文章编号:1001-6112(2014)03-0304-06 doi:10.11781/sysydz20140304

准噶尔盆地南缘卡因迪克地区油气成藏模式研究

林小云[1,2],覃 军[1,2],聂 婉[1,2],倪 倩[1,2]

(1.长江大学 油气资源与勘探技术教育部重点实验室,武汉 430100; 2.长江大学 地球科学学院,武汉 430100)

摘要:以油气藏形成的静态要素为基础、以各要素的动态演化过程为主线,通过生物标志化合物对比、烃源岩热演化、流体包裹体分析以及典型油气藏解剖,厘清了准噶尔盆地南缘卡因迪克地区油气来源、成藏过程,建立油气成藏模式。卡因迪克地区原油可分为 3 类,分别源自侏罗系煤系地层、古近系湖相泥岩以及二者混源,以侏罗系油源为主。该地区主要接受了 2 期油气充注,分别距今 10~8 Ma 和 2 Ma 左右,第二期充注包含第一期充注所形成古油藏的调整。卡因迪克地区砂层主要受北部物源控制,与南部连通性差,油气在侧向上主要通过区域性不整合运移,断层是沟通深部油源及古油藏调整的关键因素。在断裂和背斜的双重控制下,油气藏类型以断控—挤压型背斜油气藏为主,成藏主控因素为沟通烃源的断层,成藏模式为混源、垂向运移为主、2 期成藏、晚期为主。

关键词:油源对比;油气运移;成藏期次;成藏模式;卡因迪克地区;准噶尔盆地

中图分类号:TE122.3 **文献标识码**:A

Hydrocarbon accumulation pattern of Kayindike region in southern Junggar Basin

Lin Xiaoyun[1,2], Qin Jun[1,2], Nie Wan[1,2], Ni Qian[1,2]

(1.*Key Laboratory of Oil and Gas Resources & Exploration Technologies of Ministry of Education, Yangtze University, Wuhan, Hubei* 430100, *China*; 2.*College of Geosciences, Yangtze University, Wuhan, Hubei* 430100, *China*)

Abstract: Based on the static elements for reservoir formation, taking the dynamic evolution process of the elements as the main line, the comparison of biomarkers and the analyses of source rock thermal evolutions, fluid inclusions and typical reservoirs were made to study the hydrocarbon source and accumulation process in the Kayindike region in the southern Junggar Basin. A hydrocarbon accumulation model was established to guide hydrocarbon exploration. Crude oils in the Kayindike region were classified into 3 types, respectively, from the Jurassic coal series, the Paleogene lacustrine mudstones and the two mixed, and the Jurassic coal series were more contributive. There were 2 major charging periods, about 10-8 and 2 Ma, respectively, and the ancient reservoirs charged in the 1st period adjusted during the 2nd period. The permeable sand series in the Kayindike region were controlled by the northern source materials, and were poorly connected with the south. Hydrocarbon migrated mainly along regional unconformities, and faults played important roles in communicating deep source rocks and ancient reservoirs. Controlled by faults and anticlines, the reservoirs were mainly fault-controlled and squeeze anticline type. The main controlling factor for hydrocarbon accumulation was the faults communicating source rocks. The hydrocarbon accumulation model was featured by mixed sources, vertical migration and 2 accumulation periods, among which the 2nd period was the major one.

Key words: oil source correlation; hydrocarbon migration; accumulation period; accumulation model; Kayindike region; Junggar Basin

油气成藏模式研究兴起于 19 世纪 80 年代,我国含油气盆地大多历经多期构造演化,油气藏形成的地质条件极为复杂,石油地质学者们急切希望探索出具有代表性的规律来直接有效地指导油气勘探,推动了我国成藏模式研究的热度和发展[1-11]。关于该理论的实际研究工作虽发展较快,但一直未有统一的科学定义,2009 年吴冲龙教授等总结国内众多学者关于油气成藏模式研究的成果,提出较为全面的定义:油气成藏模式是一组类似的控制油气藏形成的基础条件、动力介质、形成机制、演化

收稿日期:2013-11-26;**修订日期**:2014-04-01。

作者简介:林小云(1965—),女,博士,教授,从事油气成藏地质与资源评价的科研和教学工作。E-mail: linxy65@126.com。

基金项目:国家油气重大专项(2011ZX05003-005)资助。

历程等要素单一模型或者多要素复合模型的概况[12]。作者认为,油气成藏模式在不同的勘探阶段有不同的研究内容和尺度,一般而言主要是以油气藏形成的静态地质要素为基础、以油气藏形成的动态过程或者各静态要素的动态演化历程为主线来进行动静结合的总结,其终极目的是预测并定位新的油气藏。

准噶尔盆地卡因迪克地区油气勘探已历经 50 多年,自 2000 年在卡 6 井获得高产油气流之后接连几口探井失利,其主要原因是成藏规律认识不清、各成藏要素的时空匹配关系不明导致油气藏预测定位失败。作者通过对卡因迪克地区成藏要素与成藏过程分析,厘清主控因素,总结成藏模式,以期预测油气分布规律,指导下一步的油气勘探。

1　地质概况

卡因迪克背斜是该区的主要含油气构造,位于准噶尔盆地南缘西段四棵树凹陷北部的南倾大单斜上,以艾卡断裂或侏罗系尖灭线为界北与车排子凸起相邻,南边为四棵树凹陷的主体高泉—乌苏凹陷带,背斜整体走向 NWW,发育的主要沉积地层为侏罗系—第四系(图 1)。构造演化研究显示,该区主要经历 2 期大的构造运动:燕山期车排子凸起向南东推覆形成艾卡断裂带,研究区局部隆起露出水面,致使侏罗系普遍遭受剥蚀与白垩系呈不整合接触,受斜坡带控制,侏罗系和白垩系均向北逐渐上超尖灭,此时主要发育断鼻构造;喜马拉雅期北天山隆升向北挤压使卡因迪克背斜最终定型[13-14]。

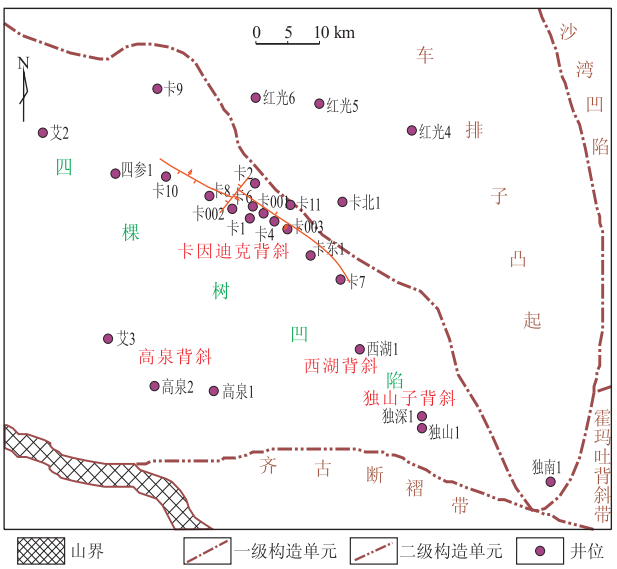

图 1　准噶尔盆地南缘卡因迪克地区构造位置

Fig.1　Structural location of Kayindike region, southern Junggar Basin

四棵树凹陷在侏罗纪时期稳定沉降、植被茂盛、湖沼相沉积发育,中、下侏罗统发育一套煤系地层,是良好的烃源岩层;古近系安集海河组沉积时期,凹陷剧烈沉降、湖泊水体较深,在极短的时间内沉积了巨厚的暗色泥岩,有机质丰富,亦是良好的烃源岩[15]。

2　油源特征

卡因迪克地区上侏罗统齐古组、古近系紫泥泉子组与安集海河组、新近系沙湾组见油气或油气显示。根据原油碳同位素组成、生物标志化合物特征等可将油气分为 3 类(图 2,3):Ⅰ类原油主要见于齐古组、卡 001 井、卡 003 井紫泥泉子组,原油全油碳同位素一般大于-26‰,规则甾烷含量 $C_{28} \leqslant C_{27} < C_{29}$,为典型的反“L”型,Pr/Ph 值大于 2.5,伽马蜡烷指数小于0.1,为典型的氧化环境下陆源高等有机

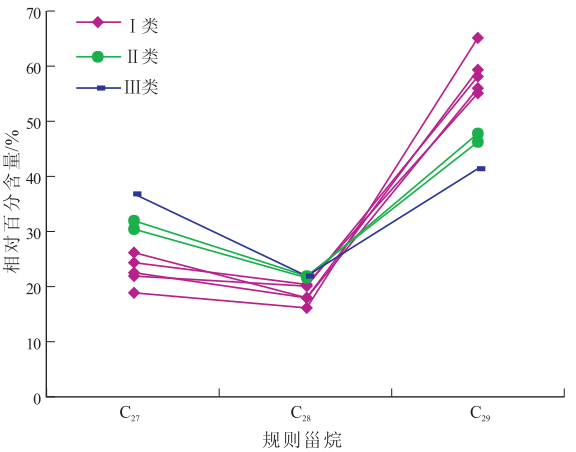

图 2　准噶尔盆地南缘卡因迪克地区原油规则甾烷组成形式

Fig.2　Composition forms of regular steranes of crude oils in Kayindike region, southern Junggar Basin

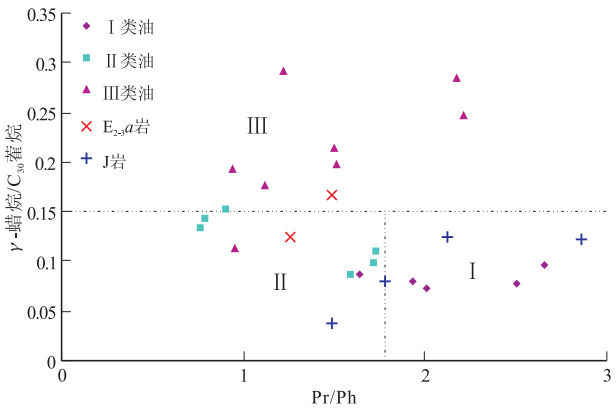

图 3　准噶尔盆地南缘卡因迪克地区源岩、原油姥植比—伽马蜡烷指数关系

Fig.3　Pr/Ph vs. gammacerane index of source rock crude oils in Kayindike region, southern Junggar Basin

质所生成油气,与四棵树凹陷侏罗系烃源岩具有良好亲缘关系。Ⅱ类原油主要见于卡 002 井、卡 6 井紫泥泉子组,原油全油碳同位素一般介于-28‰~-26‰,规则甾烷含量 $C_{28}<C_{27}<C_{29}$,弱势呈现反“L”型,Pr/Ph 值介于 1.5~2.0,伽马蜡烷指数介于 0.1~0.15,该类原油各项指标均近中性,为侏罗系煤系烃源岩与古近系安集海河组湖相暗色泥岩混源输入的结果。Ⅲ类原油见于卡 6 井安集海河组、卡 10 井沙湾组,原油全油碳同位素一般小于-28‰,规则甾烷含量 $C_{28}<C_{27}\approx C_{29}$,为典型的“V”型,Pr/Ph值小于 1.0,伽马蜡烷指数大于 0.2,为典型还原环境下陆源高等有机质与水生低等生物双母质输入结果,与古近系安集海河组烃源岩具有良好亲缘关系。

3 输导体系

输导体系是连接油源与圈闭的纽带,是油气藏形成的生命线[16-20]。四棵树凹陷输导体系包括侏罗系与白垩系之间区域性不整合、切穿侏罗系至新近系的高陡深大断裂以及侏罗系齐古组、古近系紫泥泉子组、新近系沙湾组河流—三角洲相高渗透性地层。

四棵树凹陷沉积相研究表明该区存在南北两大物源,卡因迪克地区的有利储层主要受北部物源的辫状河三角洲控制,与南部生烃凹陷附近南部物源控制的扇三角洲砂体之间被湖泊相沉积所隔。两大物源控制的砂体之间连通性差,不能在区域上沟通油气侧向运移。而侏罗系与白垩系之间的区域性不整合则是油气进行大规模侧向运移的唯一保证(图 4)。

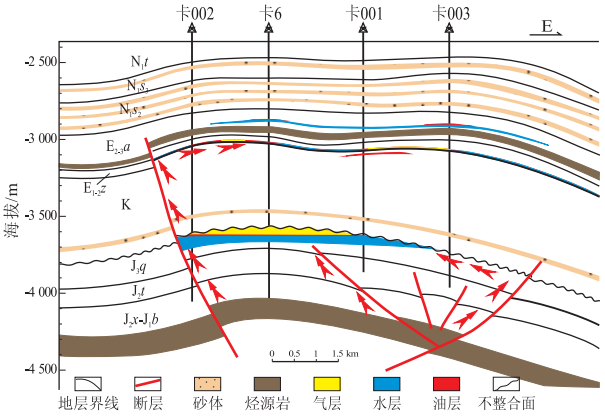

图 4 准噶尔盆地南缘卡因迪克地区油气运移模式

Fig.4 Oil and gas migration pattern in Kayindike region, southern Junggar Basin

4 成藏期次

油气成藏期次是油气成藏规律综合研究的重要内容,现今国内外成藏期次研究主要依据是圈闭形成史、烃源岩热史、储层流体包裹体特征等[21-26]。

烃源岩的主要生排烃时间为油气藏形成的最早时期。由卡 6 井单井热演化史模拟结果,卡因迪克地区烃源岩整体热演化程度较低,在距今 10 Ma 侏罗系烃源岩 R_o 值达到 0.6%,而安集海河组烃源岩至今未成熟(图 5),但凹陷南部地区埋深较大烃源岩热演化程度较高。根据烃源岩热演化模拟资料,四棵树主凹陷区侏罗系烃源岩在白垩纪末期即进入生烃门限,独山子组沉积期进入大量生排烃时期,而安集海河组烃源岩在独山子组沉积末期进入生烃门限。由此可见,研究区具备 2 期成藏的可能性。

储层流体包裹体均一温度与热史资料相结合可以确定油气注入的时间,包裹体均一温度频率分

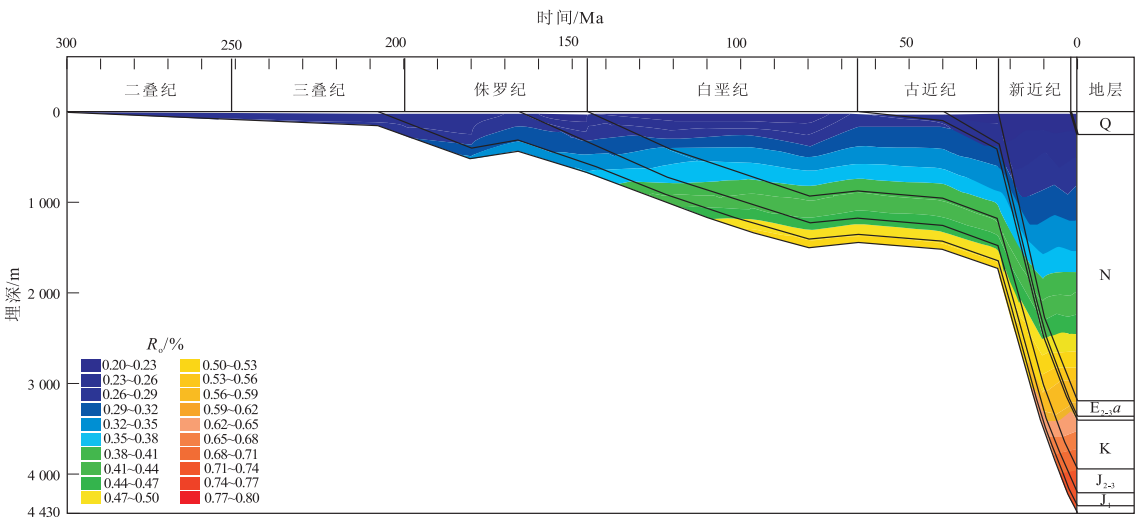

图 5 准噶尔盆地南缘卡因迪克地区卡 6 井 R_o 演化史

Fig.5 R_o evolution history in well Ka6, Kayindike region, southern Junggar Basin

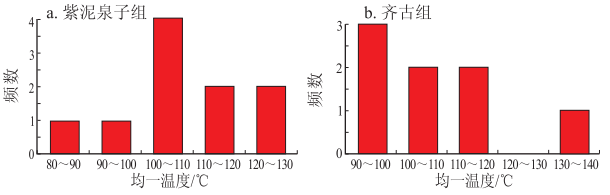

图 6　准噶尔盆地南缘卡因迪克地区
卡 6 井储层流体包裹体均一温度直方图

Fig.6　Homogeneous temperature histogram of fluid inclusions in reservoir stratum of well Ka6, Kayindike region, southern Junggar Basin

布图的主峰所对应的时间即为主成藏时期。若有 2 个或以上的主峰,则可能为多期成藏。

卡 6 井紫泥泉子组包裹体均一温度主峰为 100~110 ℃(图 6a),由热史分析,对应时间大约在距今 2 Ma 左右;而齐古组包裹体均一温度主峰为 90~100 ℃(图 6b),对应时间约为距今 10~8 Ma 左右。由此可见卡因迪克地区应有 2 期成藏。

5　成藏模式

卡因迪克地区发育中、下侏罗统煤系地层和古近系安集海河组湖相泥岩 2 套烃源岩,烃源岩分布情况及油源对比结果显示,该区烃源以中、下侏罗统湖相暗色泥岩为主,因受构造演化控制,安集海河组烃源岩在该地区埋深较小热演化程度较低,供烃能力极为有限[27]。该区自下而上发育齐古组辫状河道砂、紫泥泉子组辫状河三角洲前缘砂、安集海河组滨浅湖砂、沙湾组辫状河三角洲平原及前缘砂 4 套储集层,除安集海河组为透镜体砂岩外其余各层位砂体连续性较强、连通性好、厚度大,储集性能好。受 2 期构造运动影响,该区断裂发育,走向近东西的北倾断裂可侧向封堵油气,而走向近南北的东倾深断裂活动性强,垂向开启性较好,为油气垂向运移提供良好条件。该区区域性盖层发育,安集海河组、塔西河组皆有超压发育,封盖能力较强。在断裂的沟通下,该区纵向上共发育 3 套生储盖组合,成藏条件较好。

燕山运动中晚期,车排子古凸起向南推覆,四棵树凹陷北部受挤压而隆升较强,卡因迪克褶皱带开始形成,背斜发育,侏罗系内部发育一系列近东西走向的断裂,切割中、下侏罗统烃源层和齐古组储层。古近纪末期,主凹陷中、下侏罗统烃源岩进入主生烃期并开始大量排烃,卡因迪克东南部主凹陷区生成的油气垂向排烃进入上覆渗透性好的储层,沿砂体或不整合面侧向运移,主要朝向斜坡带的上倾方向运移至西北部,距今 10 Ma 左右到达卡因迪克地区遇背斜成藏。包裹体均一温度揭示,此为该区最早的一期成藏,卡 6 井齐古组油藏为例证。这一期成藏过程中,卡因迪克东南部斜坡上的侏罗系内部亦可能发育岩性上倾尖灭油藏或透镜体油藏。

新近纪末期,喜马拉雅运动时北天山隆升向北挤压,艾卡断裂带继续活动,侏罗系内部断层向上断入白垩系、古近系,但喜马拉雅运动对卡因迪克地区影响相对较小,古近系以上地层基本不受影响,仅在卡 002 井西侧形成一条走向近南北沟通侏罗系至新近系沙湾组的深断裂。平面上,此时由于凹陷中南部已经形成独山子、西湖等背斜,油气难以大规模向西北运移,故此时卡因迪克背斜以自源式输入为主;纵向上,中、下侏罗统烃源岩生成的油气此时沿卡 002 井西断裂垂向运移,向上至紫泥泉子组遇渗透性强的砂体时断层侧向开启,油气进入紫泥泉子组并继续沿背斜轴向东侧向运移。此时齐古组古油藏亦可能被破坏而沿断层垂向调整至紫泥泉子组。与此同时,该区东南部安集海河组烃源岩进入生烃期,一方面油气直接在安集海河组内部的滨浅湖砂岩中储集成藏;另一方面在安集海河组异常压力的驱动下侧向穿过卡 002 井西断裂进入紫泥泉子组。油源对比结果表明,该区安集海河组烃源岩对紫泥泉子组的充注较少,沿背斜轴向仅西部靠近卡 002 井西断裂的卡 002 井、卡 6 井见2 套烃源岩混源输入的油气,而东部的卡 001 井、卡 003 井则是中、下侏罗统的烃源(图 7)。该区安集海河组烃源岩热演化程度低,并未进入大量生烃阶段、生

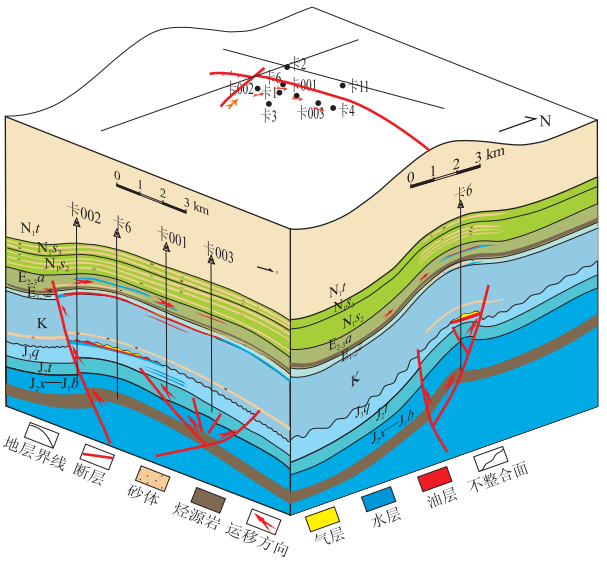

图 7　准噶尔盆地南缘卡因迪克地区油气成藏模式

Fig.7　Hydrocarbon accumulation model of Kayindike region, southern Junggar Basin

烃量较低,因此,其供烃能力极为有限、供烃半径极小。也正是由于这个原因,加上无断层沟通古近系与新近系,导致该区上覆的沙湾组虽储集性能良好却几乎未见油气显示(图7)。

综上所述,卡因迪克地区在不同时期有不同的运移机制和成藏过程,总体上,背斜、断层、烃源联合控藏,混源输入、兼有垂向运移和侧向运移但垂向运移是成藏关键,2期成藏但以晚期调整为主。从该区成藏模式分析,新近系沙湾组及以上地层缺乏油气运移通道、古近系安集海河组缺乏储层及油源,故而二者成藏潜力较低;而古近系紫泥泉子组及以下地层成藏要素均具备且源储时空配置关系良好,尤其是侏罗系齐古组油源近、储层优质、盖层有效,处在区域性不整合面下的低势区,具备油气从主凹陷向该区汇聚的条件,其成藏潜力较高。

6 结论

(1)卡因迪克地区油气来源以侏罗系煤系地层为主,古近系安集海河组有少量贡献。受沉积物源控制,砂体南北连通性差,油气侧向运移主要依靠白垩系与侏罗系之间的区域性不整合从南向北汇聚。主要受构造—热演化控制,油气具两期成藏,但以喜马拉雅末期为主,成藏模式为混源—垂向运移为主、2期成藏、晚期为主。

(2)卡因迪克地区成藏关键因素为烃源岩和断层,油气藏往往出现在断层附近;而控制油气藏规模的因素为砂体发育程度和背斜幅度。由此可以判定该区新近系沙湾组及以上地层由于缺少油源断层沟通而成藏潜力很低,古近系安集海河组因储集砂体发育有限及其与断层的匹配关系较差而成藏潜力一般,而古近系紫泥泉子组及以下地层则有望找到新的油气藏。

参考文献:

[1] 惠荣耀.对天然气、石油形成特征的一些认识[J].石油勘探与开发,1990(5):8-14.
Hui Rongyao.Some characteristics in petroleum and natural gas generation[J].Petroleum Exploration and Development,1990(5):8-14.

[2] 宋岩,戴金星,戴春森,等.我国大中型气田主要成藏模式及其分布规律[J].中国科学:D辑:地球科学,1996,26(6):499-503.
Song Yan,Dai Jinxing,Dai Chunsen,et al.Main hydrocarbon accumulation and distribution of large and medium sized gas fields in China[J].Science in China:Series D:Earth sciences,1996,26(6):499-503.

[3] 王屿涛,徐长胜,王静.准噶尔盆地石南油气田成藏史分析[J].石油勘探与开发,1999,26(1):28-31.
Wang Yutao,Xu Changsheng,Wang Jing.History of pool formation of Shinan oil-gas field,Junggar basin [J].Petroleum Exploration and Development,1999,26(1):28-31.

[4] 李军生,林春明.反转背斜构造自生自储油藏成藏模式[J].石油学报,2006,27(2):34-37.
Li Junsheng,Lin Chunming.Forming pattern of self generating and self preserving reservoirs in reversal anticline structure[J].Acta Petrolei Sinica,2006,27(2):34-37.

[5] 张永刚,马宗晋,王国力,等.中国南方海相油气成藏模式分析[J].地质学报,2007,81(2):236-243.
Zhang Yonggang,Ma Zongjin,Wang Guoli,et al.Hydrocarbon reservoir mode of marine sedimentary rock in South China[J].Acta Geologica Sinica,2007,81(2):236-243.

[6] 汤济广,李祺.中国中西部前陆冲断带构造变形与油气成藏模式[J].油气地质与采收率,2008,15(3):1-5.
Tang Jiguang,Li Qi.Tectonic deformation and hydrocarbon accumulation model of foreland thrust belts in central and western China[J].Petroleum Geology and Recovery Efficiency,2008,15(3):1-5.

[7] 赵靖舟,李军,曹青,等. 论致密大油气田成藏模式[J].石油与天然气地质,2013,34(5):573-583.
Zhao Jingzhou,Li Jun,Cao Qing,et al. Hydrocarbon accumulation patterns of large tight oil and gas fields[J].Oil & Gas Geology,2013,34(5):573-583.

[8] 康德江,姜丽娜,张金友.中国西部叠合盆地油气多期成藏模式及勘探有效性[J].沉积学报,2012,30(1):166-178.
Kang Dejiang,Jiang Lina,Zhang Jinyou.The model of the mulistage of oil-gas formation and exploration effectiveness in superimposed basins in Western China[J].Acta Sedimentologica Sinica,2012,30(1):166-178.

[9] 高渐珍,徐田武,薛国刚,等.东濮凹陷沙一段自生油气藏成藏条件及成藏模式[J].断块油气田,2013,20(4):417-421.
Gao Jianzhen, Xu Tianwu,Xue Guogang,et al. Accumulation condition and mode of autogeny hydrocarbon reservoir for the first member of Shahejie Formation in Dongpu Depression[J]. Fault-Block Oil & Gas Field,2013,20(4):417-421.

[10] 赵文智,邹才能,谷志东,等.砂岩透镜体油气成藏机理初探[J].石油勘探与开发,2007,34(3):273-284.
Zhao Wenzhi,Zou Caineng,Gu Zhidong,et al.Preliminary discussion on accumulation mechanism of sand lens reservoirs[J].Petroleum Exploration and Development,2007,34(3):273-284.

[11] 李相博,刘显阳,周世新,等.鄂尔多斯盆地延长组下组合油气来源及成藏模式[J].石油勘探与开发,2012,39(2):172-180.
Li Xiangbo,Liu Xianyang,Zhou Shixin,et al.Hydrocarbon origin and reservoir forming model of the Lower Yanchang Formation,Ordos basin[J].Petroleum Exploration and Development,2012,39(2):172-180.

[12] 吴冲龙,林忠民,毛小平,等."油气成藏模式"的概念、研究现状和发展趋势[J].石油与天然气地质,2009,30(6):673-683.
Wu Chonglong,Lin Zhongmin,Mao Xiaoping,et al.Concept,research status and trend of "hrdrocarbon pooling patterns"[J].Oil & Gas Geology,2009,30(6):673-683.

[13] 陈书平,漆家福,于福生,等.准噶尔盆地南缘构造变形特征及其主控因素[J].地质学报,2007,81(2):151-157.
Chen Shuping,Qi Jiafu,Yu Fusheng,et al.Deformation characteris-

tics in the southern margin of the Junggar basin and their controlling factors[J].Acta Geologica Sinica,2007,81(2):151-157.

[14] 况军,齐雪峰.准噶尔前陆盆地构造特征与油气勘探方向[J].新疆石油地质,2006,27(1):5-9.
Kuang Jun,Qi Xuefeng.The structural characteristics and oil-gas explorative direction in Junggar foreland basin[J].Xinjiang Petroleum Geology,2006,27(1):5-9.

[15] 郭春清,沈忠民,张林晔,等.准噶尔盆地南缘烃源岩生源特征及原油分类[J].成都理工大学学报:自然科学版,2005,32(3):257-262.
Guo Chunqing,Shen Zhongmin,Zhang Linye,et al.Biogenic origin characteristics of hydrocarbon source rocks and classification of oils in the south part of Juggar basin,China[J].Journal of Chengdu University of Technology:Science & Technology Edition,2005,32(3):257-262.

[16] 张卫海,查明,曲江秀.油气输导体系的类型及配置关系[J].新疆石油地质,2003,24(2):118-120.
Zhang Weihai,Zha Ming,Qu Jiangxiu.The type and configuration of petroleum transportation system[J].Xinjiang Petroleum Geology,2003,24(2):118-120.

[17] 何登发.不整合面的结构与油气聚集[J].石油勘探与开发,2007,34(2):142-201.
He Dengfa.Structure of unconformity and its control on hydrocarbon accumulation[J].Petroleum Exploration and Development,2007,34(2):142-201.

[18] 刘玉祥,张金功,王永诗,等.断层输导封闭性能及其油气运移机理研究现状[J].兰州大学学报:自然科学版,2008,44(S1):54-57.
Liu Yuxiang,Zhang Jingong,Wang Yongshi,et al.Analysis hydrocarbon migration mechanism and the status of the fault conduit and fault close[J].Journal of Lanzhou University:Natural Sciences,2008,44(S1):54-57.

[19] 李明义,岳湘安,江青春,等.海拉尔—塔木察格盆地中部断陷输导体系类型及其控藏作用[J].石油与天然气地质,2012,33(3):407-416.
Li Mingyi,Yue Xiang'an,Jiang Qingchun,et al. Migration system types and their control on hydrocarbon accumulation in central fault depressions of Hailar-Tamtsag Basin[J].Oil & Gas Geology,2012,33(3):407-416.

[20] 李秀鹏,于洁,许晶.准噶尔盆地乌夏断裂带输导体系对油气运聚的控制[J].断块油气田,2012,19(5):559-563.
Li Xiupeng,Yu Jie,Xu Jing.Control of pathway systems on hydrocarbon migration and accumulation in Wuerhe-Xiazijie fault belt, Junggar Basin[J].Fault-Block Oil and Gas Field,2012,19(5):559-563.

[21] 任战利,刘丽,崔军平,等.盆地构造热演化史在油气成藏期次研究中的应用[J].石油与天然气地质,2008,29(4):502-506.
Ren Zhanli,Liu Li,Cui Junping,et al.Application of tectonic-thermal evolution history to hydrocarbon accumulation timing in sedimentary basins[J].Oil & Gas Geology,2008,29(4):502-506.

[22] 曾治平,王敏芳,倪建华.油气成藏期次研究中有机包裹体方法存在问题的探讨[J].天然气地球科学,2002,13(3/4):55-59.
Zeng Zhiping,Wang Minfang,Ni Jianhua.Investigate the presence of organic inclusions problem method study of the hydrocarbon accumulation[J].Natural Gas Geoscience,2002,13(3/4):55-59.

[23] 高勇,牟智全, 王永凯, 等.流体包裹体在油气成藏研究中的应用[J].特种油气藏,2012,19(4):37-41.
Gao Yong,Mu Zhiquan,Wang Yongkai,et al.Application of fluid inclusion in hydrocarbon accumulation study[J].Special Oil & Gas Reservoirs,2012,19(4):37-41.

[24] 李建青,夏在连,史海英,等.下扬子黄桥地区龙潭组流体包裹体特征与油气成藏期次[J].石油实验地质,2013,35(2):195-198.
Li Jianqing,Xia Zailian,Shi Haiying,et al.Characteristics of fluid inclusions and timing of hydrocarbon accumulation in Longtan reservoirs in Huangqiao region,Lower Yangtze basin[J].Petroleum Geology & Experiment,2013,35(2):195-198.

[25] 时保宏,张艳,张雷,等.鄂尔多斯盆地延长组长 7 致密储层流体包裹体特征与成藏期次[J].石油实验地质,2012,34(6):599-603.
Shi Baohong,Zhang Yan,Zhang Lei,et al.Hydrocarbon accumulation dating by fluid inclusion characteristics in Chang7 tight sandstone reservoirs of Yanchang formation in Ordos basin[J].Petroleum Geology & Experiment,2012,34(6):599-603.

[26] 谭绍泉.准中地区油气成藏关键期的厘定及其石油地质意义[J].断块油气田,2013,20(5):551-555.
Tan Shaoquan.Definition of hydrocarbon accumulation key period in central area of Junggar Basin and its petroleum geology significance[J].Fault-Block Oil & Gas Field,2013,20(5):551-555.

[27] 林小云,覃军,陈哲,等.准南四棵树凹陷烃源岩评价及分布研究[J].石油天然气学报,2013,35(11):1-5.
Lin Xiaoyun,Qin Jun,Chen Zhe,et al.Research on evaluation and distribution of source rocks in Sikeshu sag of the Southern Junggar basin[J].Journal of Oil and Gas Technology,2013,35(11):1-5.

(编辑　黄　娟)

(上接第 303 页)

[14] 何登发,Suppe J,贾承造.断层相关褶皱理论与应用研究新进展[J].地学前缘,2005,12(4):353-364.
He Dengfa,Suppe J,Jia Chengzao.New advances in theory and application of fault-related folding[J].Earth Science Frontiers,2005,12(4):353-364.

[15] 刘玉萍,尹宏伟,张洁,等.褶皱—冲断体系双层滑脱构造变形物理模拟实验[J].石油实验地质,2008,30(4):424-428.
Liu Yuping,Yin Hongwei,Zhang Jie,et al.Physical modeling on double decollements structure in fold-and-thrust belt[J].Petroleum Geology & Experiment,2008,30(4):424-428.

(编辑　徐文明)