

· 油气地质 ·

济阳拗陷沾化地区断裂特征及其与成藏要素和油气分布的关系

方旭庆^{1,2}, 蒋有录¹, 石砥石²

(1. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 山东 青岛 266555;
2. 中国石化股份胜利油田分公司地质科学研究所, 山东 东营 257015)

摘要: 济阳拗陷沾化地区发育网格状断裂, 油气分布复杂。通过分析区域应力场和断层活动性, 探讨了沾化地区断裂特征及其对成藏要素和油气分布的控制作用。结果表明, 受郯庐断裂带不同时期走滑作用影响, 沾化地区先后发育早期北西向和晚期北东向、(近)东西向3组断裂, 断裂叠加呈网格状分布。早期北西向的罗西、孤西和五号桩3条逆冲断层, 控制形成了罗西、垦利—埕东和垦东—埕岛3条北西向的潜山披覆构造带, 并与晚期北东向和(近)东西向断裂叠加, 形成了沾化地区多位序潜山披覆构造并存的构造格局。研究区北西向断裂自西向东依次消亡, 北东向和(近)东西向断裂自南向北具有“琴键式”迁移规律, 含油层系自西向东、自南向北具有依次增多的规律; 同一构造带上, 不同位序潜山披覆构造控制了油气的富集层段。

关键词: 郯庐断裂带 构造演化 断裂特征 油气分布 沾化地区

中图分类号: TE112.321

文献标识码: A

文章编号: 1009-9603(2012)02-0001-04

沾化地区位于济阳拗陷东北部, 处于济阳拗陷、渤中拗陷与郯庐断裂带3大构造体系的结合部, 具有潜山披覆构造“林立”的特点, 已发现太古界、古生界、中生界、新生界古近系和新近系等多套含油层系, 是典型的复式油气聚集区, 油气分布复杂。沾化地区发育多组网格状断裂系统, 有的断裂系统与油气具有良好的共生关系^[1-4], 有的断裂系统与油气关联性不强。因此, 深入认识沾化地区断裂特征及其与油气分布的关系, 对于该区下一步勘探具有指导意义。

1 区域地质概况

沾化地区包括渤南洼陷、孤北洼陷、孤南洼陷和富林洼陷4个负向单元, 埕岛—桩海潜山披覆构造、长堤—孤东潜山披覆构造、垦东潜山披覆构造、埕东潜山披覆构造、孤岛潜山披覆构造、垦利潜山披覆构造和罗西潜山披覆构造7个正向单元, 呈现凹凸相间的构造格局(图1)。

研究区在太古界结晶变质岩系之上, 发育了古生界、中生界和新生界3大套沉积岩系, 经历了4次大规模构造运动, 形成4个区域性间断和不整合, 缺

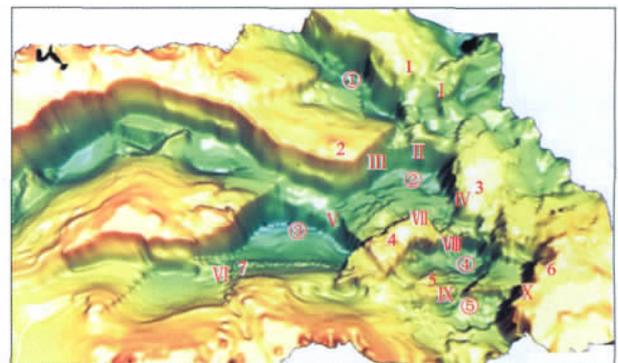


图1 济阳拗陷沾化地区前古近系构造格局

I—埕岛—桩海潜山披覆构造; 2—埕东潜山披覆构造; 3—长堤—孤东潜山披覆构造; 4—孤岛潜山披覆构造; 5—垦利潜山披覆构造; 6—垦东潜山披覆构造; 7—罗西潜山披覆构造; ①—埕北洼陷; ②—孤北洼陷; ③—渤南洼陷; ④—孤南洼陷; ⑤—富林洼陷; I—埕北断层(东段); II—桩南断层; III—埕东断层; IV—五号桩断层; V—孤西断层; VI—罗西断层; VII—孤北断层; VIII—孤南断层; IX—垦利断层; X—垦东断层

失元古界、古生界志留系、泥盆系和中生界三叠系4套地层。下古生界主要发育寒武系和奥陶系, 是一套以碳酸盐岩为主的浅海相沉积, 上古生界为华北地台海陆过渡带沉积, 主要发育石炭系和二叠系。中生界为一套陆相碎屑岩沉积, 为砂、泥岩不等厚互层。新生界古近系和新近系属于河流—湖泊相沉积, 古近纪为断陷湖盆沉积发育阶段, 断块活动形

收稿日期: 2012-01-10。

作者简介: 方旭庆, 男, 高级工程师, 在读博士研究生, 从事油气地质综合研究。联系电话: (0546) 8715306, E-mail: Princessfy@163.com。
基金项目: 国家重大油气专项“渤海湾盆地精细勘探关键技术”(2011ZX05006)。

成的凸起为物源区,断陷为沉积区,呈现山地与湖盆对峙的沉积地貌格局;新近纪为拗陷沉积发育阶段,河流相沉积覆盖全区。

受区域构造变动的影 响,研究区 3 大套沉积岩系在不同构造位置厚度不一,不同层系的分布范围亦有较大差异。中、古生界在凹陷中沉积较厚,部分在凸起缺失;古近系分布于凹陷之中,总的特点是南北差别较大,南部青东凹陷未钻遇古近系东营组及沙一段,北部地层则发育较全;新近系及第四系在全区均有分布。

2 构造特征

前人研究结果^[5-9]表明,受不同时期板块拼合影响,华北东部地区应力场方向不断变化。中、晚三叠世,沾化地区处于南南西—北北东向水平挤压应力场中;早、中侏罗世则整体处于垂向挤压、水平拉伸的应力场中^[10-11];晚侏罗世(约 140 Ma),东部地区处于左旋剪切应力场作用下,产生了郯庐断裂、沧东—兰聊断裂等一系列北北东(北东)向的走滑断裂^[12-16];燕山—喜马拉雅晚期(沙四段沉积时期),东部地区处于右旋走滑剪切应力场中^[17-20],郯庐断裂带等走滑断裂带由左旋走滑转为右旋剪切。

2.1 断裂展布及其活动性

沾化地区断裂发育,按照断裂方向,可以划分为 3 组:北西向断裂,自西向东依次为罗西断层、孤西断层和五号桩断层;北东向断裂,自南向北为垦东断层、埕东断层和埕北断层(东段)等;(近)东西向断裂,自南向北依次是垦利断层、孤南断层、孤北断层和桩南断层等(图 1)。通过地震资料精细解释,运用断层生长指数对断裂活动性进行了分析。

在三叠纪为逆冲断层发育阶段,早—中侏罗世逆断层活动减弱,晚侏罗世以后进入正断层活动阶段:罗西断层活动性在晚侏罗世达到高峰,以后减弱,在沙四段沉积时期消亡;孤西断层活动性在孔店组沉积时期达到高峰,以后减弱,在沙三段沉积时期消亡;五号桩断层活动性在沙四段沉积时期达到高峰,以后减弱,在沙二段沉积时期减弱。从断层活动的高峰期和消亡时期来看,罗西断层、孤西断层和五号桩断层活动高峰期表现出由早到晚的规律,演化具有“琴键式”迁移规律(图 2a)。

北东向断裂开始活动时期为孔店组沉积初期,从断层活动形式来看,断层活动的双峰现象明显,峰值出现在沙三段和沙一段—东营组沉积时期;从断

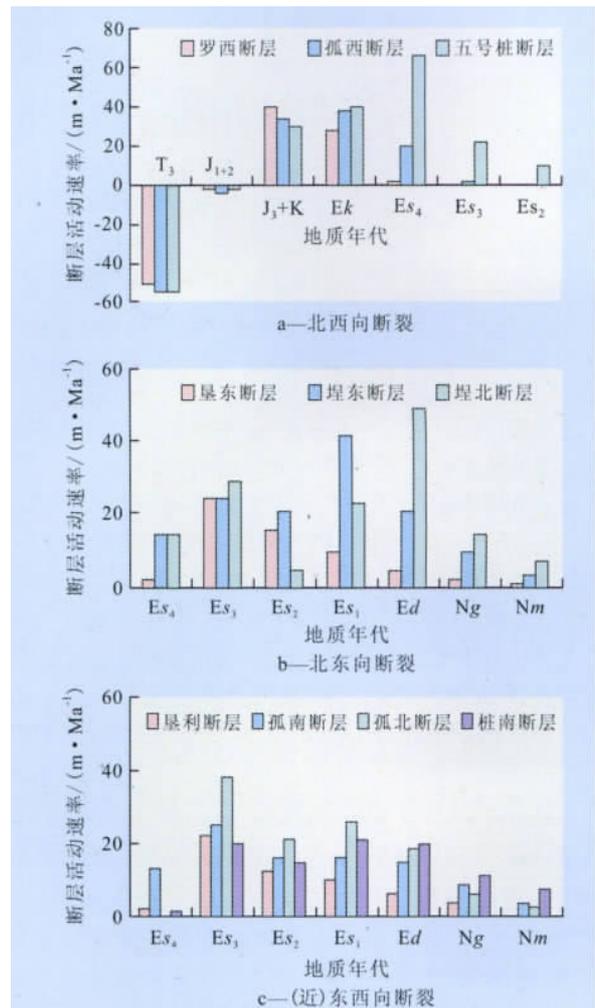


图 2 沾化地区断层活动速率

层活动结束时期来看,多数断层于馆陶组沉积时期衰弱、消亡,埕北断层等少数断层活动延续到明化镇组沉积时期(图 2b)。

(近)东西向断裂开始活动时期为沙四段—沙三段沉积时期,峰值出现在沙三段和沙一段沉积时期,馆陶组沉积时期开始消亡(图 2c)。

2.2 断裂演化与叠加特征

中、晚三叠世,华北板块处于南南西—北北东向的水平挤压应力场中,板块内局部挤压应力发生变化^[21-22],沾化地区形成罗西、孤西和五号桩 3 条近平行的北西向逆冲断层,控制形成了罗西、垦利—埕东、埕岛—垦东 3 条北西向潜山披覆构造带,该区呈现出凹隆相间的构造格局。

晚侏罗世,受东缘北北东向郯庐断裂带左行走滑平移的影响,沾化地区处于南西—北东向拉张应力场,先期形成的北西向断裂相对薄弱,因而发生构造反转,沿着早期的断面滑脱,形成北西向断裂。

喜马拉雅早期(孔店组沉积时期),板块拼合作

用转换, 郯庐断裂带由左旋走滑转为右旋剪切, 导致断裂发育方向由北西向转为北东(北东东)向, 产生北东向和(近)东西向断裂, 切割早期北西向断裂。孔店组—沙四段沉积时期研究区处于中、新生代盆地转型时期, 既有北东—南西向的拉张, 又有北西—南东向的拉张, 前者拉张更强烈; 沙三段—东营组沉积时期仍然存在2个方向的拉张, 但主要拉张方向已转为北西—南东向, 北西向断层活动减弱, 趋于停止, 北东向和近东西向正断层控制盆地格局。新近纪以后, 各方向拉张作用趋于停止, 研究区演化阶段进入拗陷期。

沾化地区早期北西向断裂与晚期北东向和(近)东西向断裂叠加, 产生类似波传播过程中的“干涉效应”, 在断裂交汇处3组断裂上盘形成潜山(凸起), 下盘形成洼陷带, 呈现出山湖相间的地质面貌。

2.3 潜山披覆构造类型

沾化地区古近纪和新近纪多旋回的演化过程在不同地质时期形成了不同位序潜山披覆构造类型, 依据构造活动期和潜山披覆形成时期, 可划分为低位序、中位序和高位序潜山披覆构造^[21], 即将济阳运动Ⅱ幕(沙四段—沙二段下亚段沉积时期)形成的潜山披覆构造划为低位序3种潜山披覆构造, 沙四段—沙二段下亚段为披覆层; 将济阳运动Ⅲ幕(沙二段上亚段—东营组沉积时期)形成的潜山披覆构造划为中位序潜山披覆构造, 沙二段上亚段—东营组为披覆层; 将济阳运动Ⅲ幕以后(新近纪)形成的潜山披覆构造划为高位序潜山披覆构造, 新近系为披覆层。

罗西潜山披覆构造带主要发育低位序潜山披覆构造, 垦利—埕东潜山披覆构造带发育低位序和高位序潜山披覆构造, 埕岛—垦东潜山披覆构造带3种构造类型都发育。

3 断裂对成藏要素的控制作用

3.1 对烃源岩和成藏时期的控制作用

沾化地区在各组断裂的下盘洼陷带持续沉降, 相继发育了沙四段、沙三段、沙二段和沙一段湖相泥岩, 形成烃源岩发育区, 沙四段上亚段和沙三段是主要的烃源岩层。山湖相间的分布格局决定一山多源(每个披覆构造多洼陷供油)和—源多山(每个洼陷向周围多个披覆构造供油)的成藏特点。

沾化地区各洼陷埋藏史虽有差异, 但都发生过

多次油气充注, 以晚期成藏为主, 馆陶组—明化镇组沉积时期为主要成藏期^[22-25]。

3.2 对储盖组合的控制作用

不同位序潜山披覆构造发育不同储盖组合, 纵向可划分为前中生界、古近系和新近系3套。其中, 前中生界(古生界碳酸盐岩、太古界片麻岩)溶蚀型储层和中生界泥岩盖层组成下部组合, 古近系沙四段—沙二段沉积时期各类碎屑岩扇体和沙一段—东营组厚层泥岩组成中部组合, 新近系河流相砂岩和泥岩形成上部组合。

低位序和中位序潜山披覆构造3套储盖组合均发育, 高位序潜山披覆构造主要发育上部和下部组合, 且以新近系河流相披覆层形成的上部组合较为有利。

3.3 对输导通道的控制作用

沾化地区在4个洼陷带形成沙四段—沙三段隐蔽输导的“自生自储”岩性油藏, 披覆构造断裂带是主要供油通道, 成藏期断裂的活动性控制了输导效率。

北西向断裂消亡较早(沙二段沉积时期以前), 是下部储盖组合油气运移的有利通道, 源(洼陷)储(潜山)对接关系决定油气富集层段。北东向和(近)东西向断裂与成藏期匹配良好, 是上部、中部和下部3套储盖组合油气运移的有利通道。

4 油气分布特征

4.1 不同构造带

北西向断裂自西向东“琴键式”消亡规律控制了洼陷对接和油气的空间展布, 西部罗西断层活动停止时期早(沙四段沉积时期), 控制形成浅洼低隆的对接关系, 以中部储盖组合的下部为主, 隆起带主要发育低位序潜山披覆构造。孤西断层和东部五号桩断层活动消亡较晚(沙三段—沙二段沉积时期), 济阳拗陷期后逐步消亡, 控制形成深洼高隆的对接关系, 发育下部和中部储盖组合, 受北东向和(近)东西向断裂切割影响, 隆起带发育3种潜山披覆构造。

受北西向、北东向和(近)东西向断裂输导差异影响, 沾化地区含油层系自西向东依次增多(图3), 罗西潜山披覆构造带油气主要富集在中部储盖组合, 垦利—埕东潜山披覆构造带油气主要富集在上部和下部储盖组合, 埕岛—垦东潜山披覆构造带的埕岛潜山披覆构造3套储盖组合中油气均较富集。

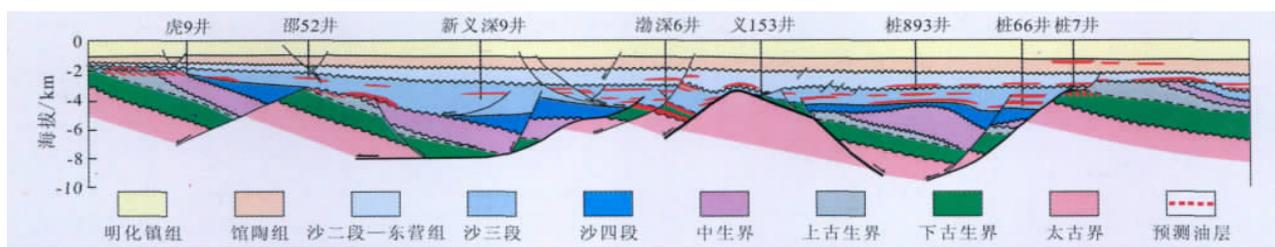


图 3 济阳拗陷沾化地区罗西—孤西—长堤北东方向油藏剖面

4.2 同一构造带

同一构造带不同位序潜山与断裂要素匹配控制了油气富集层段,北西向、北东向和(近)东西向断裂交汇处高位序潜山披覆构造油气最富集,以形成大型披覆构造油藏为主。埕岛—垦东潜山披覆构造带和南部垦东高位序潜山披覆构造,上部储盖组合为主力含油层系;中部长堤—孤东中位序潜山披覆构造,上部和中部储盖组合均含油;北部埕岛—桩海低位序潜山披覆构造,则3套储盖组合油气均富集;垦利—埕东潜山披覆构造带,孤岛和埕东高位序潜山披覆构造形成以新近系为主的大型构造油藏,垦利中位序潜山披覆构造和孤西低位序潜山披覆构造以下部和中部储盖组合含油为主。

5 结论

受郯庐断裂带不同时期走滑作用影响,沾化地区早期北西向和晚期北东向、(近)东西向断裂叠加呈网格状分布,断裂叠加的“干涉效应”形成了沾化地区凹凸相间、多位序潜山并存的构造格局。

北西向断裂自西向东依次消亡,北东向和(近)东西向断裂自南向北具有“琴键式”活动规律,使含油层系自西向东、自南向北依次增多;同一构造带上,不同位序潜山披覆构造控制了油气的富集层段。

参考文献:

[1] 王永诗,张善文,曾澌辉,等.沾化凹陷上第三系油气成藏机理实验及勘探实践[J].油气地质与采收率,2001,8(6):32-34.
 [2] 张善文,曾澌辉.断层对沾化凹陷馆陶组石油运移和聚集影响的模拟实验研究[J].地球科学,2003,28(2):185-190.
 [3] 方旭庆.胜利油区新近系整装油田翼部的油气分布规律——以孤东油田为例[J].油气地质与采收率,2006,13(4):45-47.
 [4] 董波.构造作用与济阳拗陷上第三系油气成藏[J].油气地质与采收率,2004,11(3):25-27.
 [5] 李丕龙,张善文,王永诗,等.多样性潜山成因、成藏与勘探——以济阳拗陷为例[M].北京:石油工业出版社,2003.
 [6] 李培军,夏邦栋.走滑挤压盆地——以中晚三叠世下扬子沿江

盆地为例[J].地质科学,1995,30(2):130-138.
 [7] 夏邦栋,李培军.中国东部扬子板块同华北板块在中一晚三叠世拼接的沉积学证据[J].沉积学报,1996,14(1):12-21.
 [8] 徐备,陈斌.内蒙古北部华北板块与西伯利亚板块之间中生代造山带的结构及演化[J].中国科学:D辑 地球科学,1997,27(3):227-232.
 [9] 张国伟,董云鹏,裴先治,等.关于中生代环西伯利亚陆内构造体系域问题[J].地质通报,2002,21(4/5):198-201.
 [10] 吴智平,李伟,任拥军,等.济阳拗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):280-286.
 [11] 田在艺,张庆春.中国含油气沉积盆地论[M].北京:石油工业出版社,1996.
 [12] 徐嘉炜,马国锋.郯庐断裂带研究的十年回顾[J].地质论评,1992,18(4):316-324.
 [13] 徐嘉炜,朱光.中国东部郯庐断裂带构造模式讨论[J].华北地质矿产杂志,1995,10(2):121-134.
 [14] 陈发景,汪新文.中国中、新生代含油气盆地成因类型、构造体系及地球动力学模式[J].现代地质,1997,11(4):409-424.
 [15] 张功成.中国东北—华北中生代盆地结构构造[J].石油学报,1997,18(4):7-13.
 [16] 张功成.渤海海域构造格局与富生烃凹陷分布[J].中国海上油气:地质,2000,14(2):93-99.
 [17] 侯贵廷,钱祥麟,宋新民.渤海湾盆地形成机制研究[J].北京大学学报:自然科学版,1998,34(4):503-509.
 [18] 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):845-851.
 [19] 任建业,李思田.西太平洋边缘海盆地的扩张过程和动力学背景[J].地学前缘,2000,7(3):203-213.
 [20] 吴智平,李伟,郑德顺,等.沾化凹陷中、新生代断裂发育及其形成机制分析[J].高校地质学报,2004,10(3):405-417.
 [21] 罗霞.垦东—桩海潜山披覆构造带油气分布规律及主控因素[J].石油天然气学报(江汉石油学院学报),2008,30(3):36-39.
 [22] 方旭庆,林会喜,王智帮.垦东凸起“陀螺式”演化与油气分布[J].西安石油大学学报:自然科学版,2007,22(4):13-16.
 [23] 张善文,王永诗,石砥石,等.网毯式油气成藏体系——以济阳拗陷新近系为例[J].石油勘探与开发,2003,30(1):1-10.
 [24] 方旭庆.试论走滑运动对垦东地区油气聚集的影响[J].河南石油,2006,20(4):1-3.
 [25] 庄文山,孙怡,方旭庆.胜利滩海地区油气成藏事件与油气富集[J].油气地质与采收率,2007,14(5):46-49.

PETROLEUM GEOLOGY AND RECOVERY EFFICIENCY

Vol. 19 No. 2 2012

Fang Xuqing, Jiang Youlu, Shi Dishi. Relationship between characteristics of faults and hydrocarbon distribution in Zhanhua area, Jiyang depression. *PGRE*, 2012, 19(2): 1–4.

Abstract: There are grid-like faults and complex hydrocarbon distributed in Zhanhua depression. By means of comprehensively study on the stress field and the fault activity, structural evolution and the main control factors of oil and gas distribution are analyzed in Zhanhua depression. It is demonstrated that, influenced by the strike-slip movement of Tan-Lu faults, the north-west faults are early initiated, while the north-east faults and east-west faults are thereafter created, therefore, they are superposed grid of faults. It is considered that, influenced by the superposition effect of the three north-east faults, north-east faults and east-west faults, the buried hill draping structures with different sequences are triggered in Zhanhua depression. The characteristics of oil zones, increasing from south to north and from west to east, are determined by the conditions of the north-west faults that are more active gradually from west to east, but it stops thereafter early, the north-east faults and east-west faults are more active gradually from south to north. The pay zones of hydrocarbon are controlled by buried hill order in the same structural belt.

Key words: Tan-Lu fault belt; tectonic evolution; fault pattern; hydrocarbon distribution; Zhanhua area

Fang Xuqing, School of Geosciences, China University of Petroleum (East China), Qingdao City, Shandong Province, 266555, China

Lu Hao, Jiang Youlu, Liu Hua et al. Study on formation stages of oil-gas reservoirs in Bonan subsag, Zhanhua sag. *PGRE*, 2012, 19(2): 5–8.

Abstract: Based on fault and trap development history, reservoir saturated pressure, hydrocarbon generated and hydrocarbon expelled process of hydrocarbon source rock, reservoir fluid inclusion homo generation temperature, the hydrocarbon accumulation stages of oil gas reservoirs in Bonan subsag of Zhanhua are discussed, and the calculation of the accumulation stages of oil gas reservoirs with saturated pressure should be combined with burial history for the area, in which, the denudation is thicker. The results show that the accumulation phases of oil and gas reservoirs in Bonan subsag are mainly divided into two phases, late Oligocene phase and late Miocene to Pliocene phase; and the large scale oil and gas accumulation occurs during late Miocene to Pliocene phase; especially during the middle and late Minghuazhen group. The major formation stages in different layers and different structural units in the reservoir are different; from the bottom to up, from the depression center to the edge of the reservoir, the major formation stages have a trend of being late gradually.

Key words: history of hydrocarbon generation and expulsion; saturated pressure; fluid inclusion; accumulation stage of reservoir; Bonan subsag

Lu Hao, School of Geosciences, China University of Petroleum (East China), Qingdao City, Shandong Province, 266555, China

Li Hengqing, Yang Shaochun, Lu Zhiyong. Effects of hydrocarbon infilling on distribution of oil and water in reservoir—case of Yong8 reservoir, Dongying depression. *PGRE*, 2012, 19(2): 9–11.

Abstract: In response to the features of Yong8 fault block reservoir and trap characteristics in Dongying depression, a reservoir physical experiment model is established. We designed two types of plan for oil and gas infilling experiments, that is, continuous infilling and episodic infilling. Experimental results of continuous infilling method show that the oil and gas first fill the high tectonic and high permeable reservoir, and not entering the low permeable formation no matter how high the hydrocarbon-charging rate is. On the other hand, the results of episodic filling trial show that high permeability layer or low permeability layer can all be infilled, as long as certain filling pressure with enough oil source. By means of study on the characters of the distribution of oil-water and the driving force in Yong8 reservoir, we believe that the Yong8 reservoir is filled episodically.

Key words: fault block reservoir; continuous infilling; episodic infilling; distribution of oil and water; Dongying depression

Li Hengqing, School of Geosciences, China University of Petroleum (East China), Qingdao City, Shandong Province, 266555, China

Yin Lijuan. Tertiary capping rock types and its relationship to oil and gas accumulation in Jiyang depression. *PGRE*, 2012, 19(2): 12–15.

Abstract: The capping mud rock can be divided into porous, fracture reformed and fault reformed types, and subsequently 7 categories, based on the characteristic of evolution and reform of Tertiary mud rock in Jiyang depression. Generally, the porous capping is best, and fracture reformed secondary, and lastly fault reformed capping. Based on the study of relationship between capping rock and hydrocarbon accumulation, it is demonstrated that the reservoir is mainly located in the fracture reformed capping and switching belt of these three capping types, that is, from fault-reformed to fracture-reformed belt, from fault-reformed to porous capping belt, and the fracture-reformed to porous capping. The oil and gas accumulation is controlled by different combination types of capping rock cover in Jiyang depression. The important factor of controlling oil and gas accumulation is the combined effect between damage of capping under the reservoir and effective sealing above the reservoir.