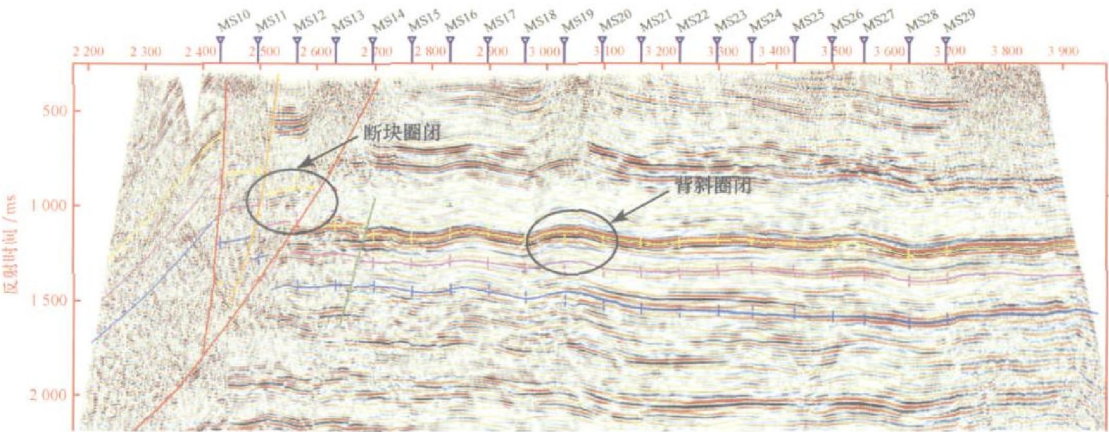


图 7 493 线的断块圈闭和背斜圈闭
Fig. 7 Faulted block and anticline traps across traverse 493

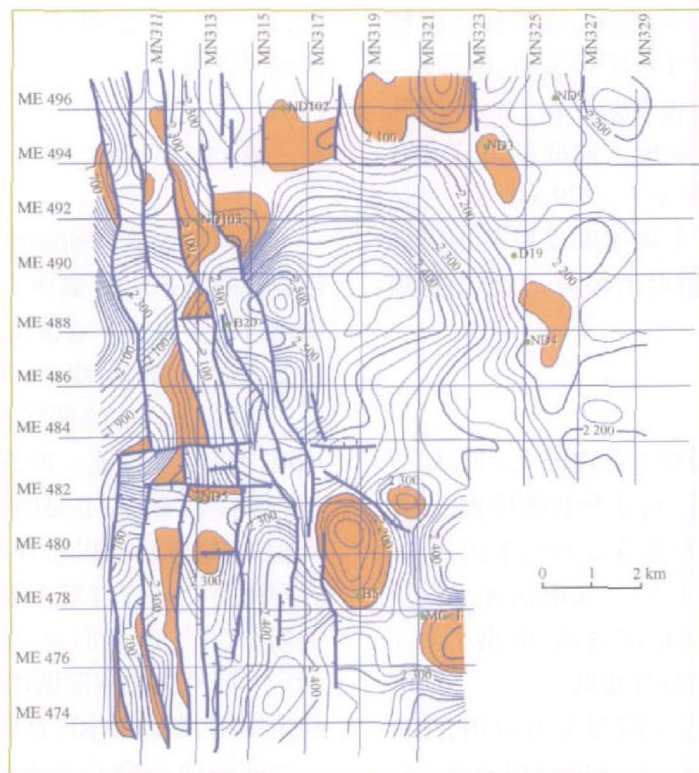


图 8 麻黄山西区块圈闭评价

Fig. 8 Trap evaluation map of the western block of M Huang Mountain

1) 鼻状构造圈闭: 主要分布在西部构造发育区南北向断层的两翼, 构造幅度 20~200 m 不等, 构造走向多为南北向。

2) 断块圈闭: 分布在西部构造发育区南北向主断层与东西向调节断层之间, 主要是南北向的主控断裂受东西向后期断裂的切割而形成的圈闭。这类圈闭主要分布在研究区的中部, 构造幅度相对较大。

3) 背斜-断背斜圈闭: 主要分布在研究区东部构造相对稳定区, 断裂不发育, 具有圈闭面积较大圈闭幅度低的特点。

本区共发现各类圈闭 21 个 (图 8), 圈闭面积 45.7 km²。其中以摆宴井断层为界西部断裂带, 共发育圈闭共 15 个, 累计圈闭面积为 27.7 km², 最大闭合高度为 400 m; 东部稳定带共有圈闭 6 个, 累计圈闭面积为 18 km², 最大闭合高度为 60 m。可见西部断裂带具有圈闭数量多、各层位圈闭发育相对较全的优势。综合各种研究成果及钻井油气成果, 结合储层预测反演结果, 对勘探目标区进行了分类评价。其中 iv 类勘探目标区为近期勘探的主要靶区; ㊟类勘探目标区为后备靶

区; ㊟类勘探目标区尚需进一步研究落实。目前已在 iv 类勘探目标区部署探井井位 3 口, 期待能在该区发现更多含油气圈闭, 扩大该区的含油气面积。

参 考 文 献

- 1 张金山. 鄂尔多斯盆地构造演化及含油气展望 [J]. 石油与天然气地质, 1982, 3(4): 304~314
- 2 陆基孟, 任甲祥, 郑清, 等. 地震勘探原理 [M]. 山东东营: 石油大学出版社, 1993
- 3 王军, 刘小燕. 高邮凹陷北斜坡辉绿岩区解释方法研究 [J]. 石油物探, 2004, 43(2): 163~166
- 4 张永华, 陈萍, 赵雨晴, 等. 基于合成记录的综合层位标定技术 [J]. 石油地球物理勘探, 2004, 38(1): 93~96
- 5 陆修莲, 蒋戈平, 范海林, 等. 复杂小断块油气藏滚动勘探开发研究 [J]. 石油物探, 2004, 43(6): 568~572
- 6 张永华. 三维地震资料综合解释方法探讨 [J]. 石油物探, 2004, 43(1): 49~53
- 7 李红, 谢秀祥. 地震资料解释在东淮凹陷老区勘探中的应用研究 [J]. 江汉石油学院学报, 2003, 25(1): 53~55
- 8 韩文功. 地震剖面极性问题 [J]. 石油地球物理勘探, 1994, 29(6): 769~772
- 9 赵重远. 鄂尔多斯地块西缘构造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
20~ 28
- 10 李振宏, 张军, 郑聪斌. 鄂尔多斯盆地西缘断裂特征与油气运聚研究 [J]. 石油物探, 2005, 44(3): 246~ 250
- 11 张进. 鄂尔多斯西缘逆冲褶皱带构造特征及其南北差异的形成机制 [J]. 地质学报, 2004, 78(5): 600~ 611
- 12 张抗, 吴紫电. 鄂尔多斯断块西缘断裂带的构造特征及含油气远景评价 [J]. 石油与天然气地质, 1985, 6(1): 71~ 80
- 13 谢里夫 R E, 吉尔达特 L P. 勘探地震学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1999
- 14 李庆忠. 走向精确勘探的道路 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1994 1~ 66
- 15 Russell B A. simple seismic imaging exercise [J]. The Leading Edge, 1998, 19(7): 885~ 889
- 16 Jones I F. 3-D prestack depth migration and velocity model building [J]. The Leading Edge, 1998, 19(7): 899~ 906
- 17 Reshel M. The use of 3-D prestack depth imaging to estimate layer velocities and reflector positions [J]. Geophysics, 1997, 62(1): 206~ 210
- 18 Roden R. SEG Salt Lake city 2002 [J]. The Leading Edge, 2003, 22(2): 141~ 162
- 19 阎世信, 刘怀山, 姚雪根. 山地地球物理勘探技术 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2000
- 20 蔡玉华. 达里亚工区速度体建立中几种网格化方法的对比分析 [J]. 石油物探, 1995, 34(3): 100~ 108
- 21 Whitmore N D, Garing J D. Interval velocity estimation using iterative prestack depth migration in the constant angle domain [J]. The Leading Edge, 1993, 12(7): 757~ 762
- 22 邱荣华, 孙耀华, 张永华, 等. 泌阳凹陷新庄地区浅层三维地震勘探 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(2): 242~ 245, 262
- 23 陈传仁, 周熙襄. 一种精确层速度反演方法 [J]. 物探化探计算技术, 1999, 21(3): 212~ 215
- 24 匡文忠. 地震勘探原理 [M]. 北京: 电子科技大学出版社, 2000
- 25 邓怀群, 刘雯林. 横向各向同性介质中地震波旅行时的计算 [J]. 石油地球物理勘探, 2000, 35(4): 508~ 516

(编辑 陈喜禄)

2007年第 2期《成藏动力学》专题主要目录预告

1. 油气成藏年代学研究进展 陈红汉
2. 埕北断阶带沙河街组油气运移动力学过程模拟分析 罗晓容, 张立宽等
3. 低渗透砂岩石油运移及成藏特征模拟实验研究 朱志强, 曾溅辉等
4. 砂岩透镜体成藏的动力学机制 李明诚, 单秀琴等
5. 再论含油气系统与成藏动力系统 田世澄, 孙自明等
6. 油气成藏地质学的内涵及其在油气地质学中的定位 赵靖舟, 张春林等
7. 惠民凹陷沙三段岩性油藏储层孔隙结构特征及油气意义 张小莉, 查明等
8. 鄂尔多斯盆地奥陶系风化壳古油藏的确定及其意义 宁宁, 陈孟晋等
9. 川东石炭系原油裂解型气藏成藏史分析 李霞艳, 钟宁宁等
10. 二连盆地岩性圈闭油气幕式成藏特征研究 刘震, 刘俊榜等
11. 剩余压力差在超压盆地天然气高效成藏中的意义 柳广弟, 孙明亮等
12. 流体包裹体均一温度和埋藏史确定油气成藏时间的几个问题
——以福山凹陷为例 李美俊, 王铁冠等
13. 断层连通概率法定量评价断层的启闭性 张立宽, 罗晓容等
14. 利用流体包裹体分析和计算油气的充注史和古流体势
——以鄂尔多斯榆林地区上古生界为例 单秀琴, 李剑等
15. 逾渗模型在盆地尺度上的应用 周波, 金之钧等
16. 塔里木盆地塔中地区疏导体系及其成藏效应 魏福军, 高志前等
17. 塔中隆起志留系沥青砂岩油气储层自生伊利石 K-Ar 同位素测年研究与成藏年代探讨
..... 张有瑜, Horst ZW INGMANN 等
18. 准噶尔盆地莫索湾——莫北地区油气运移方向和成藏体系研究 高小康, 胡文瑄等
19. 含油气盆地中膏盐层对油气成藏的重要影响 赵振宇, 周瑶琪等
20. 准噶尔盆地中部车莫古隆起控藏作用分析 贾庆素, 尹伟等

《石油与天然气地质》编辑部