

豫冀鲁不同级序旋扭构造体系和油气富集规律

李红南¹, 刘伟², 蔡传强³, 刘泽蓉¹

(1. 中国石油大学(华东)地球资源与信息学院, 山东东营 257061;

2. 中国石化中原油田采油二厂, 河南濮阳 457532; 3. 中国石化胜利油田胜利采油厂, 山东东营 257051)

摘要:新华夏系第二沉降带华北沉降区受郯庐断裂中生代应力方式及应力场的影响, 广泛发育了不同级序旋扭构造体系, 控制了不同级序复式油气聚集区带的形成分布。油气主要富集在内旋回层和撒开端, 弧形断裂内侧和构造运动活跃期形成的低级序扭动构造中, 对指导油气勘探开发有重要意义。

关键词:旋扭构造体系; 郯庐断裂; 不同级序同生断裂; 应力场; 油气富集规律

中图分类号: TE121.2

文献标识码: A

隶属新华夏系第二沉降带的华北地区近年来深入进行过不少石油地质研究工作^[1~15]。华北盆地位于郯庐断裂西侧, 因郯庐断裂中生代应力方式及应力场的影响, 伴生或派生了巨、大、中、小、微型等不同级序旋扭方式及应力场, 形成不同级序的旋扭构造体系^[16~18]。豫冀鲁旋扭构造体系由鲁西旋扭砥柱和不同级序的旋扭层组成, 控制了区内不同级序复杂构造带、岩相带及其油气聚集区带的形成、分布和富集。本文简要论述不同级序旋扭构造体系及其控油规律。

1 豫冀鲁巨型旋扭构造体系和油气富集规律

豫冀鲁巨型帚状构造体系位于新华夏系第二沉降带华北沉降区, 北以宝坻—禾亭断裂与阴山纬向带毗邻, 东以郯庐断裂与新华夏系第二隆起带相邻, 西以太行山东麓断裂与新华夏系第三隆起带为界, 南以济源—枣庄断裂与秦岭纬向带北支相接, 横跨河南、河北、山东三省, 面积约 $22 \times 10^4 \text{ km}^2$, 是与我国西部陇西系相媲美的巨型帚状构造体系。

豫冀鲁巨型帚状构造体系由鲁西隆起砥柱和济阳—临清拗陷、埕宁隆起、黄骅拗陷、沧县隆起、冀中拗陷等5个旋回层组成。鲁西砥柱北部的山脉走向、地层产状、构造线展布、岩浆岩带和矿产分布等均呈向北凸的半环状。各旋回层中的隆起和拗陷带、构造(断裂)带、岩相带、油气田乃至油气藏等均围绕鲁西砥柱呈向北东撒开、南西收敛的帚状展布, 收敛端位于东濮凹陷黄河南地区(图1)。

据新华夏系第二沉降带华北沉降区的沉积和构造、中生代岩浆岩建造、地层接触关系、古生代地层变形和断裂发育、古潜山形式分布和古—新近系油气藏形成分布等7大方面

收稿日期: 2009-11-06

基金项目: 国家重点基础研究发展规划“973”项目(编号: G1999022509)研究的部分成果。

作者简介: 李红南(1972-), 女(朝鲜族), 博士, 副教授, 从事油气田地质方面的教学和研究工作。

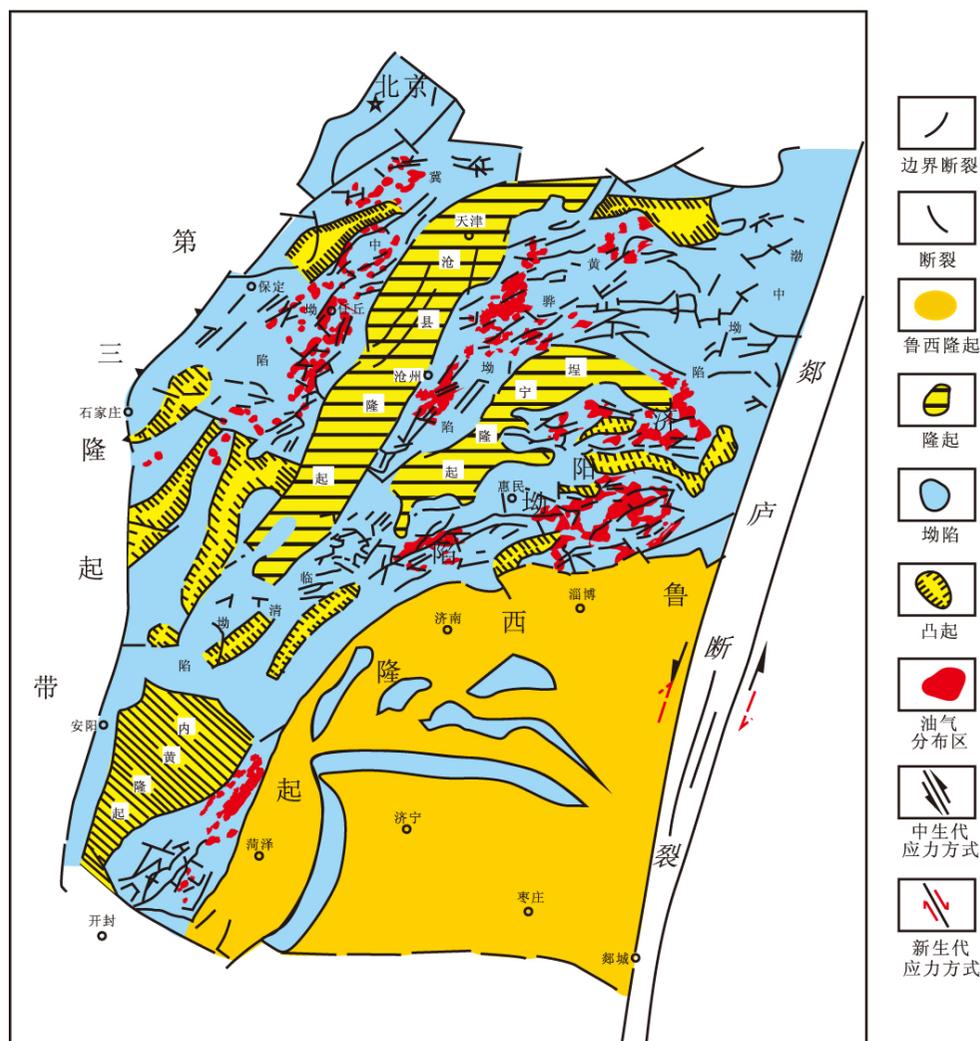


图1 豫冀鲁巨型旋扭构造体系和油气分布图

Fig.1 Tectonic system of macroscopic rotational shear structures and its relation to the distribution of hydrocarbon in Hebei, Shandong and Henan provinces

的综合研究,均表明该巨型帚状构造体系经历了燕山和喜马拉雅运动复杂的动力活动和作用^[16,18],表现出明显的“构造反转”特征。晚侏罗世,太平洋板块活动取代了扬子板块、西伯利亚板块活动对华北地区构造演化的控制地位,华北地区东西成带、南北分块的滨太平洋构造域已基本形成^[19~20]。由于太平洋板块对中国大陆的消减俯冲,华北东部整体处于压扭性背景,出现了郯庐断裂的左行走滑运动,致使郯庐断裂带以西的地区处于左行剪切应力场^[21~24],进而发育了一系列的NW、NWW向张性断裂系统及雁行排列的小型断陷盆地^[25~27],形成了压扭性豫冀鲁巨型帚状构造体系的雏形。晚白垩世初期(距今90Ma),太平洋板块的高角度正向俯冲,形成了以伸展为主的张性到扭张性应力场^[28~30],至新生代,由于印度板块与欧亚板块碰撞和太平洋板块由NNW向转为WNW向俯冲,华北地区夹持于喜马拉雅与环太平洋构造域之间,处于右旋走滑—引张应力场^[31]。压扭性至张扭性应力场

的演化(图2),改造了豫冀鲁巨型帚状构造体系的中生代早期构造格局,导致该帚状构造体系展布区内发育了众多不同级序的张扭性同生断裂控制的隆起和坳陷带、构造带、岩相带,控制了古一新近系油气富集带的形成和分布。

豫冀鲁巨型帚状构造体系的应力方式、应力场,控制巨型复杂的复式油气区带的形成分布^[16~18]。其油气富集规律有如下特点:

(1)从巨型旋扭构造体系的撒开端和收敛端来看,油气主要富集在旋扭构造体系的撒开端,特别是在距撒开端三分之一的部位,不仅形成和分布的油气田数量多,而且油气富集程度高、储量大,产能也大(见图1)。虽然油气的运移和聚集必须要有一定的应力驱动,但在地应力相对集中的地区又常不利于油气的聚集和富集。因旋扭构造收敛端应力较集中,故常不是油气富集有利地区。

(2)从巨型旋扭构造体系的内外旋回层比较来看,内旋回层比外旋回层油气富集程度高,产能也高。如内旋回层的济阳坳陷,开始形成于晚侏罗世,古近纪之后,郟庐断裂派生的张扭应力场使坳陷在大幅度张开的同时剧烈下沉,沉积了近万米厚的陆相含油层系,发育多个生储盖组合^[23~24,31]。目前发现了近70个油气田约2000多个油气藏,累计探明储量接近40亿吨。而外旋回层的冀中坳陷,古近系沙三段主要生油岩系最厚可达4000m以上^[32],已发现油气田仅为48个,累计探明储量为9亿吨左右。

(3)从组成豫冀鲁巨型旋扭构造体系的断裂分布来看,同生断裂下降盘弧形断裂内侧、两组扭裂面相对倾斜的前方和主断裂一侧分支构造常有利于形成良好的储油构造,有利于油气聚集和富集。从各断裂发育时期来看,在构造运动活跃期和成藏期成生的断裂及其伴生的低级序构造,有利于油气的聚集和富集。

2 豫冀鲁区大型旋扭构造体系和油气富集规律

大型旋扭构造体系主要分布在豫冀鲁巨型帚状构造体系的济阳坳陷、黄骅坳陷、冀中坳陷等3个大型坳陷旋回层和2个隆起旋回层中,因隆起旋回层油气极少,仅研究坳陷旋回层和油气的关系。3个坳陷旋回层均由低级序的凹陷和凸起组成。如济阳坳陷为两凸三凹次级

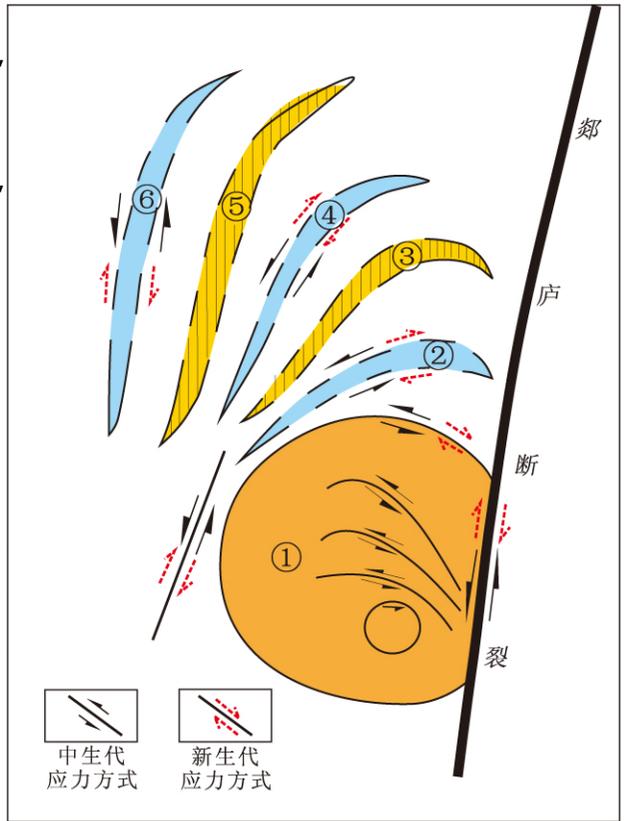


图2 中新生代动力学环境示意图

Fig.2 Sketch map of dynamic environment in Meso-Cenozoic

- ①鲁西砥柱;②济阳坳陷轴线;③埕宁隆起轴线;
④黄骅坳陷轴线;⑤沧县隆起轴线;⑥冀中坳陷轴线

旋回层,自南向北为临南—东营凹陷带;林樊家披覆背斜—滨县凸起—陈家庄凸起带;滋镇—阳信—沾化凹陷带;无棣—义和庄凸起带;车镇凹陷等5个旋回层组成。黄骅拗陷为一凸两凹次级旋回层,自东南向西北为盐山—常庄—歧口—埕北凹陷带;徐杨桥—孔店—北大港—灯南构造带;南皮—沧东—板桥—北塘—乐亭凹陷带等3个旋回层组成。冀中拗陷亦为一凸两凹次级旋回层,自东向西为武清—霸县—饶阳—南宫凹陷带;大兴—牛驼镇—高阳—博野(构造带)—南宫凸起带;北京—保定—石家庄凹陷带等3个旋回层组成。这些低级序旋回层的凸起、凹陷、构造带、断裂体系、岩性岩相带和油气富集带展布仍为南西收敛、北东撒开的帚状面貌(图3)。

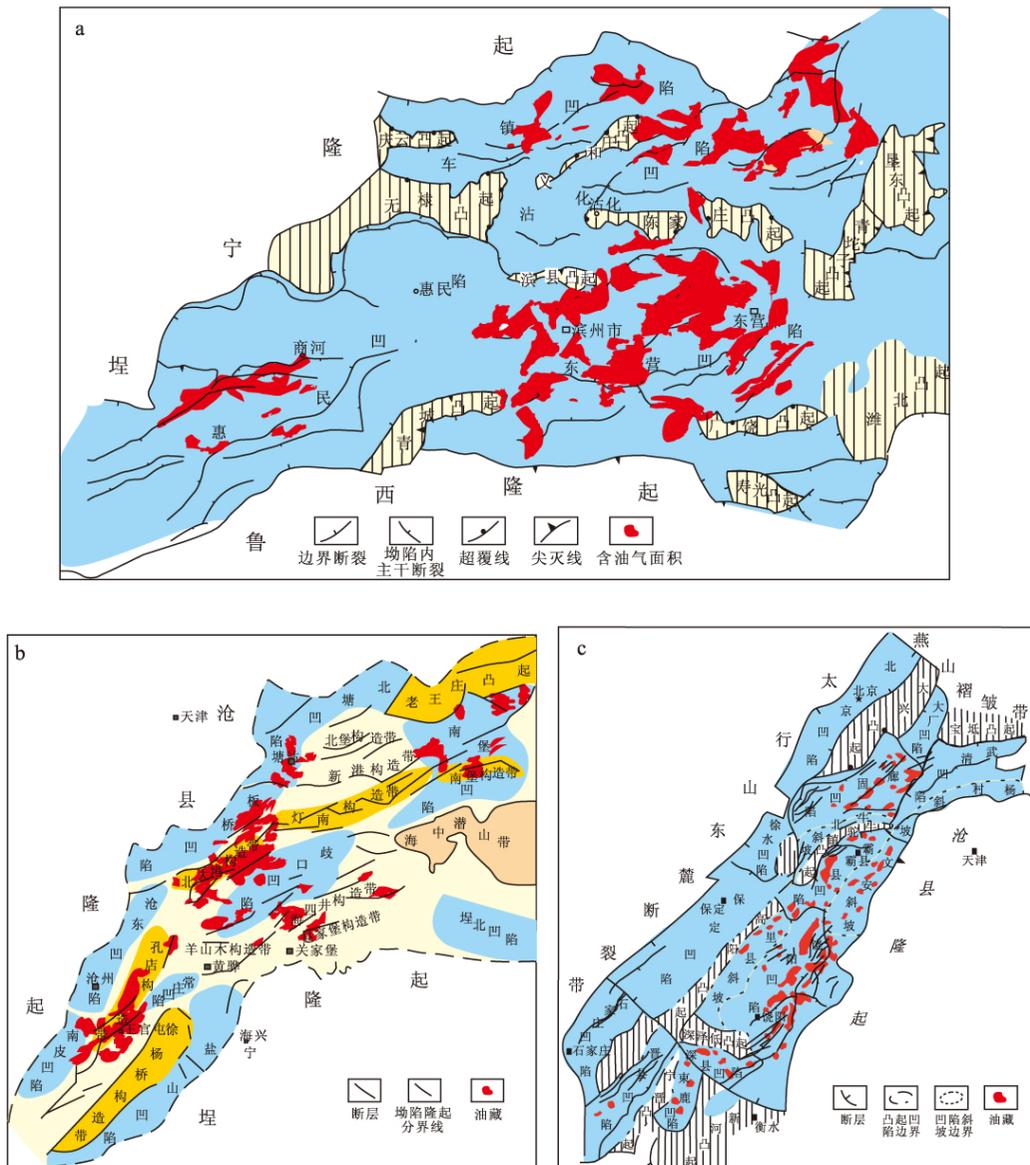


图3 大型旋扭构造体系和油气分布图

Fig.3 Tectonic systems of large rotational shear structures and their relation to the distribution of hydrocarbon
a. 济阳拗陷; b. 黄骅拗陷; c. 冀中拗陷

在临近鲁西砥柱的济阳拗陷旋回层内，因旋扭应力场发育，各类构造线常为弧形展布，同时曲率最大，黄骅拗陷次之，远离鲁西砥柱的冀中拗陷旋回层，因直扭应力场发育，各类构造线曲率常较小，多为雁列，表明鲁西砥柱旋扭应力场对大型旋回层的控制作用。

以济阳拗陷为例，大型旋扭构造撒开端的东营和沾化凹陷，构造活动强烈，凹陷持续时间长，沉积了巨厚的暗色生油岩系，发育多套生储盖组合，油气较为富集，东营凹陷油气地质储量达 $19.2 \times 10^8 \text{t}$ ，发现4个亿吨级储量的大油田，沾化凹陷油气地质储量为 $12.6 \times 10^8 \text{t}$ ，发现3个亿吨级储量的大油田。收敛端的惠民凹陷构造和火山活动强烈，其北部和东部地区的生油层遭受剥蚀；外旋层车镇凹陷发育缓慢，有机质丰度和成熟度偏低。两凹陷的油气相对贫乏，油气地质储量均小于 $3 \times 10^8 \text{t}$ 。

豫冀鲁区大型旋扭构造体系是巨型帚状构造体系应力方式、应力场在晚侏罗至新近纪明化镇组沉积期发生复杂的演化，在各凹陷旋回层中伴生或派生出复杂的大型低级序应力方式、应力场的产物。控制研究区内大型复杂构造带、构造岩相带、火山岩带和大型复式油气聚集带的形成、分布与演化，其控油规律与豫冀鲁巨型帚状构造体相似。

3 豫冀鲁区中型旋扭构造体系和油气富集规律

因研究区低级序旋扭应力场极活跃，导致各旋回层中低级序的中型旋扭构造也很发育。中型旋扭构造体系是发育分布在各大型凹陷带中的低级序的复杂二级构造，常为三级复杂同生断裂构造带、断裂带、洼陷和突起带、火山岩带、岩性岩相带等组成。如东营凹陷中的陡坡带、洼陷带、中央隆起带和缓坡带，惠民凹陷北部的陵县—阳信陡坡带、洼陷带，临盘—商河中央隆起带、临南洼陷带和缓坡带等。

因各二级构造中发育了不同时期、不同规模、不同强度、不同应力方式、应力场的同生断裂，导致研究区三级（中型）旋扭构造体系的成生发展。它们不仅控制研究区各凹陷二级构造带的复杂构造格架和演化，还控制豫冀鲁区中型复杂油气富集带、油气田。如冀中拗陷的任丘潜山带，黄骅拗陷的徐杨桥—灯南构造带均为左行斜列的多字形构造^[33]。济阳拗陷次级突起、洼陷带也常为左行斜列式排列。在其收敛端常发育中型的旋扭构造体系^[34-35]。如惠民凹陷临—商构造具向南西收敛、向北东撒开的帚状特征。它由临南洼陷旋涡和3个北凸断块群旋回层组成，在临南洼陷伴生的背斜顶部地层由老至新自东南向西北方向位移，表明是内旋反扭、外旋顺扭的右行压扭性构造体系。该帚状构造控制临盘、商河油田断块油气藏、岩性油气藏、火山岩油气藏及其它复合油气藏的形成分布，油气主要富集在内旋回层和撒开端。油田开发动态数据表明，它们还控制特高含水期剩余油分布及油田开发地质环境污染和地质灾害的形成（图4）。又如东营凹陷北部陡坡带，是一个向北凸出的弧形构造带，在弧形内侧发育滨南断阶带、利津入字形构造、胜坨逆牵引背斜和永安镇断阶带等，为济阳运动期左行张扭性应力场转变为东营运动期右旋压扭性应力场的产物，受豫冀鲁区巨型旋扭构造应力场的控制^[36]。在压扭应力作用下，早先形成的同生断裂具备良好的断层封闭性，从而形成了滨南、利津、胜坨和永安镇等油气富集区（图5）。

4 豫冀鲁区小型旋扭构造体系和油气富集规律

豫冀鲁区的小型旋扭构造体系主要发育分布在该巨型帚状构造体系各凹陷带中的第四级

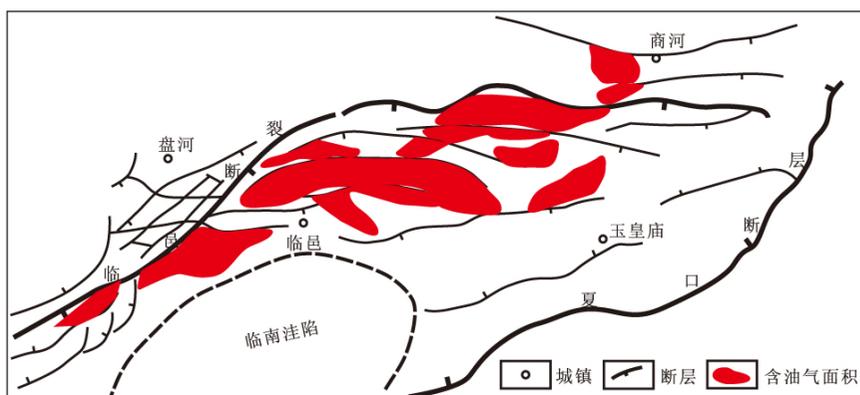


图4 临商中型旋扭构造体系和油气分布图

Fig.4 Tectonic system of medium rotational shear structures and its relation to the distribution of hydrocarbon in Linshang area

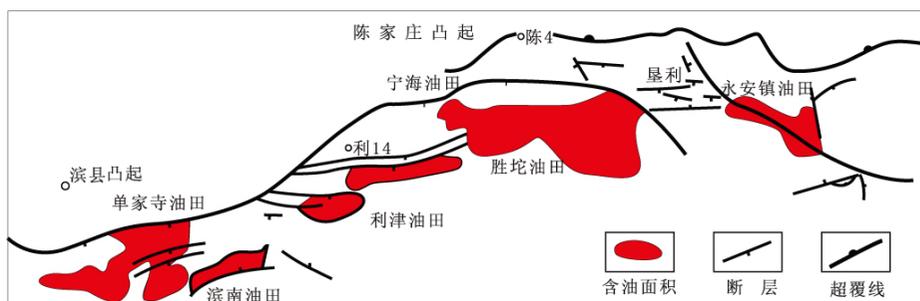


图5 东营凹陷北部弧形构造带与油气分布图

Fig.5 The arc structure zone and its relation to the distribution of hydrocarbon in north Dongying Sag

复杂构造带或复杂构造区。常为四级复杂同生断裂构造带或构造区块、洼陷突起带端部、火山岩带、岩性岩相带等组成。

如东营凹陷中央隆起带西南端现河庄帚状断裂构造体系为豫冀鲁区巨型帚状构造体系派生的第四级低级序小型旋扭构造断块群，其应力活动方式与豫冀鲁帚状一致，并受其构造应力场控制，在新生代时期为右行压扭性扭动^[37~38]。该构造北以河4大断层为界、南为河68大断层，面积约120km²，北部的民丰次洼为旋扭核心，南部的4个微弧形南凸断块呈向北东收敛、南西撒开的帚状展布（图6），剖面为向北西节节下掉的断阶带。故油气田（藏）在平面上呈帚状分布，北东部收敛端油气分布范围窄，地质储量相对小，如河68区块约为542×10⁴t、河50区块约为554×10⁴t。西南部撒开端含油气气范围宽散，含油面积大，地质储量也大，如梁11区块和河60区块均大于950×10⁴t，河4区块也达867×10⁴t。纵向上沿规模大、切割深的大断层附近油气丰度高，含油层系多，小断层附近油气分布少。

此外，因小型构造体系中发育不同规模、不同强度、不同应力方式、应力场的断裂，导致研究区更低级的旋扭构造体系较为发育，使得油气富集和形成期也极为复杂。常见的有帚状、雁列式、锯齿状弧形、棋盘格式、微弧形、放射状、环状、入字形等构造（图7），亦是晚侏罗纪至新近纪明化镇组沉积期间高级序应力场的形成演化，伴生或派生的低级序旋扭

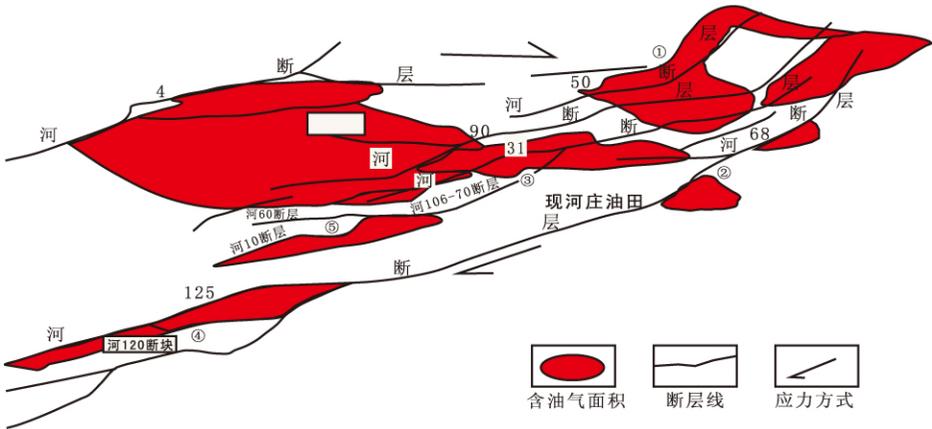


图 6 现河庄小型旋扭构造体系与油气分布图

Fig.6 Tectonic system of small rotational shear structures and its relation to the distribution of hydrocarbon in Xianhe area

- ①河 50 放射状断裂体系；②河 68 墙角状断裂体系；③河 31 平行弧形断裂体系；
- ④河 125 末端入字形断裂体系；⑤河 10 断阶状断裂体系

应力方式和应力场的产物。如现河庄帚状断裂构造体系的收敛端发育河 50 放射状断裂体系，中段发育河 31 平行弧形断裂体系，在撒开端发育河 125 末端入字形断裂体系等（图 6）。油藏常常置于断层和地层构成反向屋脊部位，断层弧形段弧湾内侧，两条或两条以上断层交汇部位，少数出现于断层侧现部位，断层尖灭再现部位及断层尾端和断层转换处。

因小型或更低级旋扭构造体系内各类断块的特征和形成机制不同，导致各自成藏条件、成藏环境和成藏期各不相同，不仅油气聚集规律、富集程度和控制因素不相同，而且注水开发油藏的剩余油形成与富集规律，乃至开发地质环境污染和地质灾害形成分布和破坏性也存在差异。

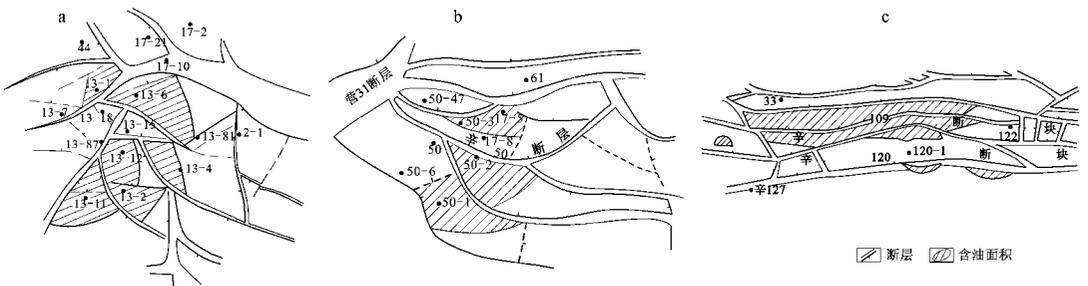


图 7 五级旋扭构造体系与油气分布示意图

Fig.7 Tectonic systems of fifth degree rotational shear structures and their relation to the distribution of hydrocarbon

总体上，豫冀鲁不同级序的旋扭构造展布区内同生断裂极为发育，主要为 NNE、NEE、近 EW、NW-NWW 向等断裂，常为锯齿状弧形展布，缘于旋扭构造成生、发展过程中，沿新华夏系早期的 NE、NEE 压扭性和 NW 张、张扭性两组扭裂面追踪演化而成。在两组扭裂面相背倾斜的部位常为山脊，为物源区。在两组断裂面相向倾斜的部位常为沟谷，是河流发育的地区，沉积发育了不同成因类型的储集体，也是各油气藏聚集和富集的场所。

5 结论和认识

(1) 华北沉降区广泛发育了豫冀鲁不同级序旋扭构造体系, 为旋扭核心和隆起、拗陷等旋回层组成, 高级序旋扭构造体系常为帚状或雁列, 低级序的旋扭构造体系类型复杂多样。

(2) 豫冀鲁不同级序的旋扭构造体系是新华夏系构造成分受郟庐断裂中生代左行扭动和新生代右行扭动伴生和派生的不同级序旋扭应力场影响的产物。

(3) 豫冀鲁区不同级序的控油同生断裂, 是新华夏系早期的两组扭裂面联合复合的产物, 常为弧形展布。在不同级序同生断裂下降盘, 两组扭裂面向相倾斜的前方常发育了不同成因类型砂体, 是断块油藏、岩性油藏及复合油藏发育的部位。

(4) 油气常富集在内旋回层撒开端, 同生断裂下降盘, 两组扭裂的相对倾斜的前方及弧形断裂内侧构造运动活跃期或成藏期成生的低级序旋扭构造体系。

参 考 文 献

- [1] 孟玮, 钟建华, 王嘉玮. 东营凹陷永北地区砂砾岩体储集层特征及影响因素 [J]. 地质力学学报, 2009, 15 (3): 305 ~ 314.
MENG Wei, ZHONG Jian-hua, WANG Jia-wei. Reservoir characteristics influencing factors of glutenite in Yongbei area, Dongying depression [J]. Journal of Geomechanics, 2009, 15 (3): 305 ~ 314.
- [2] 肖树明, 王国壮, 钟建华, 等. 东营凹陷沙一段断层封闭性研究 [J]. 地质力学学报, 2009, 15 (3): 296 ~ 304.
XIAO Shu-ming, WANG Guo-zhuang, WANG Jia-wei, et al. A study of fault sealing in Member 1 of Shahejie Formation in the Dongying Sag [J]. Journal of Geomechanics, 2009, 15 (3): 296 ~ 304.
- [3] 刘伟, 余传谋. 河南濮卫环洼带断裂特征及其在油气运聚中的作用 [J]. 地质力学学报, 2009, 15 (2): 190 ~ 200.
LIU Wei, YU Chuan-mo. Characteristics of faults in the Pu-Wei ring depression and its contribution to migration and accumulation of oil and gas [J]. Journal of Geomechanics, 2009, 15 (2): 190 ~ 200.
- [4] 孙海宁, 夏景生, 钟建华, 等. 山东东营凹陷东部浊积岩油藏成藏条件与模式 [J]. 地质力学学报, 2008, 14 (3): 221 ~ 230.
SUN Hai-ning, XIA Jing-sheng, ZHONG Jian-hua, et al. The condition and pattern of turbidite fan reservoir formation in eastern Dongying depression, Shandong Province [J]. Journal of Geomechanics, 2008, 14 (3): 221 ~ 230.
- [5] 韩清华, 充鹏, 余朝华, 等. 渤海湾盆地东营凹陷辛东地区构造演化及油气成藏规律 [J]. 地质力学学报, 2008, 14 (4): 362 ~ 373, 345.
HAN Qing-hua, YAN Peng, YU Zhao-hua, et al. Structural evolution and hydrocarbon accumulation in the Xindong area of Dongying Sag, Bohai Bay Basin [J]. Journal of Geomechanics, 2008, 14 (4): 362 ~ 373, 345.
- [6] 孙思敏, 梁德富, 黄述旺. 东濮凹陷文留油田盐岩地震反射特征及相关油藏类型 [J]. 地质力学学报, 2007, 13 (4): 348 ~ 354.
SUN Si-min, LIANG De-fu, HUANG Shu-wang. Seismic reflection characteristics and related hydrocarbon accumulation types of the Wenliu oilfield in the Dongpu subbasin [J]. Journal of Geomechanics, 2007, 13 (4): 348 ~ 354.
- [7] 王书宝, 钟建华, 陈志鹏. 惠民凹陷新生代断裂活动特征研究 [J]. 地质力学学报, 2007, 13 (1): 86 ~ 96.
WANG Shu-bao, ZHONG Jian-hua, CHEN Zhi-peng. Characteristics of Cenozoic fault activities in the Huimin subbasin [J]. Journal of Geomechanics, 2007, 13 (1): 86 ~ 96.
- [8] 李胜利, 于兴河, 陈建阳, 等. 渤海湾盆地济阳拗陷沾化凹陷地层流体压力分布规律及其对油气成藏的影响 [J]. 地质力学学报, 2006, 12 (1): 37 ~ 42.
LI Sheng-li, YU Xing-he, CHEN Jian-yang, et al. Distribution characteristics of fluid pressure in the Zhanhua subbasin, Jiyang depression, Bohai Gulf Basin, and their influence on oil and gas accumulations [J]. Journal of Geomechanics, 2006, 12 (1): 37 ~ 42.

37~42.

- [9] 王海潮, 王余泉, 秦云龙, 等. 渤海湾盆地沉积斜坡及其含油性 [J]. 地质力学学报, 2006, 12 (1): 23 ~ 30.
WANG Hai-chao, WANG Yu-quan, QIN Yun-long, et al. Sedimentary slope of the Bohai Gulf Basin and their oil potential [J].
Journal of Geomechanics, 2006, 12 (1): 23 ~ 30.
- [10] 首皓, 黄石岩. 渤海湾盆地济阳拗陷潜山油藏分布规律及控制因素 [J]. 地质力学学报, 2006, 12 (1): 31 ~ 36.
SHOU Hao, HUANG Shi-yan. Distribution and constrains of buried hill reservoirs in the Jiyang depression. Bohai Gulf Basin
[J]. Journal of Geomechanics, 2006, 12 (1): 31 ~ 36.
- [11] 贾齐山, 李胜利, 马乾, 等. 冀东油田南堡凹陷南堡 2 号构造带烃源岩地球化学特征与油源对比 [J]. 地质力学学报, 2006, 12 (4): 469 ~ 475.
JIA Qi-shan, LI Sheng-li, MA Qian, et al. Geochemical characteristics of hydrocarbon source rocks in the No. 2 structural belt
of the Nanpu subbasin, eastern Hebei oil field, and source rock correlation [J]. Journal of Geomechanics, 2006, 12 (4): 469
~ 475.
- [12] 徐守余. 渤海湾盆地构造体系与油田地质灾害 [J]. 地质力学学报, 2006, 12 (1): 6 ~ 11.
XU Shou-yu. Structural system and oilfield geological hazards in the Bohai Gulf Basin [J]. Journal of Geomechanics, 2006, 12
(1): 6 ~ 11.
- [13] 徐守余, 李学艳. 胜利油田东营凹陷中央隆起带断层封闭模式研究 [J]. 地质力学学报, 2005, 11 (1): 19 ~ 24.
XU Shou-yu, LI Xue-yan. Fault seal model of the central uplift. Dongying Depression [J]. Journal of Geomechanics, 2005, 11
(1): 19 ~ 24.
- [14] 赵国连, 赵澄林, 叶连俊. 渤海湾盆地“四扇一沟”沉积体系及油气意义 [J]. 地质力学学报, 2005, 11 (3): 245 ~ 358.
ZHAO Guo-lian, ZHAO Cheng-lin, YE Lian-jun. Sedimentary system of “ four fans and one channel ” in the Bohai Gulf Basin and
its significance for petroleum exploration [J]. Journal of Geomechanics, 2005. 11 (3): 245 ~ 258.
- [15] 徐守余, 严科. 渤海湾盆地构造体系与油气分布 [J]. 地质力学学报, 2005, 11 (3): 259 ~ 265.
XU Shou-yu, YAN Ke. Structural system and hydrocarbon distribution in the Bohai Gulf Basin [J]. Journal of Geomechanics,
2005, 11 (3): 259 ~ 265.
- [16] 刘泽蓉, 李德同, 王尔伟, 等. 冀鲁帚状构造体系及其与油气的关系 [J]. 华东石油学院学报, 1977, 03.
LIU Ze-rong, LI De-tong, WANG Er-wei, et al. Ji-Lu Brush structure systems and relationship between it and oil and gas [J].
Journal of Huadong Petroleum Institute, 1977, 03.
- [17] 刘泽蓉, 王孝陵, 吴乃苓, 等. 帚状构造体系形成机制及其控油规律 [J]. 华东石油学院学报, 1982, 03.
LIU Ze-rong, WANG Xiao-ling, WU Nai-ling, et al. Genetic mechanism of brush structure systems and the law of oil controlled
by it [J]. Journal of Huadong Petroleum Institute, 1982, 03
- [18] 刘泽蓉, 王孝陵. 再论冀鲁帚状构造体系 [J]. 华东石油学院学报, 1981, 02.
LIU Ze-rong, WANG Xiao-ling. Further discussion on brush structure systems [J]. Journal of Huadong Petroleum Institute,
1981, 02.
- [19] 何海清, 王兆云, 韩品龙. 华北地区构造演化对渤海湾油气形成和分布的控制 [J]. 地质学报, 1998, 72 (4): 313 ~ 322.
HE Qing-hai, WANG Zhao-yun, HAN Pin-long. Tectonic control on the formation and distribution of oil-gas pools in the Bohai
Bay Basin of North China [J]. Acta Geologica Sinica, 1998, 72 (4): 313 ~ 322.
- [20] 杜旭东, 李洪革, 陆克政, 等. 华北地台东部及邻区中生代 (J-K) 原型盆地分布及成盆模式探讨 [J]. 石油勘探
与开发, 1999, 26 (4): 5 ~ 9.
DU Xu-dong, LI Hong-ge, LU Ke-zheng, et al. Distribution of prototype basins in Huabei platform and its neighboring region and
a discussion of basin formation model [J]. Petroleum Exploration and Development, 1999, 26 (4): 5 ~ 9.
- [21] 刘红涛, 孙世华, 刘建明, 等. 华北克拉通北缘中生代高锶花岗岩类: 地球化学与源区性质 [J]. 岩石学报, 2002, 18 : 257 ~ 274.
LIU Hong-tao, SUN Shi-hua, LIU Jian-ming, et al. The Mesozoic high-Sr granitoids in the northern marginal region of North
China Craton : geochemistry and source region [J]. Acta Petrologica Sinica, 2002, 18 : 257 ~ 274.
- [22] 张旗, 钱青, 王二七, 等. 燕山中晚期的“中国东部高原”: 埃达克岩的启示 [J]. 地质科学, 2001, 36 (2): 248

~ 255.

ZHANG Qi, QIAN Qing, WANG Er-qi, et al. An East China Plateau in mid-late Yanshan Period: implication from adakites [J]. *Scientia Geologica Sinica*, 2001, 36(2): 248 ~ 255.

- [23] 夏斌, 刘朝露, 陈根文. 渤海湾盆地中生代构造演化与构造样式 [J]. *天然气工业*, 2006, 26(12): 57 ~ 60.
XIA Bin, LIU Chao-lu, CHEN Gen-wen. Meso-Cenozoic tectonic evolution and tectonic styles in the Bohai Bay Basin [J]. *Natural Gas Industry*, 2006, 26(12): 57 ~ 60.
- [24] 胡望水, 吕炳全, 官大勇, 等. 郯庐断裂带及其周缘中生代盆地发育特征 [J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2003, 23(4): 51 ~ 57.
HU Wang-shui, LU Bing-quan, GUAN Da-yong, et al. Characteristics of Tanlu Fault Zone and development of Mesozoic and Cenozoic basins along it [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2003, 23(4): 51 ~ 57.
- [25] 朱光, 刘国生, 牛漫兰, 等. 郯庐断裂带的平移运动与成因 [J]. *地质通报*, 2003, 22(3): 200 ~ 207.
ZHU Guang, LIU Guo-sheng, NIU Man-lan, et al. Transcurrent movement and genesis of the Tan-Lu fault zone [J]. *Regional Geology of China*, 2003, 22(3): 200 ~ 207.
- [26] 邹东波, 吴时国, 刘刚. 渤海湾盆地桩海地区 NNE 向断层性质及其对油气的影响 [J]. *天然气地球科学*, 2004, 15(5): 503 ~ 507.
ZOU Dong-bo, WU Shi-guo, LIU Gang, et al. The features of the NNE trending faults and its implication for hydrocarbon in the Zhuanghai area, Bohai wan Basin [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2004, 15(5): 503 ~ 507.
- [27] 侯贵廷, 钱祥麟, 蔡东升. 渤海湾盆地中、新生代构造演化研究 [J]. *北京大学学报(自然科学版)* 2001, 37(6): 845 ~ 850.
HOU Gui-ting, QIAN Xiang-lin, CAI Dong-sheng. The tectonic evolution of Bohai Basin in Mesozoic and Cenozoic time. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinesis*. 2001, 37(6): 845 ~ 850.
- [28] 朱光, 王道轩, 刘国生, 等. 郯庐断裂带的演化及其对西太平洋板块运动的响应 [J]. *地质科学*, 2004, 39(1): 36 ~ 49.
ZHU Guang, WANG Dao-xuan, LIU Guo-sheng, et al. Evolution of the Tan-Lu Fault Zone and its responses to plate movements in West Pacific Basin. *Chinese Journal of Geology*, 2004, 39(1): 36 ~ 49.
- [29] 张岳桥, 董树文. 郯庐断裂带中生代构造演化史: 进展与新认识 [J]. *地质通报*, 2008, 27(9): 1371 ~ 1388.
ZHANG Yue-qiao, DONG Shu-wen. Mesozoic tectonic evolution history of the Tan-Lu fault zone, China: Advances and new understanding [J]. *Geological Bulletin of China*, 2008, 27(9): 1371 ~ 1388.
- [30] 孙晓韬, 王璞君, 郝福江, 等. 中国东部陆缘中区—新生代区域断裂系统时空分布特征、迁移规律及成因类型 [J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2005, 35(5): 554 ~ 562.
SUN Xiao-meng, WANG Pu-jun, HAO Fu-jiang, et al. Space-time distribution features, migration regularities and genetic types of regional fault system of Meso-Cenozoic in the central section of epicontinent of the East China [J]. *Journal of Jiling University (Earth Science Edition)*, 2005, 35(5): 554 ~ 562.
- [31] 吴智平, 李伟, 任拥军, 等. 济阳坳陷中生代盆地演化及其与新生代盆地叠合关系探讨 [J]. *地质学报*, 2003, 77(2): 280 ~ 285.
WU Zhi-ping, LI Wei, REN Yong-jun, et al. Basin evolution in the Mesozoic and superposition of Cenozoic Basin in the area of the Jiyang Depression [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2003, 77(2): 280 ~ 285.
- [32] 王伟锋, 刘泽容, 邓俊国. 渤海湾盆地西部构造级序与油气分布 [J]. *石油大学学报*, 1996, 20(1): 6 ~ 12.
WANG Wei-feng, LIU Ze-rong, DENG Jun-guo. Structural orders and distribution of oil and gas in the west part of Bohai bay basin [J]. *Journal of the University of Petroleum, China*, 1996, 20(1): 6 ~ 12.
- [33] 渠芳, 陈清华, 连承波, 等. 黄骅坳陷南区油气分布规律及其成藏机制 [J]. *石油勘探与开发*, 2008, 35(3): 294 ~ 300.
QU Fang, CHEN Qing-hua, LIAN Cheng-bo, et al. Distribution and accumulation of the oil and gas in southern Huanghua Depression [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2008, 35(3).
- [34] 朱筱敏, 信荃麟. 惠民凹陷西部古近系构造岩相带特征 [A]. *复杂油气田勘探开发学术研讨会文集 [C]*. 北京: 石油工业出版社, 2008.
ZHU Xiao-min, XIN Quan-lin. Paleocene structure lithofacies belt characteristics in western Huimin Depression [A]. *Corpus of*

Exploration and Development Seminar of Complex Oil and Gas Fields [C]. Beijing : Petroleum Industry Press , 2008 .

- [35] 付金华. 复杂断块油藏形成机制及剩余油预测 [D]. 北京 : 中科院地质与地球物理研究所 , 2002 .
FU Jin-hua. Study on mechanism of complex fault reservoir and prediction of remaining oil [D]. Beijing : Institute of Geology and Geophysics , Chinese Academy of Sciences , 2002 .
- [36] 王志刚. 东营凹陷岩性油气藏成藏动力学机制和预测 [D]. 北京 : 中国科学院地质与地球物理研究所 , 2003 .
WANG Zhi-gang. Dynamics mechanism of lithological petroleum pool and pool prediction in Dongying sag [D]. Beijing : Institute of Geology and Geophysics , Chinese Academy of Sciences , 2003 .
- [37] 王光付. 东营凹陷辛镇复杂断块油藏形成机制和剩余油分布研究 [D]. 北京 : 中科院地质与地球物理研究所 , 2001 .
WANG Guang-fu. Study on mechanism of Xinzhen complex fault reservoir and prediction of remaining oil in Dongying depression [D]. Beijing : Institute of Geology and Geophysics , Chinese Academy of Sciences , 2001 .
- [38] 刘泽蓉, 信荃麟, 邓俊国, 等. 断块群油气藏形成机理和构造模式 [M]. 北京 : 石油工业出版社 , 1998 .
LIU Ze-rong , XIN Quan-lin , DENG Jun-guo , et al. Mechanism of reservoir and structure pattern of complex fault group [M]. Beijing : Petroleum Industry Press , 1998 .

ROTATIONAL SHEAR TECTONIC SYSTEMS IN DIFFERENT LEVELS AND THEIR RELATION TO HYDROCARBON ENRICHMENT RULES IN HEBEI , SHANDONG AND HENAN PROVINCES

LI Hong-nan¹ , LIU Wei² , CAI Chuan-qiang³ , LIU Ze-rong¹

(1. College of Geo-Resources and Information , China University of Petroleum , Dongying 257061 , Shandong , China ;

2. Zhongyuan Oilfield Company , SINOPEC , Puyang 457532 , Henan , China ;

3. Shengli Oilfield Company , SINOPEC , Dongying 257051 , Shandong , China)

Abstract : With the effect of stress and stress field in Tanlu fault in Meso-Cenozoic , tectonic systems of various rotational shear structures are developed extensively in Huabei depression area in the second depression zone of new Cathaysian , which controls the generation and distribution of duplex hydrocarbon accumulation zones in different degrees. Oil and gas are concentrated in the inner cycle bed , divergent places , inner part of the arc faults and the lower-order twisting structures formed in tectonic movement active phase , which has important guiding significance in oil and gas exploration and development.

Key words : rotational shear tectonic system ; Tanlu Fault ; syngeneses faults in different degrees ; stress field ; hydrocarbon enrichment rules