

鄂尔多斯盆地南部中生界成藏动力学系统分析

张克银^{1 2}

(1. 成都理工大学油气藏国家重点实验室, 四川 成都 610059;
2. 中国石化石油勘探开发研究院西部分院, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: 鄂尔多斯盆地南部中生界油气运移的主要动力上部和下部分别以静水压力和差异压实所产生的流体压力为主, 据动力学特征、油源发育状况、封闭条件等因素, 可将成藏动力学系统划分为四类: (1) 它源超压成藏动力学系统; (2) 自源超压成藏动力学系统; (3) 自源常压成藏动力学系统; (4) 它源常压成藏动力学系统。并指出镇原—泾川地区应加强自源超压和自源常压成藏动力学系统的油气勘探, 而宜君—旬邑地区则以它源超压、自源超压成藏动力学系统为主要勘探对象。

关键词: 鄂尔多斯盆地南部; 油气成藏; 动力学系统; 分析

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

鄂尔多斯盆地南部(庆阳以南)为东经 $107^{\circ} \sim 109^{\circ}15'$ 、北纬 $34^{\circ}50' \sim 36^{\circ}$ 范围, 包括庆阳—富县以南、陇县—铜川以北的广大地区, 面积约 20000km^2 (图 1)。

1 成藏动力特征

鄂尔多斯盆地庆阳以南地区的油势分布特征具有明显的“双层”结构(图 2), 这种双层结构的总体特征主要反映在 T_6 反射层界面上、下(约 1900m 左右), 其流体势的变化规律具有明显的差异性, 总体规律如下:

1) 上部结构层油势等值线变化平稳, 起伏不大, 势能为西北高、东南低, 反映了现今水流的补给区在西北, 而泄水区位于东南, 这与研究区内的水系分布特征是较为一致的。可见, 其流体动力特征以静水压力为主, 属重力流系统。

2) 下部结构层变化复杂, 起伏也较大, 总体趋势为由西北至东南油势递减, 但其间不乏多个油势异常区, 且向东南有增多的趋势, 属压实流系统, 流体的主要驱动力应为差异压实作用所产生的流体压力。陈荷立等^[1]曾对鄂尔多斯盆地延长组的流体压力做过专门的研究, 认为延长组主力生油层长 7 油组在盆地内存在着幅度较高的过剩压力, 而其上油层段则为正常压力段。该过剩压力在鄂南主要分布于庆阳—合水—宁县—西峰及富县葫芦河地区深

收稿日期: 2003-08-15

作者简介: 张克银(1968-), 高级工程师(在读博士研究生), 主要从事石油地质与油藏描述的科研工作, 发表论文 10 余篇及专著 1 部。通信地址: 新疆乌鲁木齐市高新区昆明路 2 号中石化勘探开发研究院西部分院塔里木室; 邮编: 830011; 电话: 0991-3662068, 13999279680

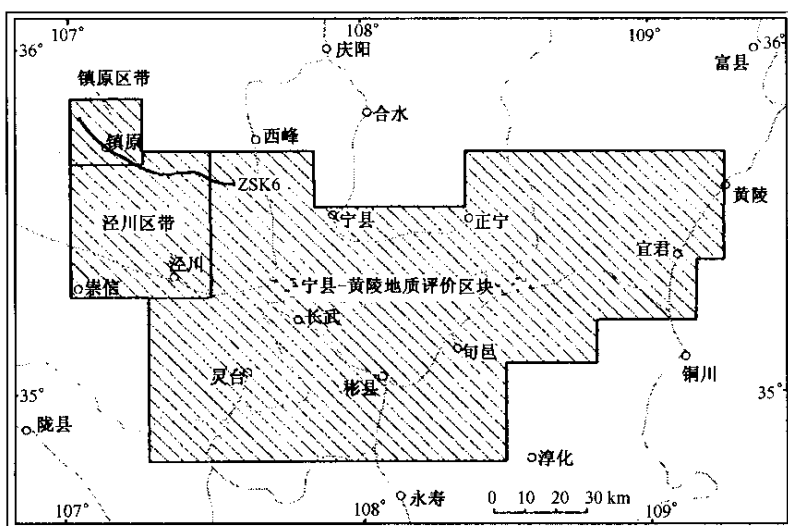


图 1 鄂尔多斯盆地南部工区位置图

Fig.1 Diagrammatic map showing the tectonic divisions of the Ordos basin and location of the study area

湖相的沉积区, 上述地区沉积物细, 沉积速率快, 导致差异压实所致, 而在镇原—泾川地区及宜君—旬邑一带为辫状河三角洲发育区, 沉积物相对较粗, 不利于异常的形成。由此可见, 油势的双层结构与陈荷立的过剩压力的分带具有极强的相似性。导致分层的原因, 可能与鄂尔多斯盆地的沉降史有着紧密的联系, 因为在长 7 油层组下部地层沉积时, 物源丰富, 快速沉积, 存在着差异压实, 而其上存在多期剥蚀, 盆地处于饥饿性补偿沉积阶段, 压力释放所致。

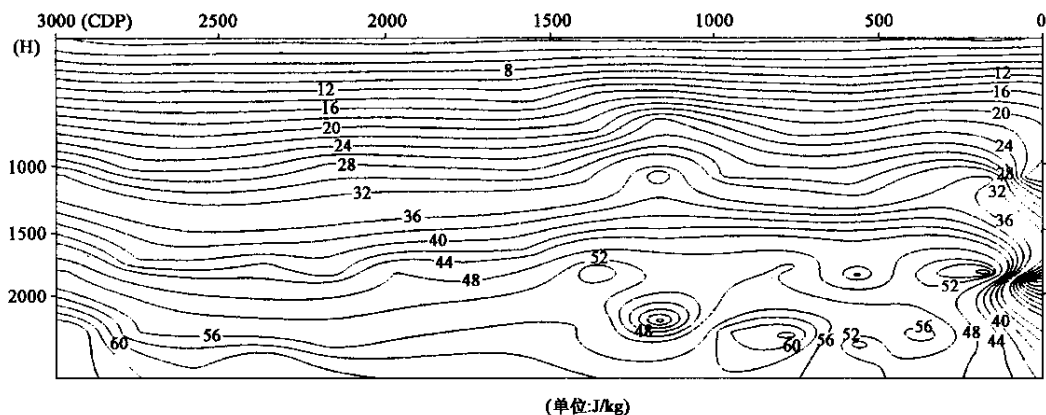


图 2 鄂尔多斯盆地南部 ZSK6 剖面油势等值线图 (剖面位置见图 1)

Fig.2 Oil potential contour map of section ZSK6, southern Ordos basin

综上所述, 鄂南流体势的地下模式为长 7 油层组之上以静水压力为主的重力流系统, 其下为以差异压实流体压力为主的压实流系统, 两大系统的形成为成藏动力学系统提供了动力支持。

2 成藏动力学系统的类型

成藏动力学系统的类型划分主要依据流体动力学特征、油源的发育状况、封闭条件等因素来进行^[2-4]。据此可将鄂南中生界的成藏动力学系统分为四类：1) 它源超压成藏动力学系统；2) 自源超压成藏动力学系统；3) 自源常压成藏动力学系统；4) 它源常压成藏动力学系统（图 3）。其主要特征如下：

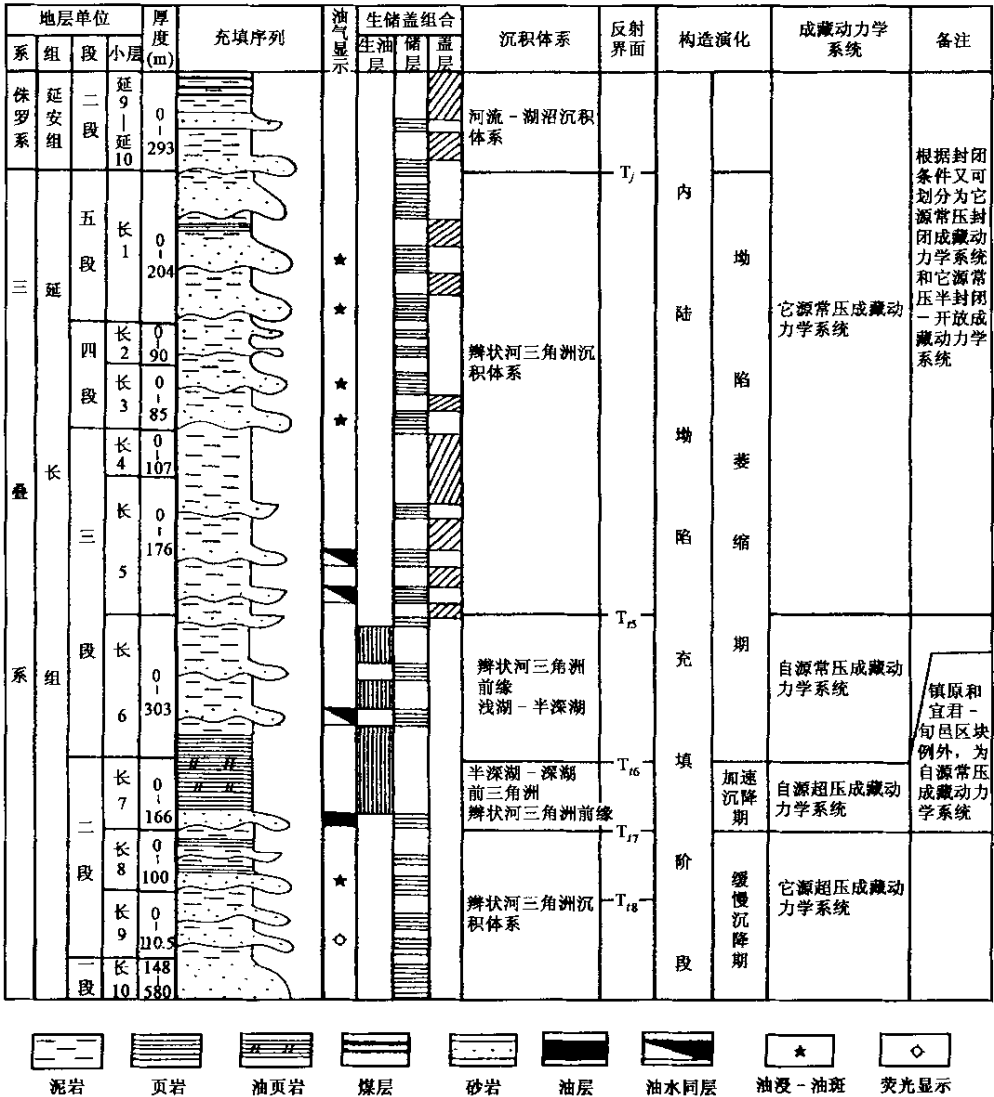


图 3 鄂尔多斯盆地庆阳以南地区中生界成藏动力学系统划分图

Fig.3 Division of the Mesozoic accumulation-formation dynamic system south of Qingyang in the Ordos basin

2.1 它源超压成藏动力学系统

该系统包括延长组的长 8、长 9、长 10 三个油层组，其深度大致分布于 1900m 以下，因

此, 泥岩欠压实所产生的过剩压力成为该系统的主要驱动力。系统内的原油主要来自于上覆的长 7、长 6 主力烃源岩, 以辫状河三角洲砂体为主要的储集空间。当烃源岩与系统内的储集体叠置交叉时, 油气就会侧向迁移至本系统内, 庆 36 井、剖 43 井在长 8、长 9 油层组中见有良好的油气显示, 就是有力的佐证。而在东部地区, 逆冲断层成为油气运移的通道, 它可将下盘的油源不断地输送至本系统内。这可从郎 4 井的勘探中得到证实, 该井曾在长 10 油层组中获 $0.35\text{m}^3/\text{d}$ 的工业油流。本系统内主要发育岩性圈闭、岩性—背斜型复合圈闭和岩性—背斜—断层型复合圈闭。

2.2 自源超压成藏动力学系统

本系统由长 7 油层组所组成, 下部系统和本系统在沉降中心的欠压实过剩压力是油气运移的主要驱动力^[5]。系统内长 7 油层组的暗色泥岩为良好的烃源岩, 主要分布于庆阳—合水—宁县—西峰及葫芦河地区深湖相沉积区。该油层组底部和中部发育了一系列辫状河三角洲相的砂体, 横向上呈透镜状展布, 纵向叠置, 为油气聚集提供了良好的储集空间。油气运移的输导层主要为储层中的连通孔隙, 在东部地区断层也起到了一定的垂向输导作用。发育岩性圈闭、岩性—背斜型复合圈闭和岩性—断层型复合圈闭。该系统内油气显示丰富, 如剖 43 井曾在长 7 油层组中获得了 $5\sim 10\text{m}^3/\text{d}$ 的工业油流, 镇探 1 井、镇参井也见良好的工业油流。

2.3 自源常压成藏动力学系统

本系统主要包括长 6 油层组, 静水压力为系统内油气运移的主要驱动力, 长 6 油层组内的暗色泥岩为良好的烃源岩, 为本系统提供了充足的油源。长 6 油层组的中上部发育了一系列辫状河三角洲水下分流河道及河道末端砂坝砂体, 横向上呈透镜状展布, 纵向叠置, 构成油气运聚的主要储集空间。油气运移的输导层为储层中的连通孔隙, 而在东部地区断层的垂向输导则起着主要作用。上覆延长组、侏罗系和下白垩统的巨厚泥岩使该系统具备良好的封闭性能。本系统油气显示也异常丰富, 成为油气勘探的重点对象, 并于泾参井、剖 14 井等井中获工业油流。系统内发育岩性圈闭、岩性—背斜型复合圈闭和岩性—断块复合型圈闭。

2.4 它源常压成藏动力学系统

本系统主要包括长 5—长 1 油层组和侏罗系延 10、延 9 油层组。根据封闭条件的差异, 又可将该系统细分为它源常压封闭成藏动力学系统和它源常压半封闭—开放成藏动力学系统。

1) 它源常压封闭成藏动力学系统

主要分布于鄂尔多斯盆地南部的镇原—泾川地区和庆阳—宁县—正宁—富县地区。静水压力为系统内油气运移的主要驱动力。油源主要来自于下部系统的烃源岩, 通过叠置砂体内连通孔隙的垂向运移和印支末期 T_1 侵蚀面的侧向运移所致。系统内延长组的辫状河三角洲砂体和延安组沉积期的河道砂体为主要的储集空间。系统内普遍发育有中侏罗统和下白垩统泥岩, 且断层不太发育, 成为良好的封闭体系。系统内油气主要分布于长 5 油层组和延安组内, 并于剖 14 井(长 6)、镇 4 井(延 9)见工业油流, 主要发育岩性圈闭和低缓背斜圈闭。

2) 它源常压半封闭—开放成藏动力学系统

分布于鄂南东南部的彬县—旬邑—宜君—黄陵地区, 延安组在该地区剥蚀较为严重, 残留沉积较小, 因此该系统内主要包括长 1—长 5 油层组。静水压力为系统内油气运移的主要驱动力, 油源来自下部系统的烃源岩, 通过储层内连通孔隙的垂向运移和断层的垂向运移所致。各油层段辫状河三角洲水下分流河道和河道末端砂坝砂体为主要的储集空间。盖层的封

闭性能是制约本系统的主要因素，中侏罗世末期早燕山运动的影响使得该地区侏罗系和下白垩统剥蚀破坏相当严重，甚至在有些部位被剥蚀殆尽，第四纪地层直接覆盖在本系统之上（如郎 4 井、郎 9 井、新 1 井等），从而导致了油气的大量散失。同时，该地区断层也较为发育，有些甚至通天，是导致油气遭受破坏的另一因素。油气广泛分布于长 5 - 长 1 油层组砂体中，且越靠近上部的砂体油气显示更为明显（如在马 1 井、长 10 井、长 2 井和庙 9 井的长 2、长 3 油层组中，曾获 $0.2 \sim 1.07\text{m}^3/\text{d}$ 的油流），这与油气长期垂向运移有着紧密联系。但系统底部的砂体更易半封闭成藏（如郎 4 井长 5 油层组内曾获 $10.37\text{m}^3/\text{d}$ 的工业油流），系统内主要发育岩性—背斜复合型圈闭、岩性—断块复合型圈闭。

3 成藏动力学系统事件分析

成藏动力学系统不同，控制和决定着油气藏形成的时间、规模及其区带分布。由于镇原—泾川地区和宜君—旬邑地区沉积、构造、上覆盖层等诸多因素方面存在着一定的差别，因此两区块的成藏事件具有明显的差异性，由此决定了不同的区块应寻找不同成因的油气藏。

3.1 镇原—泾川地区成藏动力学系统事件分析

镇原—泾川地区位于鄂尔多斯盆地的西南缘，延长组、延安组沉积时期为大型内陆拗陷的发育阶段，晚期的燕山运动使该地区整体抬升、遭受剥蚀，但变形较弱，仅在局部地区形成一些逆断层和低幅度的隆起。长 6、长 7 油层组内的暗色泥岩为良好的烃源岩，在经历了中侏罗世晚期的热事件后进入生烃门限，并开始排烃，于早白垩世（ 128.4Ma ）达到生油高峰期，油气运移的主要驱动力为下部（ 1900m 以下）的压实流过剩压力和上部的静水压力，储层内的连通孔隙和主要的古侵蚀面（ T_{17} 面、 T_j 面等）决定和控制着油气侧向和垂向的运移。地下流体势的分布表明镇原—泾川地区为早期油气运移的有利指向区。该地区的聚油圈闭主要为岩性圈闭和岩性—低缓背斜型复合圈闭，其形成期为延长组、延安组的沉积发育期，中侏罗世早期圈闭即已形成。在延长组、延安组的沉积过程中，发育了规模不等的辫状河三角洲砂体和延安组的河道砂体，在平面上呈透镜状展布全区，纵向上彼此叠置，为油气聚集提供了良好的储集空间。由此可见，镇原—泾川地区的圈闭形成期明显早于油气的生成期，有利于油气的运移与聚集。通过以上分析可知，成藏关键时期为早白垩世末（图 4），此时，镇原—泾川地区的多数岩性油藏均已形成。尽管该地区也遭受了 3 次较为明显的抬升剥蚀，由于前两期剥蚀时（印支期，延安组末期）油气没有生成，而后一期（早白垩世晚期）剥蚀时，主要目的层之上覆盖了上千米的侏罗系、下白垩统的沉积盖层，且各主要目的层之上均发育了一定厚度的暗色泥岩，对油气起到了较好的封盖效应。可见抬升剥蚀对油气的破坏作用较小。晚期构造变动的影响导致整个鄂南地区油气的再次运移及重新分配，然而该地区的岩性油藏以其独特的封闭体系，几乎没有受到影响和破坏。

镇原—泾川地区的成藏动力学系统主要以它源超压、自源超压、自源常压和它源常压封闭成藏动力学系统为主，除它源超压成藏动力学系统之外均有良好的油气显示。现今的勘探实践表明：油气在纵向上具有明显的分带，位于早期油势中值带的镇原地区，油气主要分布于长 7 自源超压成藏动力学系统中，如镇原县城西 7km 的镇探 1 井，在该系统的底部见有约 8.42m 厚的油层，初产原油 $17.16\text{m}^3/\text{d}$ ，后稳产油 $5\text{m}^3/\text{d}$ 。而一直处于早期油势低值区的泾川地区，则主要分布于长 6 自源常压成藏动力学系统内，如泾参井、剖 14 井、泾探 1 井和泾探 2 井，在该系统内获得了良好的油气显示及工业油流。造成油气垂向分带的主要原因是，

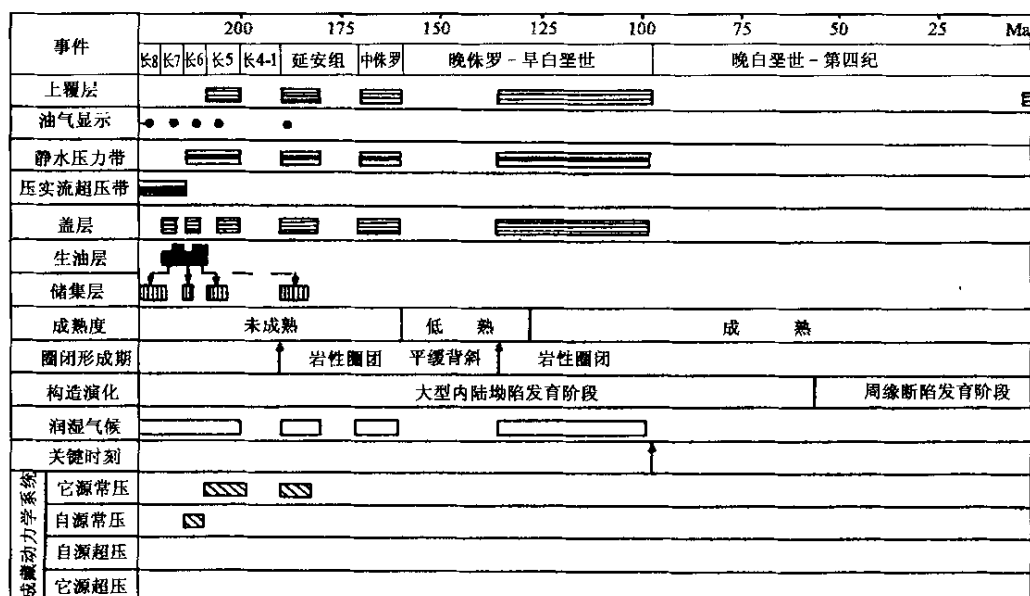


图4 鄂尔多斯盆地庆南地区镇原—泾川区块成藏事件图

Fig.4 Accumulation-formation events of the Zhenyuan-Jingchuan area south of Qingyang in the Ordos basin

在不同的油势区带，油气运移的方式发生了一定的变化，即近高势区以侧向运移为主，而远离高势区则以垂向运移为主。因此，镇原—泾川地区应主要加强自源超压、自源常压成藏动力学系统的勘探。

3.2 旬邑—宜君地区成藏动力学系统事件分析

旬邑—宜君地区位于鄂尔多斯盆地的东南缘，三叠系延长组沉积时期该地区及其北部发育了巨厚的长6、长7暗色泥岩，为本区的主力烃源岩。该烃源岩于中侏罗世晚期进入生烃门限，早白垩世中期（128.4Ma）达到生油高峰阶段，油气运移的主要驱动力为静水压力和压实流过剩压力，运移的输导层为储层内的连通孔隙及逆冲断层面。主要发育岩性圈闭、岩性—背斜复合圈闭和岩性—断层型复合圈闭。岩性圈闭形成期为三叠纪末期，主要由延长组自成封闭的透镜状砂体所组成；而后两类圈闭的形成期为中侏罗世晚期，由透镜状砂体及背斜、断层复合改造所组成。这些背斜、断层的形成，主要是由于早燕山运动的影响，使得鄂尔多斯盆地南缘形成巨型的逆冲推覆构造带，该带地层挤压变形强烈，发育了一系列北东—北东东向的逆冲断层、挤压型背斜。由此可见，圈闭的形成期早于或同时于油气的生成期，油气成藏的关键时期为早白垩世末期，构成了该地区的早期油藏（图5）。而早白垩世末的晚燕山运动及后期的喜山运动对本区的沉积盖层产生了严重的破坏作用，通过对老井资料的分析，大约有47%的井延安组出露地表或遭受剥蚀（17口井占8口井），而其它未出露的井位，延安组上覆层的平均厚度只有369.56m。由此说明，沉积盖层后期的严重剥蚀是导致早期油藏遭受破坏的主要因素之一。同时，本区逆冲断层也较为发育，有些甚至通天，是导致油气遭受破坏的另一因素，产生的结果是井井见油、层层见油，却难见良好的工业油流。

只是那些封闭条件较好、以岩性圈闭为主体的早期油藏能形成一定的工业油流。如位于四郎庙构造的郎四井，其长5油层组为岩性—背斜型复合油藏，曾获得 $10.37\text{m}^3/\text{d}$ 的工业油流和 $40.77\text{m}^3/\text{d}$ 的天然气。

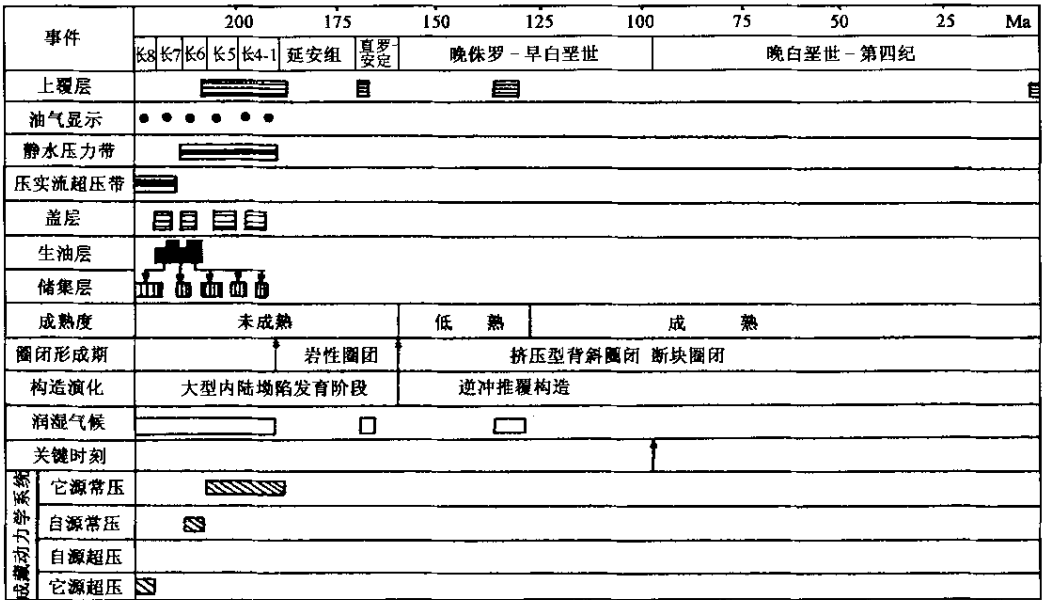


图 5 鄂尔多斯盆地庆南地区宜君—旬邑区块成藏事件图

Fig. 5 Accumulation-forming events of the Yijun-Xunyi area, south of Qingyang in the Ordos basin

本地区的成藏动力学系统主要包括它源超压、自源超压、自源常压和它源常压半封闭—开放成藏动力学系统。在这四类系统之中，均有不同程度的油气显示，但从油气的封闭条件和破坏改造的程度而论，应以它源超压、自源超压成藏动力学系统为主要的勘探对象。在提高开采工艺的前提下，对存在有利储盖组合的地区的上部系统也具有一定的勘探价值。

4 结论

(1) 静水压力和差异压实所产生的流体压力为该地区油气运移的主要驱动力。

(2) 鄂尔多斯盆地南部中生界可分为它源超压、自源超压、自源常压和它源常压四类成藏动力学系统。

(3) 镇原—泾川区应加强自源超压和自源常压成藏动力学系统的油气勘探，而宜君—旬邑地区则以它源超压、自源超压成藏动力学系统为主要勘探对象。

参 考 文 献

[1] 陈荷立, 刘 勇, 宋国初. 陕甘宁盆地延长组地下流体压力分布及油气运聚条件研究 [J]. 石油学报, 1990, (4): 8~11.

[2] 田世澄, 张树林, 袁国礼, 等. 论成藏动力学系统的划分和类型 [A]. 见: 中国含油气系统的应用与进展 [C]. 北京: 石油工业出版社, 1997.

[3] 田世澄, 等. 论成藏动力学系统 [J]. 勘探家, 1996, (1).

[4] 康永尚, 谯卓恒, 金之钧. 含油气系统油气成藏动力学 [A]. 见: 中国含油气系统的应用与进展 [C]. 北京: 石油工业出版社, 1997.

[5] 刘 勇, 金晓辉, 雷无成. 鄂尔多斯盆地延长组油气初次运移特征 [J]. 西安石油学院学报, 1997, (1): 8~16.

ANALYSIS OF THE MESOZOIC ACCUMULATION-FORMING DYNAMIC SYSTEM IN THE SOUTHERN ORDOS BASIN

ZHANG Ke-yin^{1 2}

(1. National Key Laboratory of Oil & Gas Reservoirs ; Chengdu University of Technology , Chengdu , Sichuan 610059 ;

2. West Branch of Exploration and Production Research Institute , SINOPEC , Urumqi , Xinjiang 830011)

Abstract : The main dynamic force driving the migration of Mesozoic hydrocarbons in the southern Ordos basin was mainly hydrostatic pressure in the upper part and differential compaction in the lower part. According to the dynamic characteristics , development of the hydrocarbon source and sealing conditions , four accumulation-forming dynamic systems may be distinguished : (1) the allogenic superpressure accumulation-forming dynamic system , (2) the autogenic superpressure accumulation-forming dynamic system , (3) the autogenic normal pressure accumulation-forming dynamic system , and (4) the allogenic normal pressure accumulation-forming dynamic system. Efforts should be intensified to carry out hydrocarbon exploration in the autogenic superpressure accumulation-forming dynamic system and autogenic normal pressure accumulation-forming dynamic system in the Zhenyuan-Jingchuan area , while in the Yijuan-Xunyi area the main hydrocarbon exploration targets are the allogenic superpressure accumulation-forming dynamic system and autogenic superpressure accumulation-forming dynamic system.

Key words : southern Ordos basin ; oil-gas accumulation ; dynamic system ; analysis

《地质力学学报》荣获“中国科技核心期刊”

《地质力学学报》,继2000年荣获“中国学术期刊(光盘版)检索与评价数据规范”优秀刊物奖之后,又于2004年3月被收录为国家科技部“科技论文统计源期刊”(中国科技核心期刊)。多年来,广大作者、读者给予《地质力学学报》大力的支持与厚爱,《地质力学学报》将再接再厉,争取更大的进步。

