

胶莱盆地莱阳期原型盆地的沉积格局 及有利油气勘探区选择

吴智平, 李凌, 李伟, 周瑶琪

(石油大学地球资源与信息学院, 山东 东营 257061)

摘要: 胶莱盆地油气勘探目的层系莱阳组的沉积体现了湖盆由开始发育→萎缩消亡的全过程, 不同构造位置其沉积相的组合特征存在差异。对古水流方向、大野头凸起等正向构造单元的形成时期的分析表明: 在莱阳组沉积时期, 莱阳凹陷为一受五龙村断裂控制的相对独立的沉积单元, 湖盆水体较深; 高密—诸城凹陷为一受五荣断层和沂沭断裂带控制的东北高西北低的快速充填的盆地, 以洪积相、河流相为主, 仅在局部低洼地带发育湖相沉积; 原型盆地的沉积格局和油藏的保存条件决定了本区油气勘探方向的选择, 莱阳凹陷中西部莱阳组覆盖区为本区有利油气勘探区。

关键词: 原型盆地; 有利勘探区; 莱阳组沉积期; 胶莱盆地

中图分类号: P588.2; P618.13 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1552(2004)03-0330-08

0 引言

胶莱盆地为一受中生代中、晚期断裂活动控制和改造的中生代残留陆相盆地, 位于鲁东隆起区中部, 北与胶北隆起呈超覆接触关系, 南部则以五莲—荣城断裂与胶南隆起相邻, 西与郯庐断裂带相接, 东北部延伸入黄海以千里岩断裂和千里岩隆起相连。由于构造抬升, 地层遭受强烈剥蚀, 盆地面貌保存不完整, 人们根据盆地现今基底起伏、白垩系厚度、断层的分割控制作用和断块构造特征等, 将胶莱盆地划分为 7 个次级构造单元, 即: 诸城凹陷、柴沟地垒、高密凹陷、大野头凸起、莱阳凹陷、牟平—即墨断裂带和海阳凹陷 (胜利油田石油地质志编写组, 1993; 李桂群和范德江, 1994; 陆克政和戴俊生, 1993) (图 1)。

目前, 胶莱盆地还处于油气勘探的初级阶段, 地震测线密度小且质量不高, 钻井资料少, 这给准确分析该地区的地层展布、沉积相带组合、构造发育过程等带来了一定困难。尽管人们认为胶莱盆地具有良

好的烃源岩及生储盖组合, 经历了生排烃的过程, 有着丰富的油气显示 (李桂群等, 1994; 王秉海和钱凯, 1992), 但至今人们对该地区油气资源量、勘探方向等问题的认识尚浅, 油气勘探未取得大的突破。

基于上述考虑, 本文对该地区进行了为期近 2 个月的野外地质考察, 从地层特征、沉积相、古水流方向等分析入手, 对该地区油气勘探目的层系莱阳组沉积期的原型盆地格局进行了初步探讨, 在此基础上, 结合源岩分布、构造特征等石油地质条件分析, 确定了油气勘探的有利区。

1 莱阳组地层、沉积特征

胶莱盆地的变质基底层系由太古界胶东群、下元古界荆山群、粉子山群及上元古界蓬莱群组成, 其上发育有由莱阳组 (K_1l)、青山组 (K_1q)、王氏组 (K_2w) 组成的白垩系陆相碎屑沉积及火山岩, 古近系、新近系分布局限, 仅在平度地区有出露。

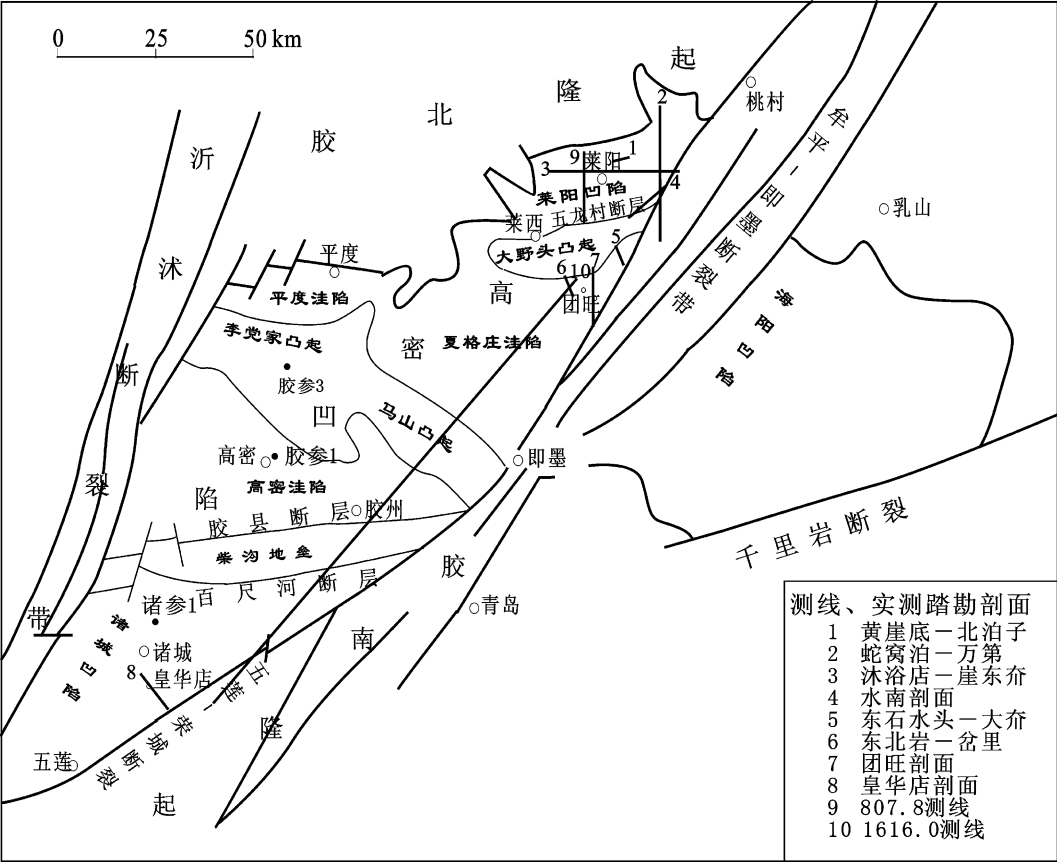


图 1 胶莱盆地构造分区图及野外剖面、地震测线位置图

Fig.1 Map showing the tectonic units and the sites for seismic survey lines and the field sections in Jiaolai Basin

莱阳组为本地区油气勘探的重点层段,其层序完整的野外露头主要分布在莱阳凹陷的东北侧、高密凹陷的北侧和诸城凹陷的南侧;柴沟地垒一带仅出露其上部地层;牟平—即墨断裂内,莱阳组也有广泛出露,但地层各组段之间多为断层接触,地层层序不连续。

本文通过对近 10 条地层层序出露完整的野外剖面实测、踏勘发现,尽管莱阳组整体表现为一套河、湖相沉积,但在胶莱盆地不同的构造位置,其地层、沉积相组合特征等存在明显差异,下面分别以水南剖面、团旺剖面和诸城皇华店剖面为代表,对莱阳凹陷、高密凹陷北侧和诸城凹陷南侧进行分析和对比(图 2)。

1.1 水南剖面

该剖面发育于莱阳地区的东部,出露于道仙庄→止凤庄→马耳山→水南村→龙旺庄→曲格庄一线,莱阳组地层发育完整,层序齐全,为莱阳凹陷莱阳组的代表剖面。

自下而上:道仙庄段为胶莱盆地发育早期的局部洼陷沉积,岩性自下而上由砾岩—含砾砂岩—砂

岩—泥页岩—粉细砂岩组成一个完整的水进—水退旋回,环绕分布于荆山群古残丘周围,与上覆止凤庄段呈不整合接触;止凤庄段以灰紫色砾岩、含砾砂岩为主,夹有少量灰黄色、浅灰色砂岩及浅紫色泥页岩,粒序层理发育,可见小型斜层理,砾石成分复杂,磨圆性不好,由下而上砾石含量逐渐减少,粒度变细,表现为冲积扇沉积的特点;马耳山段为滨浅湖相沉积,以黄绿色、灰绿色砂岩、砾岩为主,夹有钙质页岩;水南段为半深湖、深湖相沉积,以深灰色、灰黑色页岩、粉砂质泥岩为主,夹有浅灰色、灰黄色泥灰岩及灰黄色、灰绿色细砂岩、粉砂岩,灰黑色页岩层段中的泥灰岩、粉砂岩夹层的裂隙、节理中可见黄褐色油膜;龙旺庄段岩石类型主要包括黄绿色、紫灰色、土黄色中细砂岩、粉砂岩,夹有灰绿、灰紫色钙质泥岩、页岩,沉积物的粒度、颜色表现出较强的韵律性,并发育有楔状层理、波状层理、泥裂、球枕构造等多种沉积构造,整体属于浅水的氧化—弱氧化的滨浅湖、河口三角洲沉积环境;曲格庄段以灰绿色复成分的细砾岩、暗紫色含砾粗砂岩为主,夹有少量泥页岩。沉积物粒度粗细相间,颜色也呈现出灰绿色—

→滨浅湖的转变。

在盆地发育的后期,盆地演化进入湖盆消亡阶段,地势相对平坦,地相分布稳定,横向变化小,因而各剖面沉积相特征大致相似,曲格庄段均为河流相沉积。

造成上述三剖面沉积相带横向差异的原因主要是由于各剖面所处的构造位置所决定。一个理想的陆源碎屑湖泊的沉积模式具有沉积物绕湖盆呈环带状分布的特点,即从湖岸至湖盆中央大致依次出现砂砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩。然而,实际情况要比理想湖泊的沉积模式复杂得多。由于受构造运动、地形条件等因素的影响,湖盆的发育往往呈不对称形态,就断层控制的湖盆而言,在横剖面上会呈现两侧均陡的地堑形态或一陡一缓的箕状形态(吴崇筠等,1989)。不对称湖盆在陡坡带、缓坡带和中心带往往发育不同的沉积相,因此,依据上述各剖面的沉积相特征,本文认为:水南村剖面位于莱阳凹陷的湖盆中心带,团旺剖面位于高密凹陷的缓坡带,而皇华店剖面则位于诸城凹陷的陡坡带。

2 莱阳期原型盆地的沉积格局

目前人们普遍认为胶莱盆地形成、演化于中生代中、晚期库拉—太平洋板块向东亚大陆边缘北西向俯冲所形成的扭压地球动力学环境,但关于盆地的性质,认识尚未统一,李桂群等(1994)认为该盆地为一发育在隆折带上的扭张上叠盆地,具有发育时间短、断裂发育、分割性强、断块差异升降明显、快速堆积的特点;戴俊生等(1995)、廖远涛(2002)则认为胶莱盆地是受断裂活动控制的右行走滑拉分盆地。此外还有人提出了胶莱盆地属苏胶临津造山带边缘的山前盆地的观点。由于对盆地性质认识的不

一致,加上后期构造运动的强烈改造,使得人们对胶莱盆地莱阳组沉积期的原型盆地格局认识尚不明晰。

针对目前的研究现状,如何才能恢复莱阳组沉积时期原型盆地格局?本文认为,在沉积特征分析基础上,确定该时期湖盆的中心位置以及大野头凸起、柴沟地垒等正向构造单元的发育时期是重要的切入点。

2.1 依据水流方向确定湖盆中心位置

除了依据沉积物的粒度、分选性、磨圆度、颜色特征可以判断沉积环境、确定水体深浅外,野外丰富的波痕、斜层理、砾石定向排列等沉积构造所指示的古水流方向为确定莱阳组沉积期的湖盆中心位置提供了最直接的证据。

斜层理是由一系列斜交于层系界面的纹层组成,形成于沉积介质(水流、风)的流动过程,纹层的倾向与介质的流向一致;波痕是水流、波浪或风等沉积介质的运动在沉积物表面形成的一种波状起伏的层面构造,定向水流形成的波痕多为不对称波痕,其波峰、波谷较圆滑,水流从缓坡流向陡坡;浪成波痕可为对称波痕,也可形成不对称波痕,一般波峰尖锐、波谷圆滑,波峰走向平行于岸线,如为不对称波痕,往往陡坡一侧为湖(海)岸方向;砾石的排列也能反映水流方向,在湖(海)岸环境,砾石的长轴方向平行于岸线,在河流沉积中,砾石的长轴方向往往平行于水流方向,如果砾石出现叠瓦状排列则可明确指示水体流向(赵澄林和朱筱敏,2001)。

依据上述原理,本文对野外出露的沉积构造所揭示古水流方向进行了统计,并分区域绘制了古水流方向玫瑰花图(图3)。

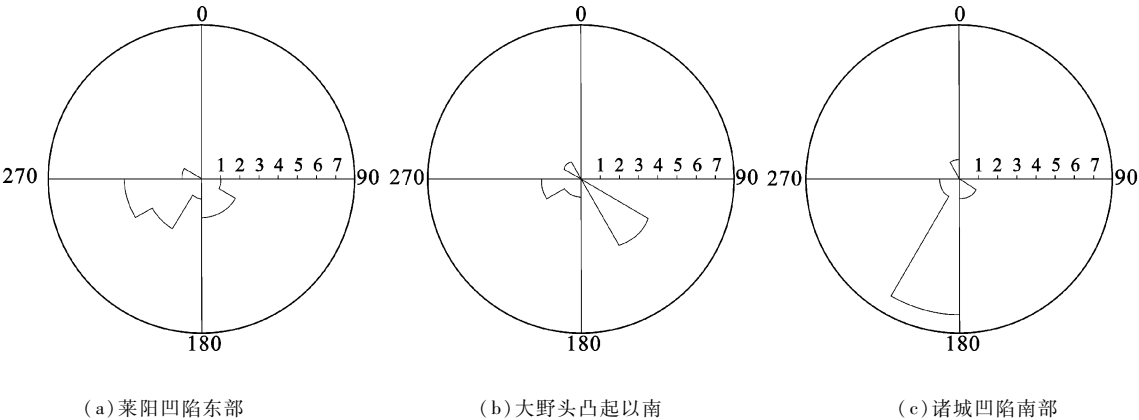


图3 莱阳组沉积期古水流方向玫瑰花图

Fig. 3 Rose diagrams showing paleocurrent orientations during the deposition period of Laiyang formation

在莱阳凹陷,莱阳组各段沉积期的水流方向较统一,已观察到的 14 个点的斜层理或波痕显示,主要的水流方向为 $210^{\circ}\sim 270^{\circ}$,莱阳凹陷的西南部地区为当时的汇流中心(图 3a)。在大野头凸起以南的地区,水流指向南侧,显示大野头凸起在当时可能已经形成,并为胶莱盆地高密凹陷沉积提供物源(图 3b)。诸城凹陷南部,除靠近五荣断裂带的莱阳组下部止凤庄段地层中的斜层理显示水流方向为 340° 左右外,莱阳组中、上部地层中的斜层理、波痕等显示水流方向大体为西南向($180^{\circ}\sim 270^{\circ}$),指示当时湖盆中心应在诸城至五莲城一带(图 3c)。

系统准确地判断水流方向,对于了解原型盆地的形态格局具有重要的意义,进而可以帮助我们准确了解、预测储层、源岩的分布。

2.2 大野头凸起、柴沟地垒发育时期的确定

从现今的构造格局来看,大野头凸起、柴沟地垒将胶莱盆地西部分割为莱阳凹陷、高密凹陷和诸城凹陷 3 个次级凹陷。因此,要认识莱阳组沉积时期盆地的发育格局,必须准确确定大野头凸起、柴沟地垒等凸起区的形成时期。

(1)大野头凸起在莱阳组沉积期已经开始发育

大野头凸起位于胶莱盆地的北部,北为莱阳凹陷,南为高密凹陷,目前出露于地表的为下元古界粉

子山群地层。野外地质研究及相关资料表明,大野头凸起在莱阳组沉积期已经开始发育,证据有三点:①地震剖面显示(图 4),大野头凸起北侧的五龙村断层在一定程度上控制了莱阳凹陷莱阳组的沉积,地层南厚北薄,且向北超覆;②在莱阳地区水南村剖面、黄岩底→北泊子等剖面上,水南段地层都体现出了典型的湖相沉积特征,且水流方向表明五龙村断裂以北的地区为莱阳凹陷莱阳组沉积时期的汇流区,这也体现了五龙村断层对莱阳凹陷发育的控制作用;③发育于大野头凸起南坡的团旺院上村→徐疃、东石水头→大夙、东北岩→岔里等剖面显示,该地区水南段超覆于基底之上,底部为洪积相沉积,向上变为河流相、滨浅湖相,且水流方向整体表现为南,大野头凸起为物源区,其南坡在莱阳组沉积期表现为缓坡带的沉积相带组合特点。

基于上述证据,本文认为大野头凸起在莱阳组时期已经开始发育了,如果当时大野头凸起还没有发育的话,那么依据水流方向判断,团旺地区的水南段应表现出比莱阳水南村地区水体更深的沉积特征。

(2)柴沟地垒形成于莱阳组沉积之后

柴沟地垒位于胶莱盆地的中南部,介于高密凹陷与诸城凹陷之间,北以胶县断层为界,南以百尺河断层为界。区域资料显示,该构造单元莱阳组主要

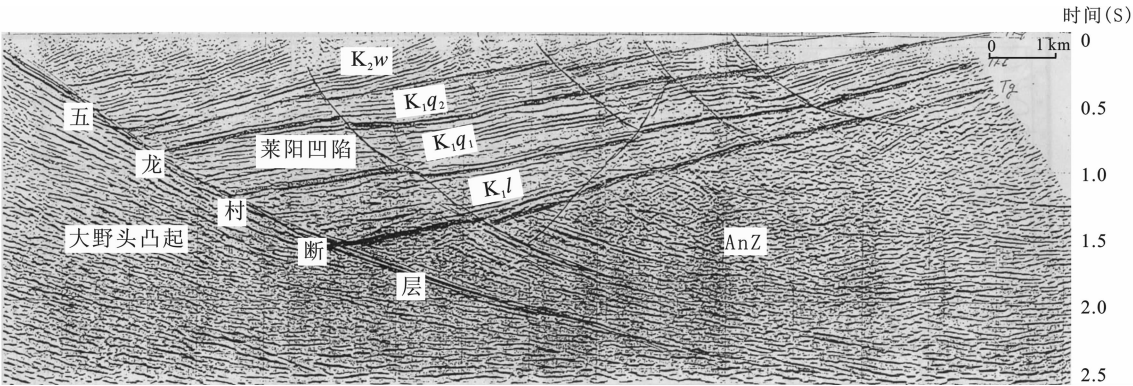


图 4 胶莱盆地 807.8 地震剖面解释
Fig.4 No.807.8 seismic section of Jiaolai Basin

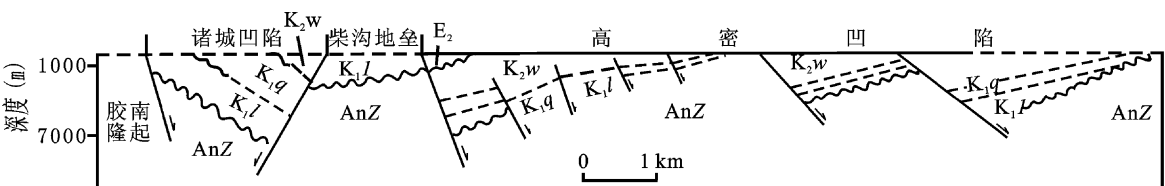


图 5 胶莱盆地 1616.0 地震测线地质剖面图
Fig.5 Geological section of the 1616.0 seismic profile in Jiaolai Basin

为一套粗碎屑的洪积相和河流相沉积,厚度可达到 2000 m 以上,胶县断层、百尺河断层并未对莱阳组地层沉积起控制作用,而表现为强烈的后期切割改造作用(图 5),因此,柴沟地垒的形成时期应为莱阳组沉积之后。

2.3 莱阳期原型盆地沉积格局探讨

综合沉积相、古水流方向的研究,结合对大野头凸起、柴沟地垒形成时期的分析,本文对胶莱盆地莱阳组沉积期的原型盆地进行了初步探讨(图 6)。

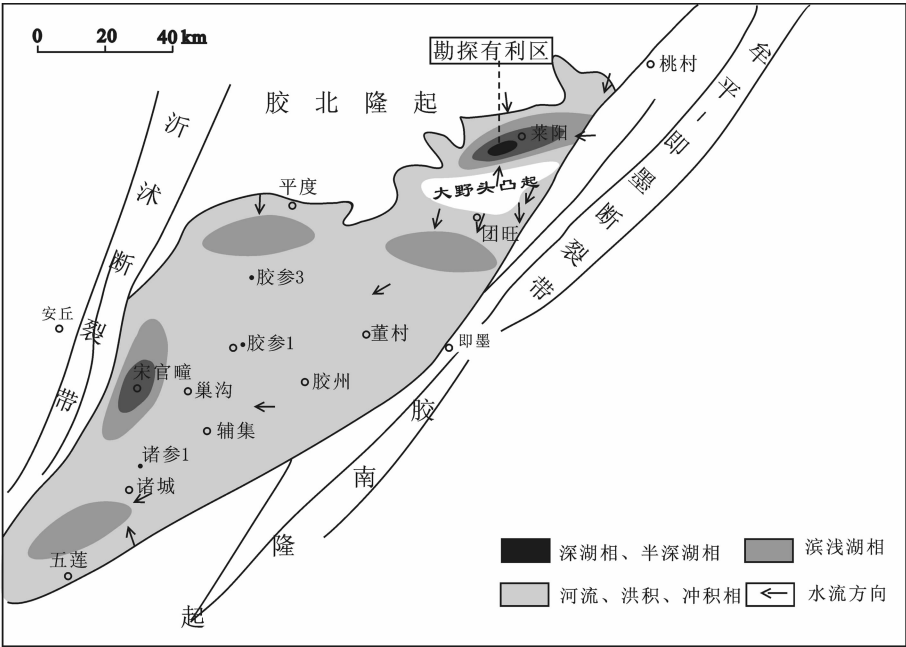


图 6 胶莱盆地莱阳组沉积期原型盆地形态

Fig.6 Prototype basin pattern of Jiaolai Basin during the deposition period of Laiyang formation

莱阳地区在水南段沉积期为胶莱盆地中相对独立的一个沉积单元,五龙村断层控制了莱阳凹陷的沉降,体现出南断北超的特点,凹陷的北侧为缓坡、南侧为陡坡,盆地中心位于莱阳城的西南侧的冯格庄附近,属半深湖—深湖沉积环境,物源主要来自胶北隆起和大野头凸起。

由于柴沟地垒在莱阳组沉积期尚未发育,因此当时的高密凹陷和诸城凹陷应连为一体,出露的地层显示,在湖盆发育的鼎盛时期(水南段沉积期)主要发育一套黄绿色中粒长石砂岩夹杂色粉砂岩、页岩和含砾砂岩的河流相沉积,仅在北部的团旺、中南部的赵戈庄、宋官疃等局部地区出露有黄绿色页岩、粉砂岩夹紫色粉砂岩、页岩和泥灰岩的浅湖相沉积。自北向南的钻井资料显示,胶参 3 井没有保留莱阳组沉积,青山组直接覆盖在基底之上,胶参 1 井揭示的莱阳组为一套灰黄、灰紫色的砾岩、含砾砂岩沉积,指示为山前洪积相,诸参 1 井揭示的莱阳组(厚为 2851 m,未穿)则为一套河流相的灰紫色的砂岩、砾岩沉积。结合水流方向及断裂发育特征,本文认

为,莱阳组沉积期高密—诸城凹陷为一受五荣断层和沂沭断裂带控制的东北高西北低的快速充填的盆地,物源主要来自东南侧的胶北隆起和西侧沂沭断裂带形成的山系,紧邻物源的区带以粗碎屑的洪积相沉积为主,北侧缓坡带发育河流相沉积,仅在局部低洼地带发育滨浅湖相沉积,尽管西南部地势较低,但由于充填迅速,沉积速率大于盆地基底沉降速率,属过补偿性盆地,沉积物仍以粗碎屑为主,仅在诸城至五莲城一带发育有泥、页岩沉积。

就牟平—即墨断裂带而言,地层分布特征与断裂发育的关系显示,该断裂带对盆地的后期改造作用要远大于其对莱阳组沉积的控制作用(李桂群等,1994)。

3 胶莱盆地油气勘探有利区的选择

盆地的演化过程、沉积格局控制着油气资源分布。前人研究表明,胶莱盆地油气显示丰富,经历了油气的生成过程,且储层、区域性盖层发育(李桂群等,1994;王秉海和钱凯,1992;任拥军和查明,

2003), 因此源岩的分布状况、油藏的保存条件决定了油气藏勘探有利区域的选择。

就莱阳凹陷而言, 东部暗色泥页岩发育, 但大都出露于地表, 且断裂发育的密度大, 岩浆、火山活动强烈, 因此, 尽管其有着丰富的油气显示, 但不可能发育好的油气藏; 中西部为莱阳组覆盖区, 从边缘出露的莱阳组地层来看, 地层倾向为西南向, 且古水流方向也朝着西南侧, 这表明在覆盖区之下有着更丰富的暗色泥页岩展布, 此外覆盖区内岩浆活动弱, 断裂少, 对圈闭的破坏作用小, 具有较好的保存条件, 因而该区域是胶莱盆地陆上部分最有利的油气勘探区域。

在牟平—即墨断裂带内, 尽管莱阳组暗色泥页岩的厚度大, 但大都暴露于地表, 且岩浆作用强烈、断裂发育, 镜质体反射率数据表明该区域经历了较强的变质作用, 已远远超过了油田的死亡线(李桂群等, 1994), 因而对油气勘探的意义不大。

就高密—诸城凹陷而言, 断裂发育相对较少, 加上李党家凸起、马山凸起的存在和柴沟地垒的形成, 为背斜圈闭和断块圈闭的形成提供了条件, 但该区在莱阳组沉积期为—快速充填的过补偿沉积盆地, 主要以粗碎屑为主, 仅在局部低洼的区域发育有泥页岩沉积, 源岩不发育, 因而油气勘探的前景不大。

综合上述分析, 本文认为莱阳凹陷中西部莱阳组覆盖区是本区油气勘探最有利的区域(图 6)。该区域面积约为 300 km², 依据边缘出露地层岩性、水流方向及地层倾角推测, 水南段暗色泥页岩厚度可达 200 m, 最大埋深约为 1500 ~ 2000 m, 具有良好的生储盖组合和保存条件。

参考文献:

- 戴俊生, 陆克政, 宋全友, 陈书平. 1995. 胶莱盆地的运动学特征. 石油大学学报(自然科学版), 19(2): 1–6.
- 李桂群, 范德江. 1994. 胶莱盆地构造单元划分及其特征. 青岛海洋大学学报, 24(2): 239–246.
- 李桂群, 范德江, 任景民. 1994. 胶莱盆地发育演化及其油气前景探讨. 青岛海洋大学学报, 24(3): 413–419.
- 廖远涛. 2002. 胶莱盆地的盆地样式及构造演化. 新疆石油地质, 23(4): 345–347.
- 陆克政, 戴俊生. 1993. 胶莱盆地的形成和演化. 东营: 石油大学出版社, 1–144.
- 任拥军, 查明. 2003. 胶莱盆地东北部白垩纪烃源岩有机地球化学特征. 石油大学学报(自然科学版), 27(5): 16–20.
- 胜利石油地质志编写组. 1987. 中国石油地质志(卷六, 胜利

- 油田卷). 北京: 石油工业出版社, 491–505.
- 宋明春, 王沛成. 2003. 山东省区域地质. 济南: 山东省地图出版社, 854–856.
- 王秉海, 钱凯. 1992. 胜利油区地质研究与勘探实践. 东营: 石油大学出版社, 18–22.
- 吴崇筠等. 1989. 中国含油气盆地沉积学. 北京: 石油工业出版社, 32–47.
- 赵澄林, 朱筱敏. 2001. 沉积岩石学. 北京: 石油工业出版社, 72–93.

References:

- Dai Junsheng, Lu Kezheng, Song Quanyou and Chen Shuping. 1995. Kinematic characteristics of Jiaolai Basin. *Journal of University of Petroleum, China* (Edition of Natural Science), 19(2): 1–6 (in Chinese with English abstract).
- Editorial Committee of Petroleum Geology of Shengli Oil Field. 1987. Petroleum Geology of China (Vol. 6, Shengli Oil Field). Beijing: Petroleum Industry Press, 491–505.
- Li Guiqun and Fan Dejiang. 1994. Division of tectonic units and their characteristics in the Jiaolai Basin. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 24(2): 239–246 (in Chinese with English abstract).
- Li Guiqun, Fan Dejiang and Ren Jingmin. 1994. The evolution features of the Jiaolai Basin and study of its prospective oil and gas deposits. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 24(3): 413–419 (in Chinese with English abstract).
- Liao Yuantao. 2002. The pattern and tectonic evolution of Jiaolai Basin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 23(4): 345–347 (in Chinese with English abstract).
- Lu Kezheng and Dai Junsheng. 1993. Origin and evolution of Jiaolai Basin. *Dongying: Petroleum University Press*, 1–144.
- Ren Yongjun and Zha Ming. 2003. Organic geochemistry characteristics of Cretaceous source rocks in northeast Jiaolai Basin. *Journal of the University of Petroleum, China* (Edition of Natural Science), 27(5): 16–20 (in Chinese with English abstract).
- Song Mingchun and Wang Peicheng. 2003. Regional geology of Shandong province. Jinan: Shandong Map Press, 854–856.
- Wang Binghai and Qian Kai. 1992. Geological research and exploration practice in the Shengli petroleum province. Dongying: Petroleum University Press, 18–22.
- Wu Congjun et al. 1989. Sedimentology of petroliferous basin in China. Beijing: Petroleum Industry Press, 32–47.
- Zhao Chenglin and Zhu Xiaomin. 2001. Sedimentology. Beijing: Petroleum Industry Press, 72–93.

SEDIMENTARY PATTERN OF PROTOTYPE BASIN IN THE DEPOSITION PERIOD OF LAIYANG FORMATION AND THE ADVANTAGEOUS AREAS FOR OIL AND GAS EXPLORATION OF JIAOLAI BASIN

WU Zhiping, LI Ling, LI Wei and ZHOU Yaoqi

(College of the Earth's Resources & Information, Petroleum University, Dongying, SD 257061, China)

Abstract: Laiyang formation of Jiaolai Basin is the target stratum for oil and gas exploration. By measuring several field sections, we find that Laiyang formation reveals the whole processes from development to death of the lake basin and its sedimentary facies differ in different structural locations. The analyses of sedimentary facies, paleocurrent orientations, combined with the researches of positive tectonic units such as Dayetou uplift and Chaigou horst, indicate that Laiyang sag is a relatively independent sedimentary unit with rather deep water of deep lake or semi-deep lake depths controlled by Wulongcun fault during the deposition period of Laiyang formation. Its sediments mainly originated from Jiaobei uplift area and Dayetou uplift. Gaomi – Zhucheng sag was a fast – filled basin controlled by Wurong fault and Yishu fault zone, high in the north – east and low in the north – west, characterized by the development of pluvial facies and fluvial facies in most areas, and the development of lake facies only in local low – lying regions. Selection for advantageous hydrocarbon reservoir exploration areas mainly relies on the sedimentary pattern of prototype basin and conservation conditions. The middle – west area of Laiyang sag overlaid with Laiyang formation is the most advantageous exploration area.

Keywords: prototype basin; advantageous area for oil exploration; deposition period of Laiyang formation; Jiaolai Basin