

鄂尔多斯盆地西缘横山堡区块断裂构造特征及其控藏模式

张璐, 何峰, 陈桂华, 杜江峰, 黄众

(中海油研究总院有限责任公司)

摘要 鄂尔多斯盆地西缘横山堡区块发育一系列北北东向逆冲断层,大致呈等间距、侧列式平行展布。平面上,断裂整体呈现东西分带的特征,可划分出3套断裂系统:西部反转断背斜断裂系统、中部花状断裂系统、东部反转逆冲断裂系统;剖面上,发育多种逆冲断层控制的断背斜、花状及“Y”形等构造样式。通过分析横山堡周边刘家庄及胜利井气田的成藏特点,认为断层是油气成藏的主控因素。基于不同的断层组合特征分析,提出反转构造和花状构造两类成藏模式。

关键词 鄂尔多斯盆地;横山堡区块;逆冲推覆构造;断裂体系;控藏模式

中图分类号: TE121.2 **文献标识码**: A

鄂尔多斯盆地西缘构造带地处我国东、西两大构造域的衔接地带和不同性质构造单元的交汇复合部位,呈南北向展布,延伸长度可达600多千米^[1-3]。该构造带东跨鄂尔多斯地块,北部与阿拉善地块相邻,西南部紧邻北北西—北西西向弧形分布的六盘山褶皱冲断带,南端与秦祁褶皱带相接^[4-5]。受周边地块相互作用及太平洋构造域远程的影响,鄂尔多斯盆地西缘处于近东西向的挤压应力场中,形成现今近南北向展布的褶皱冲断带^[6-7]。

横山堡区块位于鄂尔多斯盆地西缘逆冲断裂带的北部,研究程度较低,前人仅对盆地西缘北部的区域构造特征有少量介绍。张家声等^[8]认为鄂尔多斯西缘北段为陆缘逆冲推覆体系,由“西倾东冲”的桌子山—岗德尔山褶皱冲断带及石嘴山—尖山逆冲推覆体组成;汤锡元等^[9]将横山堡地区的东倾断层划归为银川断裂带前缘带的后冲断裂带;夏义平等^[10]研究认为横山堡地区由一系列东倾逆冲断层组成,在白垩系沉积前为一大型古隆起的东翼。刘池洋等^[11]发现横山堡地区构造样式多以向西逆冲的东倾断层为主,断面较陡,最大可达75°,向深

处并未明显变缓,较大型逆冲断层多已切入基底,并且东倾逆冲断层明显具有西强东弱的活动特点。赵红格等^[12]认为横山堡地区的构造样式与北部桌子山段和相邻南区马家滩段的由西向东逆冲推覆的构造样式正好相反。

横山堡区块勘探程度较低,研究区内实施了二维地震勘探,但测网密度稀疏,约1.5 km × 2 km ~ 4 km × 6 km,钻井数量又少,仅有3口钻井,且断裂活动多期,构造变形强烈,故落实构造难度大,成藏模式认识不清。2010年钻探的H1井、H2井均未获得工业气流,而位于区块北部的胜利井气田和南部的刘家庄气田却均有重大天然气发现。因此,对于横山堡区块断裂体系特征及成藏模式的研究迫在眉睫。本文从区域地质背景出发,结合大量地震资料,以横山堡区块断裂平面展布特征及断裂对油气成藏的影响为切入点,试图搞清研究区断裂的形成机制及平面、剖面展布特征;并通过对比横山堡区块周边气田的成藏特征,提出了两种断裂控藏模式,这对推动横山堡区块勘探可能具有重要意义。

收稿日期: 2017-02-07; 改回日期: 2017-10-19

本文受“十三五”国家科技重大专项“大型油气田及煤层气开发”(编号:2016ZX05027-003-003)和中海石油(中国)有限公司勘探生产项目“鄂尔多斯盆地横山堡区块井位目标构造落实”(编号:2013-JSZC-004)联合资助

张璐:女,1988年生,工程师。2013年毕业于中国地质大学(武汉)能源地质工程专业,获硕士学位,现从事地震资料解释与构造分析工作。通讯地址:北京市朝阳区太阳宫南街6号院海油大厦;E-mail:zlwisper@126.com

1 区域地质背景

横山堡区块地理位置位于宁夏回族自治区东部,西临黄河,东北部以长城为界与内蒙古自治区相接,勘探面积约 400 km²;构造位置处于鄂尔多斯盆地西缘逆冲断裂带北段,北靠伊盟隆起,西邻银

川盆地(地堑),东为天环坳陷(图1)。在横山堡区块内,南北均有油气田发现,北部为大型气田区,已发现有胜利井气田和刘家庄气田;南部属连片油田区,已发现了李庄子、马家滩等油田。区块的总体勘探程度较低,具有“南油北气”的资源分布特征(图1)。

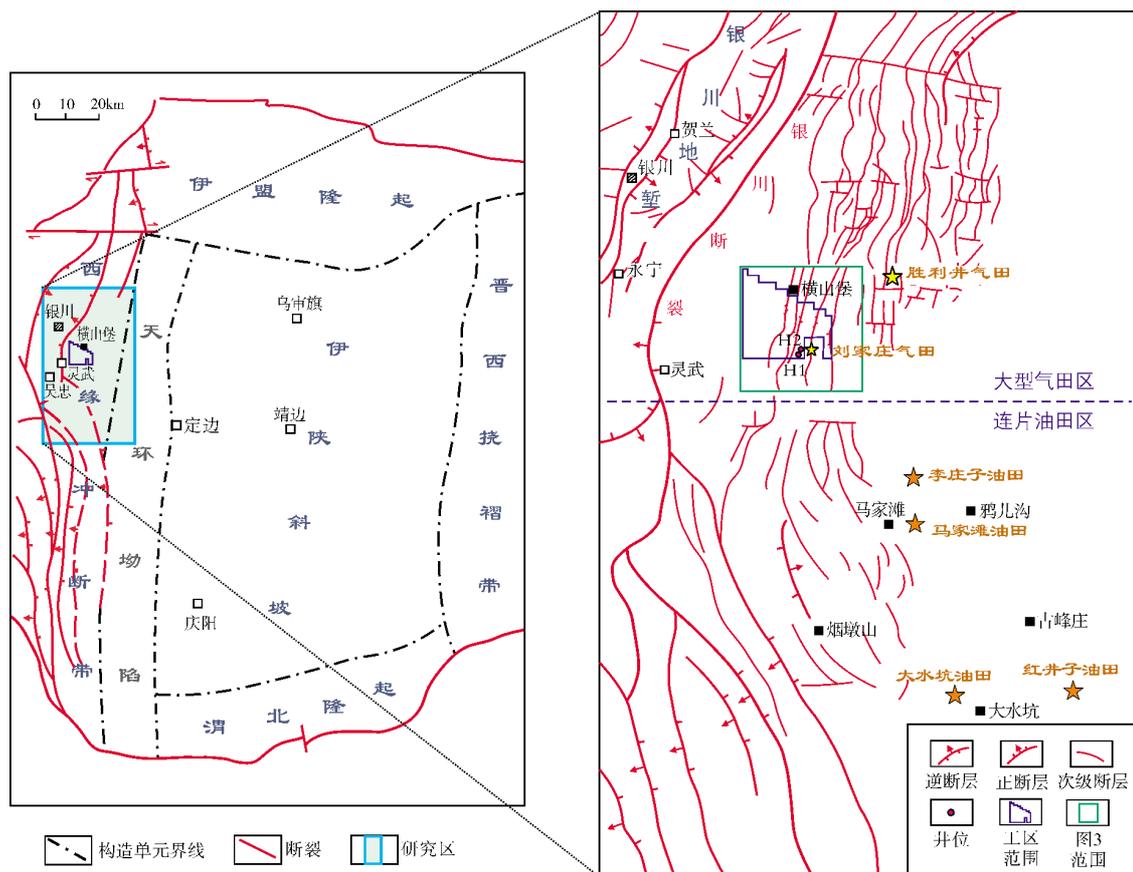


图1 鄂尔多斯盆地西缘横山堡区块位置

综合区域地质研究及已钻井揭示,横山堡区块沉积充填序列主要为下古生界奥陶系、上古生界和中生界。烃源岩为石炭系羊虎沟组和二叠系太原组、山西组的煤系地层;主力储层段为下二叠统太原组和山西组,中二叠统下石盒子组和上石盒子组。横山堡地区晚石炭世—早二叠世为海陆过渡相沉积环境,中二叠世之后逐渐演变为陆相沉积环境。

2 断裂构造特征

2.1 整体构造格架

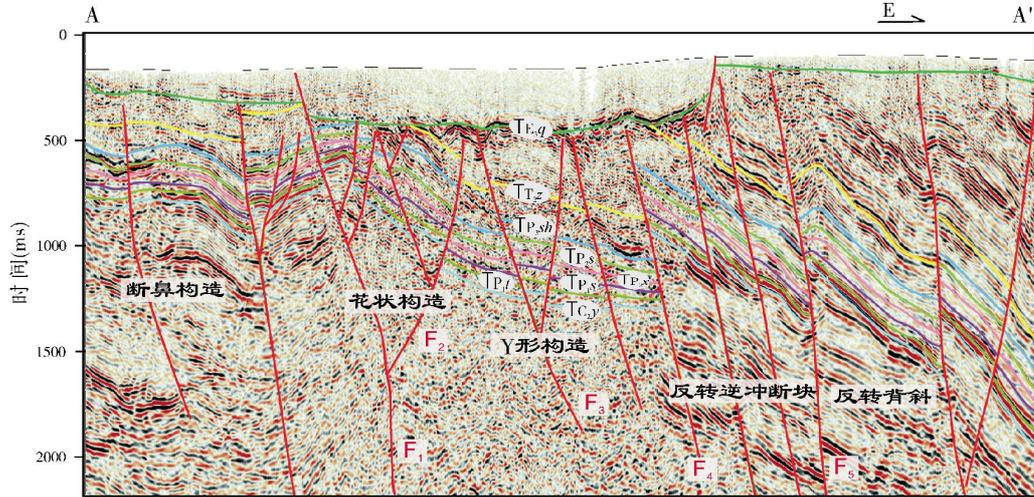
横山堡区块属鄂尔多斯盆地西部逆冲推覆带前

缘带的后冲带,推覆体系是由若干主干逆冲断层及逆冲席组成的叠瓦状构造,前缘带是受推覆体系向前推挤形成的断褶带,其后冲带的断裂与推覆体系中的主干断裂走向相同,倾向相反,断面较陡,是受逆冲作用的反作用力被动形成的俯冲断层。

横山堡区块主要发育叠瓦状东倾逆冲断层,上盘常常伴生次级的西倾反冲断层,整体构造格局为由东向西逆冲的基底卷入型厚皮构造(图2)。平面上,横山堡区块内由西向东近似等间距、近平行排列的五条北东向主干断层,依次为丁家梁断裂、丁家梁东断裂、黎家新庄断裂、刘家庄断裂和杨家台子断裂(图3),它们以东倾为主,断层上盘断块则向西冲

(参见图2),与整个西缘逆冲带断层面西倾、断块东冲的总体特征相反(参见图1)。具体而言,横山堡区块西北部的银川断裂为北东走向的“西倾东冲”的断

层,而区块内的主干断层为“东倾西冲”的断层,与银川断裂构成了反冲组合,因此认为横山堡区块的东倾断裂带是银川逆冲断裂前缘的后冲断裂带。



断裂名称: F₁ 丁家梁断裂; F₂ 丁家梁东断裂; F₃ 黎家新庄断裂; F₄ 刘家庄断裂; F₅ 杨家台子断裂
地震反射层: TC_{3,y} 羊虎沟组底面; TP_{1,t} 太原组底面; TP_{1,s} 山西组底面; TP_{2,x} 下石盒子组底面; TP_{2,s} 上石盒子组底面
TP_{3,sh} 石千峰组底面; T_{2,z} 纸坊组底面; TE_{1,q} 中生界与新生界之间的区域不整合面

图2 鄂尔多斯盆地西缘横山堡区块 A—A' 测线地震解释剖面图

测线位置见图3

2.2 构造定型时期

三叠纪—中晚侏罗世的燕山运动主幕是鄂尔多斯盆地构造定型的重要时期, 这期构造运动导致了鄂尔多斯盆地周缘挤压逆冲带的形成。

燕山运动时期, 研究区受到近东西向挤压应力的作用, 发育了一系列北北东向逆冲断层, 如由西向东依次发育的丁家梁断裂、丁家梁东断裂、黎家新庄断裂、刘家庄断裂、杨家台子断裂, 它们的断裂要素统计见表1。丁家梁东断裂(西倾)形成于晚三叠世, 即燕山运动早期, 限制了后期东倾逆冲断层的发育; 其他断裂均形成于燕山运动晚期, 控制并影响了研究区中部的构造格局。由于研究区侏罗纪地层整体较薄, 局部地区已经剥蚀, 加上三叠系与下白垩统底面不整合接触, 因此推测横山堡区块在侏罗纪发生了构造反转(图2)。

2.3 断裂体系特征

横山堡区块构造复杂多样, 断层较发育, 以逆断层为主, 同时兼有压扭性走滑断层。主干断层为中生界中发育的北北东—北东向基底大断层, 并存在与主断层成对的对冲断层, 对冲断层断距小, 延伸短, 断面西倾。

剖面上, 断层呈花状、阶梯状、“Y”形、“X”形及梳状等组合形态, 其中, 阶梯状和“Y”形为断层主要组合样式。东倾断层主要形成于早—中侏罗世, 切割了晚三叠世形成的西倾断层, 从而组成了多组“Y”形断裂组合(图2)。

平面上, 断裂整体呈现“东西分带”的特征。西部, 反转断背斜断裂体系, 位于横山堡区块西部地区, 总体发育了逆冲断层形成的断背斜构造, 早期为正断层, 晚期挤压逆冲形成断背斜构造; 中部, 花状断裂体系, 位于丁家梁断裂、黎家新庄断裂、刘家庄断裂及其周边, 主要为北北东向断裂, 纵向上形成切入基底的花状构造及“Y”形构造(图2), 平面上主、次断裂呈S形、北东向延伸, 总体为挤压—走滑构造应力背景下的产物; 东部, 反转逆冲断裂体系, 由杨家台子断裂及其次生断裂组成, 发育反转逆冲构造及反转背斜(图2), 逆冲断层在三叠系纸坊组沉积之后, 上盘厚度明显大于下盘厚度, 表明断层早期为正断层, 晚期反转为逆冲断层。

3 断裂控藏特征

3.1 圈闭发育特征

通过开展横山堡区块二维地震资料构造解释,

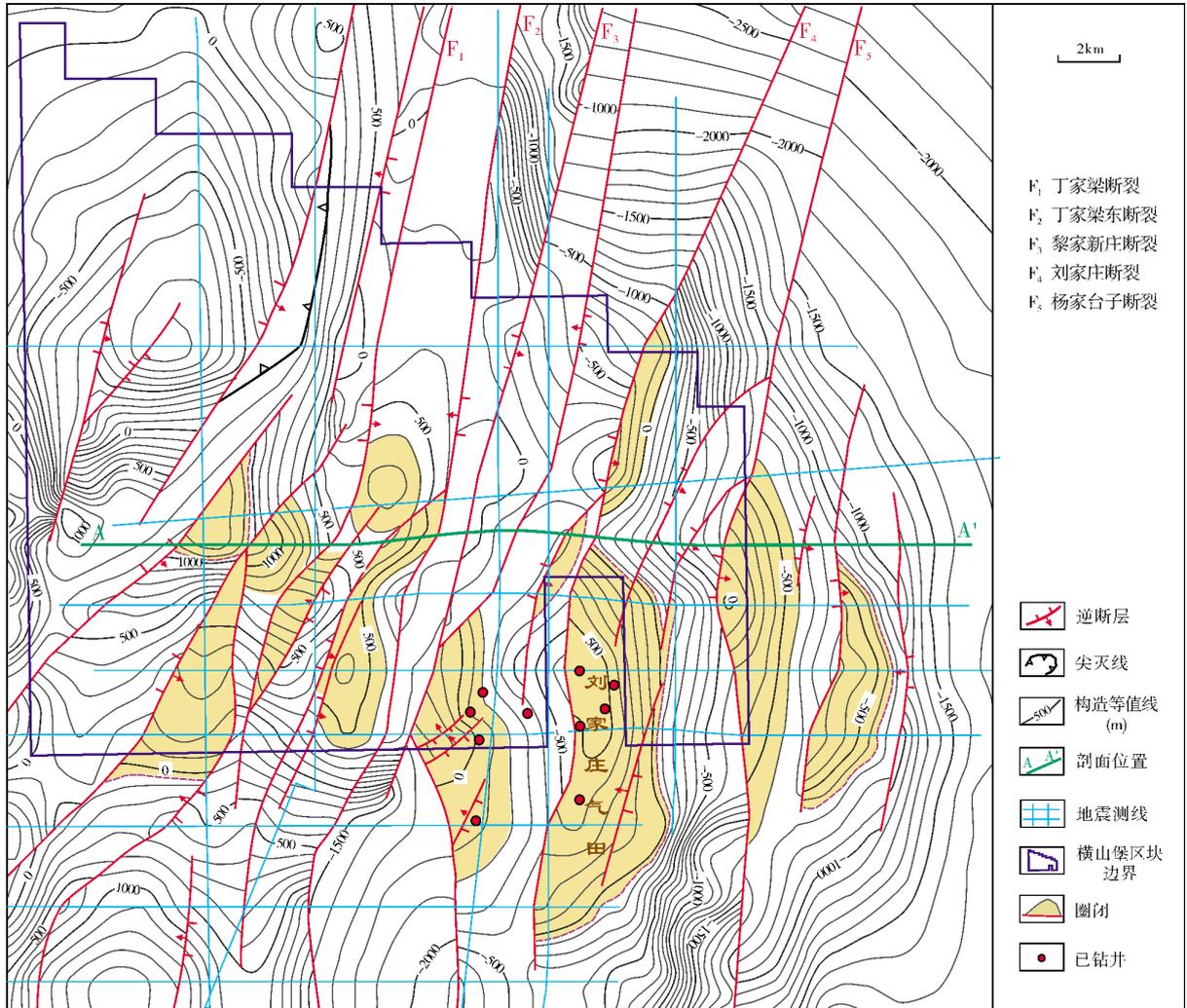


图3 鄂尔多斯盆地西缘横山堡区块中二叠统下石盒子组7段顶面构造图

表1 鄂尔多斯盆地西缘横山堡区块断裂要素统计

序号	断裂名称	性质	走向	倾向	断裂长度 (km)	最大断距 (m)	地震控制测线 (条)
1	丁家梁断裂	逆冲	NNE	E	18.3	350	7
2	丁家梁东断裂	逆冲	NNE	W	23.4	1000	11
3	黎家新庄断裂	逆冲	NNE	E	18.0	700	8
4	刘家庄断裂	逆冲	NNE	E	21.3	1000	10
5	杨家台子断裂	逆冲	NNE	E	23.0	750	6

区内发现并落实了12个构造圈闭,包括断块、断鼻、断背斜、背斜等多种圈闭类型,构造走向大致为北北东向,并与逆冲断层伴生(图3),圈闭分布受北北东向逆冲断层控制。区块周边主要分布两个气田(刘家庄

气田和胜利气田),圈闭类型均为断背斜圈闭。

3.2 成藏主控因素

通过区域对比及邻区钻井揭示,横山堡区块发育下二叠统太原组和山西组的煤系烃源岩,单层厚度大,类型以Ⅲ型干酪根为主,且已达成熟阶段,有利于形成天然气;主力储层为中二叠统下石盒子组8段、7段的三角洲前缘水下分流河道砂岩,平均孔隙度12.04%~13.03%,平均渗透率 $(4.31\sim 144.9)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,属低孔低渗常规储层;次要储层为山西组特低孔特低渗致密砂岩储层。

(1)刘家庄气田特征 刘家庄气田紧邻横山堡区块东南部,位于反转断背斜带中的背斜高点(图3),构造轴的走向近南北,属于断背斜圈闭气藏,圈闭面积

100 km²,圈闭幅度800 m,含气层位主要是下石盒子组8段和7段。

刘家庄气田的油气主要来源于天环向斜,横山堡区块内的烃源岩也有一定贡献。横山堡区块山西组 R_o 为0.74%~0.78%,平均0.76%,热解 T_{max} 值分布在434~466℃之间,处于成熟阶段,太原组烃源岩 R_o 实测值为0.84%~0.88%,平均0.86%,暗色泥岩热解 T_{max} 值一般在441~461℃,也处于成熟阶段;天环向斜内的山西组现今成熟度为 $R_o > 2%$,是刘家庄气田的主要天然气来源。晚侏罗世是反转断背斜形成的主要时期,不仅形成了现今的断背斜圈闭,而且,断裂既是油气运移的重要通道,又是控制圈闭的主要地质因素,油气大规模运聚开始于白垩纪,圈闭的形成要早于油气运移时期,这有利于油气运移聚集成藏。刘家庄气田的成藏过程可总结为输导层-断裂输导系输导—反转断背斜构造圈闭聚集—源内源外油气藏成藏模式。

(2)胜利井气田特征 胜利井气田位于横山堡区块之外的东北部,同样以断背斜圈闭为主,圈闭面积大,含气饱和度低。主力含气层位是下石盒子组8段和7段,盒8段主力气层具有产气量高、产水量低的特点。与刘家庄气田相似,断裂既是油气运移的重要通道,又是控制圈闭的主要地质因素。胜利井气田的成藏过程可总结为输导层-断裂输导系输导—反转断背斜构造圈闭聚集—源外油气藏成藏模式。

3.3 断裂控藏模式

通过分析刘家庄气田和胜利井气田的成藏特征,结合区块地震解释结果及已钻井分析,认为横山堡区块及周边地区已发现的大部分气藏均分布于断裂附近或沿断裂分布,因此断裂对气藏具有重要的控制作用。鉴于横山堡区块内断裂复杂,构造多样,因此在不同圈闭类型分析的基础上,可将构造成藏分为反转构造成藏及花状构造成藏这两类模式。

(1)反转构造成藏模式:输导层-断裂输导系输导—反转断背斜构造圈闭聚集—源外(源内)油气藏成藏模式

符合此运聚成藏规律的气田有胜利井气田和刘家庄气田,横山堡东部地区同样具这种成藏模式。它的油源来自天环向斜,少部分来自本地深层的山西组和太原组,油气沿着输导层运移到横山堡区块,然后通过主干断层及次级断层垂向运移聚集到反转背

斜之中。成藏关键时期为晚白垩世末期,之后的构造运动将气藏进一步分割、破坏和改造,断裂起着控制圈闭形成、输导油气运移及改造油气成藏的重要作用(图4)。

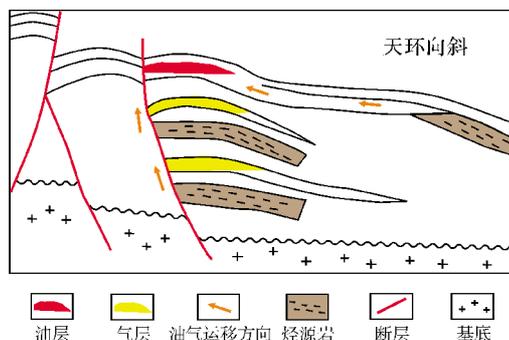


图4 鄂尔多斯盆地西缘横山堡区块反转构造成藏模式

(2)花状构造成藏模式:输导层-断裂输导系输导—花状构造圈闭聚集—源内油气藏成藏模式

符合此运聚成藏规律的潜在有利区集中在横山堡区块中部。由于刘家庄断裂及杨家台子断裂可能对来自天环向斜的油气具有遮挡作用,而花状构造成藏模式的烃源主要来自深层的山西组和太原组,油气可通过花状断层及其分支断层向浅层运移,聚集到正花状构造圈闭中(图5)。

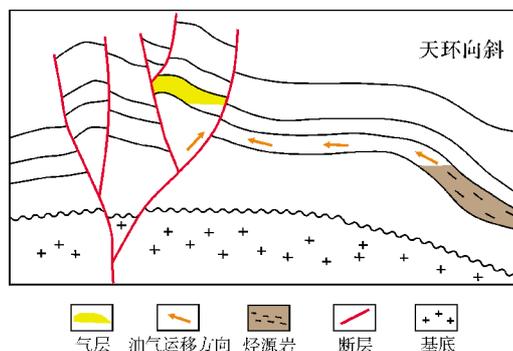


图5 鄂尔多斯盆地西缘横山堡区块花状构造成藏模式

4 结论

(1)横山堡区块处于鄂尔多斯盆地西部逆冲推覆带前缘带的后冲带,整体格架为由东向西逆冲的基底卷入型厚皮构造,构造定型于晚侏罗世燕山运动主幕。断裂体系呈现“东西分带”的特征,西部为反转断背斜断裂体系,发育断背斜构造,中部为花状断裂体系,以北北东向断裂为主,发育花状构造及“Y”形构

造,东部为反转逆冲断裂体系,以北东向断裂为主。

(2)横山堡区块山西组和太原组烃源岩成熟于晚中生代—新生代,后期运移到由于中生代挤压作用所形成的反转断背斜圈闭及花状构造圈闭中。区内主要有反转构造及花状构造两类成藏模式。已发现的刘家庄气田、胜利井气田以及横山堡区块东部均为反转构造成藏,区块中部属花状构造成藏。

参考文献

- [1] 何天翼,刘毅,李刚.鄂尔多斯盆地西缘地质构造特征及勘探方向[J].石油地球物理勘探,2005,40(增刊):66-68.
- [2] 张进,马宗晋,任文军.鄂尔多斯盆地西缘逆冲带南北差异的形成机制[J].大地构造与成矿学,2000,24(2):124-133.
- [3] 张进,马宗晋,任文军.鄂尔多斯盆地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.
- [4] 杨华,陶家庆,欧阳征健,等.鄂尔多斯盆地西缘构造特征及其成因机制[J].西北大学学报:自然科学版,2011,41(5):863-868.
- [5] 赵红格,刘池洋,王建强,等.鄂尔多斯盆地西部晚三叠世构造属性探讨[J].中国地质,2007,34(3):384-391.
- [6] 杨圣彬,耿新霞,郭庆银,等.鄂尔多斯盆地西缘北段中生代构造演化[J].地质论评,2008,54(3):307-315.
- [7] 张岳桥,廖昌珍.晚中生代—新生代构造体制转换与鄂尔多斯盆地改造[J].中国地质,2006,33(1):28-40.
- [8] 张家声,何自新,费安琪,等.鄂尔多斯西缘北段大型陆缘逆冲推覆体系[J].地质科学,2008,43(2):251-278.
- [9] 汤锡元,郭忠铭,王定一.鄂尔多斯盆地西部逆冲推覆构造带特征及其演化与油气勘探[J].石油与天然气地质,1988,9(1):1-9.
- [10] 夏义平,徐礼贵,郑良合,等.鄂尔多斯盆地西缘逆冲断裂带构造特征及油气勘探方向[J].中国石油勘探,2005,10(5):13-19,72.
- [11] 刘池洋,赵红格,王锋,等.鄂尔多斯盆地西缘(部)中生代构造属性[J].地质学报,2005,79(6):737-746.
- [12] 赵红格,刘池洋,王峰,等.鄂尔多斯盆地西缘构造分区及其特征[J].石油与天然气地质,2006,27(2):173-179.

编辑:黄革萍

Characteristics of Fault and Accumulation Models in Hengshanbu Block on the West Edge of Ordos Basin

Zhang Lu, He Feng, Chen Guihua, Du Jiangfeng, Huangzhong

Abstract: In Hengshanbu block on the west edge of Ordos Basin, a series of NNE thrust faults have been developed, which are roughly evenly spaced and parallel. It is shown that the faults distributed in east-west zoning on the plane, which can be divided into three sets of fault systems, including the inversion of faulted anticlinal structures in the west and flower structures in the centre, and the inversion of thrust faults in the east. In profile, many kinds of structural styles, such as anticlinal, flower structure, controlled by thrust fault, have been developed. It is concluded that fault is the main controlling factor for oil and gas accumulation by analyzing the reservoir characteristics of Liujiazhuang gas field and Shengli gas fields around Hengshanbu block. Based on the combination of different faults, two types of accumulation models, namely inversion structure and flower structure, are proposed.

Key words: Thrust-fault belt; Fault system; Accumulation model; Hengshanbu; Ordos Basin

Zhang Lu: MSc, Engineer. Add: CNOOC Plaza, No. 6, Taiyanggong South Str., Beijing 100028, China