

文章编号: 1001- 6112(2006)03- 0215- 05

鄂尔多斯盆地中生代构造应力场与油气聚集

张义楷¹, 周立发¹, 党 伟², 孙 伟³

(1. 西北大学 地质学系, 西安 710069;

2. 长安大学 资源学院, 西安 710054; 3. 中国地质大学 能源学院, 北京 100083)

摘要: 在前人研究的基础上, 通过大量野外、井下节理、断层和褶皱观测以及构造形成序列确定, 开展了鄂尔多斯盆地中生代构造应力场研究, 并分析了构造应力场与油气聚集的关系。鄂尔多斯盆地印支期主压应力场主要呈 NW—SE 向、NNE—SSW 向和 SN 向, 控制了古生界油气的第一次运聚与成藏; 燕山期主压应力场主要呈 NW—SE 向, 盆地西南缘呈 NE—SW 向, 控制了古生界油气的第二次运聚与成藏; 喜马拉雅期主压应力场主要呈 NNE—SSW 向, 该时期为油气运聚调整和最终就位期。

关键词: “X”型共轭剪节理; 油气聚集; 构造应力场; 中生代; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: TE121. 2

文献标识码: A

鄂尔多斯盆地是我国第二大含油气沉积盆地, 其周缘沉积盖层变形强烈, 构造发育, 而盆地内部沉积盖层变形较弱, 局部构造极不发育, 绝大部分地区的构造性质十分稳定。因此在盆地周缘可采用宏观构造(褶皱和断层)、构造节理及岩石显微构造与组构分析相结合的方法来确定区域构造应力方向, 而在盆地内部则是依据构造节理来恢复古构造应力场的效果比较好^[1]。前人已对鄂尔多斯盆地构造应力场做过不同程度的研究工作^[2-5], 主要是利用上述 2 种方法进行应力场分析。本文在前人研究成果的基础上, 通过对大量野外节理和断层产状的观测以及对构造形成序列或期次的重新确定, 进一步分析了研究区中、新生代不同期次构造应力场的特征及其产生的构造背景, 并探讨了不同期次构造应力场特征与油气聚集的关系。

1 印支期古构造应力场及构造背景

1.1 印支期古构造应力场

根据宏观构造发育特征, 用于解析印支期应力状态的节理数据都是从华力西—印支构造层中获得的。通过对盆内不同测量点印支期构造层和华力西构造层中平面“X”型节理的分析, 可确定各点的应力状态和主应力轴应力方位(主要是最大和最小主压应力轴的方位, 因为盆内地层近于水平, 平面“X”型共轭节理的共轭轴同于中间主应力轴, 区域上印支期各点处的中间主应力轴多呈近直立状, 故可将其视为平面应力场的特例)。利用主应力轴应力方位数据获得主应力轴轨迹图, 恢复盆地不同

期次古构造应力场。并利用最大主应力轴应力方位分析构造应力场形成的构造背景。

根据本次研究中测得的印支期构造层平面“X”型节理所取得的点的应力状态, 并综合前人已有资料, 可得到区域范围内印支期不同地区点的应力状态及其应力场分布特征(图 1)。鄂尔多斯西北缘青铜峡—乌达一带, 最大主压应力呈 NW—SE 向, 这与印支期河套弧形构造带的形成有关; 吴旗—延川以南的鄂尔多斯盆地南部地区, 最大主压应力呈 NE 或 NNE 方向, 这与西南缘印支期古六盘山弧形构造带的形成有关; 吴旗—延川以北地区, 印支期最大主压应力呈近 SN 方向, 主要受控于兴蒙华力西构造带的形成与演化。

1.2 区域构造背景

就鄂尔多斯地区而言, 印支构造旋回的应力场主要与中特提斯的构造演化有关。华力西造山后, 特提斯打开, 中国大陆主体转换为劳亚大陆结构复杂的南部大陆边缘, 实现了由古亚洲洋构造动力体系向特提斯—古太平洋构造动力体系的转变, 并主要受控于古特提斯构造动力体系^[6]。中二叠世末曾一度形成的潘吉亚大陆在昆仑—秦岭及其以南地区发生裂解, 形成由一系列海底裂谷带及其间的微陆—岛链组合而成的结构极为复杂的特提斯海域^[7]。中三叠世晚期北特提斯开始消减, 到晚三叠世大部分消失, 发生强烈的印支造山运动。羌塘—昌都微板块与塔里木板块碰撞形成宗务隆山、松潘—甘孜巨型印支褶皱带, 扬子板块与华北板块碰撞形成南秦岭印支褶皱带, 使海水从中国大陆基本

收稿日期: 2005- 05- 03; 修订日期: 2006- 03- 29。

作者简介: 张义楷(1980—), 男(汉族), 河北易县人, 博士生, 主要从事石油地质研究。

基金项目: 国家重大基础研究前期研究专项项目(2002CCC01400)和国家重点基础研究发展计划(973)项目(2003CB214601)。

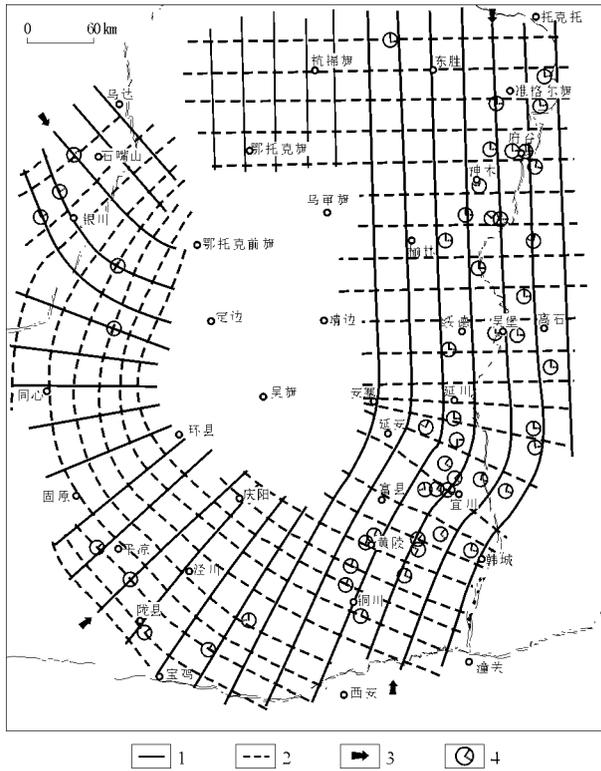


图 1 鄂尔多斯盆地印支期构造应力场

- 1. 最大主应力迹线; 2. 最小主应力迹线;
- 3. 主压应力方向; 4. 点应力状态

Fig. 1 The Indosinian tectonic stress fields of the Ordos Basin

退出。华北板块处在西伯利亚板块和扬子板块的南北挤压构造格局之中, 主要在鄂尔多斯盆地中北部产生轴迹近 SN 向的挤压构造应力场。同时由于羌塘地块向北与柴达木地块的碰撞和松潘—甘孜印支褶皱带的形成, 产生的巨大的 N, NE 向挤压应力作用于鄂尔多斯地块西南部, 形成了 NE—SW 向的挤压应力场。而在鄂尔多斯西北缘, 由于处于南北挤压状态的阿拉善刚性地块向东推移挤压, 产生了 SE—NW 向的挤压应力场。

2 燕山期古构造应力场及构造背景

2.1 燕山期古构造应力场

鄂尔多斯盆地燕山期形成的宏观构造, 在不同的构造部位其变形特征不同。盆地西缘逆冲推覆构造带呈近 SN 向展布, 各段特征显示其变形时的主压应力近 EW 向^[2,3]。盆地东部晋西褶皱带上发育近 SN 向的宽缓线状褶皱, 显示燕山期局部构造应力场已变为近 EW 向。

晋西褶皱带向南构造线逐渐变为 SW 向, 与构造线呈 NEE 向的渭北隆起东段相接, 构成盆地东南弧形构造带, 其东北翼为左行压扭性构造, 西南翼为右行压扭性构造, 是受 SE—NW 向挤压应力

作用形成的。

渭北隆起西段燕山期则形成一系列走向近 EW 向的宽缓背、向斜构造及同走向的逆冲断层, 表明其构造变形是在较为强烈的近 SN 向挤压应力作用下形成的。盆地北部伊盟隆起之上近 EW 向的褶皱和逆冲断层, 同样显示其变形是在近 SN 向挤压应力作用下形成的。

盆地西北缘弧形构造带的构造变形特征显示, 该弧形构造带属压扭性构造, 其东北翼为右行扭动, 西南翼为左行扭动, 表明其构造变形是在 NW—SE 向挤压应力作用下形成的。

以上宏观构造特征及区域地质资料分析表明, 鄂尔多斯盆地燕山期构造应力场具有盆缘四周向盆内挤压的特点。它们是由中国东部区域近 SN 向左行剪切应力和西部与东部间的近 SN 向的右行剪切应力所派生的, 是东西部应力场共同作用的结果, 分别受中特提斯动力体系和古太平洋动力体系的控制。

盆地内部燕山期区域构造应力场用于恢复的形变资料, 主要是发育在中下侏罗统的小型构造, 即平面“X”型节理。中下侏罗统以角度不整合夹于三叠系和下白垩统之间, 因此该构造层中记录的平面“X”型节理及其相应构造是侏罗纪末期燕山运动的产物, 其应力状态的特点是: 中间主应力轴倾角多在 70° 以上, 呈近直立状, 最大主压应力轴与最小主压应力轴呈近水平状。

根据本次研究中测得的燕山期构造层平面“X”型节理所取得的点的应力状态, 并综合前人已有资料, 可得到区域范围内燕山期不同地区点的应力状态及其应力场分布特征(图 2)。在盆地西北缘地区与盆地东南部, 最大主压应力轴均呈 NW—SE 向; 在盆地西南缘, 最大主压应力轴呈 NE—SW 向; 在盆地北缘地区, 最大主压应力轴呈 NNW—SSE 向。不同地区最大主压应力轴方位不同, 与宏观构造反映的构造应力场特征基本一致。

2.2 区域构造背景

鄂尔多斯盆地燕山期的构造变形动力主要源自盆地东部。晚侏罗世, 由于古太平洋板块与欧亚大陆板块相互斜向碰撞, 鄂尔多斯盆地以东的中国东部地区发生强烈的构造变形和抬升。这种斜向碰撞产生的挤压分量作用于鄂尔多斯地块, 形成了以 NW—SE 向为主要挤压方向的构造应力场。在盆地西南缘, 拉萨地块与已处于欧亚大陆边缘的羌塘地块碰撞产生远程构造效应, 使得盆地西南缘处于 NE—SW 方向的挤压应力状态, 即通过秦岭—

幅度逆冲于鄂尔多斯地块之上。这种来自印度板块向北俯冲作用的远程构造效应使鄂尔多斯盆地西南缘处于强烈的 NNE—SSW 向挤压状态。另一重要构造事件是, 由于今太平洋板块向西俯冲消减和中国东部沟—弧—盆体系形成, 使得包括鄂尔多斯盆地在内的中国中东部地区程度不等地向东蠕散, 在这种区域背景下, 银川地堑、河套地堑、汾渭地堑形成, 吕梁山、贺兰山相继转变为由正断层控制的断块山。新特提斯构造动力体系和今太平洋构造动力体系的联合作用是鄂尔多斯盆地喜马拉雅期构造应力场形成的区域构造背景。

4 古构造应力场与油气聚集关系

关于鄂尔多斯盆地油气生排烃史的研究已经表明, 下古生界、上古生界和中生界烃源岩分别在三叠纪末—早白垩世末达到生排烃高峰期^[9-12]。结合盆地构造发育史研究, 可将油气运聚概括为 3 个时期: 1) 印支期, 以石油和天然气混相运聚为主; 2) 燕山期, 以天然气(干气)运聚为主; 3) 喜马拉雅期, 为运聚调整和最终就位期。这表明盆地古构造应力场影响着下古生界天然气的运聚与成藏。

4.1 印支期油气运聚

随着热演化程度增高, 生烃作用不断增强, 古生界烃源岩均已进入生排烃期^[9,10]。晚三叠世, 盆地南部强烈拗陷, 改变了区域上西高东低的构造格局, 转变为北高南低。之前在盆地西侧和北侧因地层区域性剥蚀形成的古侵蚀面, 由于受到上覆石炭系铁铝质泥岩遮挡, 形成不整合地层圈闭, 成为油气运移的指向和聚集场所。印支期是本区古生界油气的第一次运聚时期, 以油气混相运聚为主。印支期构造应力场控制着鄂尔多斯盆地古生界油气的第一次运移和聚集。

4.2 燕山期油气运聚

燕山期构造应力场较印支期发生了根本变化, 印支期呈 EW 向展布的构造格局完全被燕山期的 SN 向构造所替代, 加里东期以来西高东低的古构造格局为燕山期西低东高的构造格局逐步取代^[13]。燕山期是研究区古生界天然气生成、运移的高峰期, 以独立的气相运移为主, 是本区古生界油气的第二次运聚高峰期。同时中生界延长组有效烃源岩也在该时期成熟并进入生、排油高峰期^[11,12]。与印支期相比, 由于区域构造线方向的转变, 油气运聚方向也随之变化, 即由印支期的向西、向北运移为主转变成向东运移。与此同时, 构造应力场的转变不仅改变了油气运移方向, 而且也改变了不整合—地层圈闭

的封闭方向及性质。改变后的燕山期圈闭不仅调整了印支期圈闭中的油气分布, 同时也捕获了新运移来的天然气。燕山期构造应力场控制着古生界油气的第二次运移和聚集。

4.3 喜马拉雅期油气运聚

早白垩世末的构造运动彻底改变了研究区的构造格局, 在南北方向上形成了渭北隆起, 在东西方向上形成了西低东高的斜坡环境, 这种构造形态决定了天然气的运聚方向以自西向东为主。喜马拉雅期 NW—SE 向的伸展构造应力场使奥陶系中先期形成的裂缝系统的构造性质由早期的压扭性转变为张扭性。这种喜马拉雅期 NE, NNE, 近 SN 向的垂直裂缝系统为天然气垂向运移提供了通道, 也为天然气聚集提供了储集空间。喜马拉雅期构造应力场对古生界天然气运聚主要起到了下列构造效应: 1) 使古构造面貌发生了变化, 陕北斜坡定型, 这种构造背景决定了油气运聚的指向与场所; 2) 张裂缝系统发育为天然气垂向运移提供了通道, 为天然气最终聚集提供了储集空间; 3) 导致印支期和燕山期圈闭中的天然气重新分配, 并在喜马拉雅期的圈闭中聚集和成藏; 4) 天然气藏的最终空间就位受控于喜马拉雅期构造应力场。

参考文献:

- 1 万天丰. 古构造应力场[M]. 北京: 地质出版社, 1988. 22~ 35
- 2 汤锡元, 郭忠铭, 陈荷立等. 陕甘宁盆地西缘逆冲推覆构造及油气勘探[M]. 西安: 西北大学出版社, 1992. 116~ 123
- 3 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~ 10
- 4 王双明. 鄂尔多斯盆地聚煤规律及煤炭资源评价[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1996. 336~ 349
- 5 张泓. 鄂尔多斯盆地中生代构造应力场[J]. 华北地质矿产杂志, 1996, 11(1): 87~ 92
- 6 任纪舜, 王作勋, 陈炳蔚等. 从全球看中国大地构造——中国及邻区大地构造图简要说明[M]. 北京: 地质出版社, 1999. 26~ 38
- 7 任纪舜. 印支运动及其在中国大地构造演化中的意义[A]. 见: 中国地质科学院院报编辑部编. 中国地质科学院院报(第9号)[C]. 北京: 地质出版社, 1984. 31~ 44
- 8 孙肇才. 简论鄂尔多斯盆地地质构造风格及其油气潜力——纪念朱夏院士逝世 10 周年[J]. 石油实验地质, 2000, 22(4): 291~ 296
- 9 唐文连, 张万选, 邢军等. 鄂尔多斯盆地地下古生界含气系统及勘探方向[J]. 石油实验地质, 2000, 22(1): 28~ 34
- 10 赵林, 夏新宇, 戴金星等. 鄂尔多斯盆地上古生界天然气富集的主控因素[J]. 石油实验地质, 2000, 22(2): 136~ 139
- 11 赵孟为. 鄂尔多斯盆地油气形成与运移时间和运移方向的确立与勘探方向[J]. 石油实验地质, 1996, 18(4): 340~ 347

12 席胜利, 刘新社, 王 涛. 鄂尔多斯盆地中生界石油运移特征
分析[J]. 石油实验地质, 2004, 26(3): 229~ 235

13 张福礼. 多旋回与鄂尔多斯盆地石油天然气[J]. 石油实验地
质, 2004, 26(2): 138~ 142

RELATIONSHIP BETWEEN THE MESOZOIC AND CENOZOIC TECTONIC STRESS FIELDS AND THE HYDROCARBON ACCUMULATION IN THE ORDOS BASIN

Zhang Yikai¹, Zhou Lifa¹, Dang Ben², Sun Wei³

(1. *Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069, China;*

2. School of Resources, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710054, China;

3. School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: On the basis of previous achievements, through the observation of a great deal of joints, faults and folds in field and under well and the classification of formation sequences of structures, it is studied in this paper the Mesozoic and Cenozoic tectonic stress fields and the relationship between tectonic stress fields and hydrocarbon accumulation in the Ordos Basin. The directions of the main tectonic stress fields in the basin were NW-SE, NNE-SSW and SN which controlled the first hydrocarbon migration and accumulation during the Indosinian movement. During the Yanshanian movement, it was NW-SE which controlled the second hydrocarbon migration and accumulation. During the Himalayan movement, it was NNE-SSW which controlled the final migration, adjustment and accumulation.

Key words: X-conjugate joint; hydrocarbon accumulation; tectonic stress field; Mesozoic and Cenozoic; the Ordos Basin

(continued from page 214)

THE COMPARISON OF TWO TYPES OF TIGHT SAND GAS RESERVOIR

Jiang Zhenxue^{1,2}, Lin Shiguo^{1,3}, Pang Xiongqi^{1,2}, Wang Jie⁴

(1. *Basin and Reservoir Research Center, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;* 2. *Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;* 3. *Langfang Branch,*

Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Langfang, Hebei 065007, China;

4. Research Institute, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying, Shandong 257001, China)

Abstract: The tight sand gas is one of unconventional gas, it is also an important candidate resources of conventional gas. The opinion based on the research of predecessors. After fully thinking of the background of structural evolution, and dynamical analysis the relationships between the hydrocarbon generation and expulsion fastigium of source rock and tight evolution history of reservoir, divide the tight sand gas reservoir into two types: "pre-existing deep gas" and "subsequent tight sand gas". According to the comparative analysis on reservoir forming conditions, reservoir forming characters and reservoir forming principle of this two types, generalize the reservoir forming patterns and distribution regulation. The reservoir forming patterns of "pre-existing" deep basin gas reservoir is divided into three kinds: depression central symmetry distribution, foreland lateral margin slope distribution and structure slope distribution. "first is the conventional accumulation, but late is reconstruction" is the reservoir forming pattern of "subsequent" tight sand gas, and the pattern is divided into three phases with different reservoir forming characters and conditions. Correctively distinguish the two kinds of tight sand gas from each other is very important to guide natural gas exploration and make the right exploitation plan.

Key words: natural gas; tight sand gas; deep basin gas(accumulation); reservoir forming conditions; reservoir forming principle; reservoir forming patterns