

文章编号: 1001-6112(2007)04-0377-07

准噶尔盆地西缘车排子地区岩性 油气藏成藏主控因素

靖 辉, 江 洪, 向 奎

(中国石油大学 资源与信息学院, 北京 102249)

摘要: 在分析准噶尔盆地西缘车排子地区地层、构造、沉积相和油气等石油地质条件的基础上, 统计该区油气藏类型, 通过解剖典型油气藏的油源条件、储集层特征、输导特征和圈闭及其保存条件等成藏条件, 并结合钻井成功与失利的成效分析, 发现车排子地区以岩性圈闭为主, 具有良好的油气源条件, 断层与不整合组成了良好的阶梯型复式输导系统, 有利储集相带及储层物性控制了油气聚集, 圈闭条件和保存条件决定了油气最终是否成藏。在进一步集中成藏条件的基础上, 认为储层物性和圈闭及保存条件是该区岩性油气藏的成藏主控因素。

关键词: 成藏条件; 成藏主控因素; 岩性油气藏; 车排子凸起; 准噶尔盆地西缘

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

KEY FACTORS TO CONTROL FORMATION CONDITIONS OF STRATIGRAPHIC POOLS IN CHEPAIZI AREA, THE WEST OF THE JUNGGAR BASIN

Jing Hui, Jiang Hong, Xiang Kui

(School of Resource and Information, China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: Based on analysis of strata, structure, facies and petroleum in Chepaizi area in the west of the Junggar Basin, accumulation types in this region have been counted. Studies of source condition, reservoir characteristics, conducting characteristics and trap preservation, together with drilling success and failure effectivity, have indicated that, traps in Chepaizi area are mainly lithologic ones. Source condition is good. Faults and unconformities work as complex conducting system. Favorable reservoir facies and physical properties control petroleum accumulation. Trap condition and its preservation are the keys for final accumulation. Reservoir physical property and reservation are the main factors controlling lithologic pool formation in this area.

Key words: accumulation condition; main controlling factors; lithologic pools; the Chepaizi Arch; the west of the Junggar Basin

车排子凸起(图 1)位于准噶尔盆地西北缘, 是盆地西部隆起的次一级构造单元, 凸起面积大且长期继承性隆升, 为西部隆起的主体。该凸起西、北临近扎伊尔山, 南为四棵树凹陷和伊林黑比尔根山, 东以红车断阶带与昌吉凹陷相接。车排子凸起整体上为三角形凸起, 主体走向为北西—南东至东西向。该凸起具有不均衡隆升的特点, 在西北部扎伊尔山前隆起最高, 向东部、南部及东南部隆起幅度逐渐降低, 其东南角至奎屯—安集海一带逐渐隐

伏消失。车排子凸起上背斜型构造不发育, 主要以石炭系内部断块及断鼻类构造为主。其东邻昌吉凹陷、南靠四棵树凹陷, 具有双向供油的有利条件。本区油藏受到岩性和构造的双重控制, 目前仅有排 2 井新近系沙湾组获得工业油流, 显示钻探成效较低, 反映本区油气勘探具有一定难度。因此, 深入进行油气成藏条件及其主控因素的研究, 对于加快车排子地区勘探进程具有重要的现实意义。

收稿日期: 2007-01-31; 修订日期: 2007-06-04。

作者简介: 靖 辉(1968—), 男(汉族), 山东济南人, 博士生, 工程师, 主要从事油气形成与分布研究以及盆地资源与经济评价。

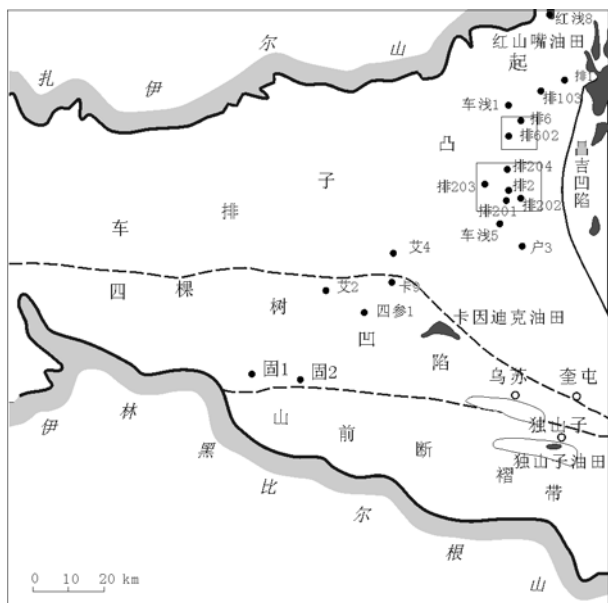


图1 准噶尔盆地西缘车排子地区区域位置

Fig. 1 Location of Chepaizi area, the west of the Junggar Basin

1 地层特征

本区新生界缺失古近系古新统一渐新统沉积,即缺失区域上的紫泥泉子组和安集海河组;地层自上而下依次为新生界第四系西域组、新近系独山子组、塔西河组、沙湾组、中生界白垩系吐谷鲁群、侏罗系以及上古生界石炭系。

上覆地层:第四系西域组。

新近系独山子组(N_2d):厚度200 m左右,岩性主要是一套砂、泥岩互层的地层,底部一般为灰绿色砾岩。与下伏新近系塔西河组不整合接触。

新近系塔西河组(N_1t):厚度100~700 m,上部为厚层状棕红、灰、灰褐色泥岩和厚层状棕红色粉砂质泥岩夹薄层灰、棕红色泥质粉砂岩、粉砂岩;下部为厚层状褐灰色砂砾岩和棕红色细砂岩,砂砾岩分布不稳定。与下伏新近系沙湾组整合接触。

新近系沙湾组(N_1s):厚度83~252 m,上部为棕红色泥岩、棕红色粉砂质泥岩夹薄层棕红色泥质粉砂岩;下部为灰色砾状砂岩、灰色砂砾岩、灰色泥质粉砂岩、含砾细砂岩夹薄层粉砂质泥岩。在排2井区沙湾组下部砂岩发育,至排6—排1井区相变为以泥岩为主的沉积。本组自上而下可以划分为3个砂组,即I砂组、II砂组及III砂组,I砂组均为以棕红色泥岩为主、局部夹砂岩的沉积,排2井出油层段1 013.4~1 017.3 m归属于沙湾组I砂组,本砂组厚度13.7~73.0 m;II砂组及III砂组在

排201、排2、排204以及排2井西北的排203、排2井东南的排201井均为大套的砂砾岩夹泥岩薄层沉积,在排6—排1井区为以泥岩为主、夹砂岩的沉积,沉积特征同I砂组,II砂组厚度64~102 m;III砂组缺失。地层总的变化趋势是由东南向西北、由东向西减薄,直至尖灭。与下伏下白垩统吐谷鲁群角度不整合接触。

下白垩统吐谷鲁群:厚度0~493 m,以泥质岩为主的沉积,为杂色、绿灰色、深灰色泥岩夹薄层灰色泥质粉砂岩。厚度由东南向西北减薄,直至尖灭,排203井缺失白垩系沉积。与下伏中生界侏罗系角度不整合接触。

侏罗系:厚度0~177 m,为大套灰色、杂色砾岩、角砾岩沉积,厚度在排2井区为40 m左右;排6—排1井区厚度较大,为40~177 m,排1井厚度最大,为177 m。该套地层是石炭系潜山“填平补齐”,亦即所谓的“沟谷充填”的沉积。其角砾岩中角砾棱角状,深灰—灰黑色,凝灰质,砾径最大5.1 cm×3.8 cm,最小3 mm×3 mm,分选差;杂基支撑,填隙物为细砂岩。与下伏石炭系包谷图组角度不整合接触。

石炭系:排103井揭示厚度最大,为390 m(未穿),主要以灰黑色凝灰岩与变质岩呈不等厚互层为主,凝灰岩类主要有灰色凝灰质泥岩和深灰色、灰黑色凝灰岩,变质岩类主要有褐红色、棕红色、红褐色变质砂岩、褐红色板岩、红褐色、深灰色、褐色、棕红色片岩、灰黄色、杂色变质粗面岩。

2 构造特征

车排子凸起形成于晚海西期早期,印支—燕山期持续发育,至喜山期才归于沉寂,车排子新近系斜坡形成于早白垩世之后。

早白垩世以后,车排子凸起区开始沉降,但具差异沉降特点。凸起东部地区总体发生沉降,沉降幅度和速度均较小,沉积较薄的下白垩统中下部地层,而凸起西部地区仍为隆起区,未发育该套地层。早白垩世中晚期—晚白垩世,凸起区沉降再次停止,下白垩统中上部地层和上白垩统东沟组地层缺失。

古近纪以后,车排子凸起又开始缓慢沉降,但差异沉降更为明显。凸起东南部较小范围地区发生沉降,沉积较薄的古近系紫泥泉子组和安集海河组地层(紫泥泉子组较安集海河组沉积范围更小),凸起中西部广大地区为剥蚀区,缺失古近系地层。

新近纪以后,车排子凸起继续沉降,以垂直沉降为主,断裂不发育,沉降范围和幅度较大,其中沙

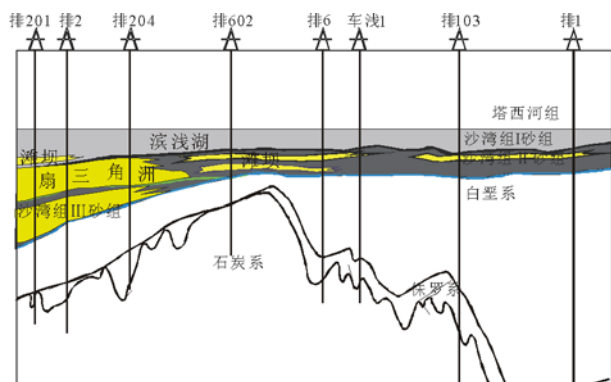


图 4 准噶尔盆地西缘车排子地区沙湾组南北向沉积模式
Fig. 4 NS sedimentary model of Shawan Formation of Neocene in Chepaizi area, the west of the Junggar Basin

运动时,波浪触及浪底形成升浪,并继续向岸方向运动形成碎浪,波浪能量消耗较大,使得较粗粒碎屑沉积下来,形成开阔浅湖滩坝。在湖退序列中,开阔浅湖滩坝自下而上总体显示泥岩颜色由灰色变为棕褐色、粒度由细变粗再变细、砂岩厚度由薄变厚再变薄的复合韵律。I 砂组各小层滩坝总体向东北向展布,从排 2 井—排 208 井一线开始,砂体逐层向南退积。

4 油气藏类型

车排子地区构造简单,断裂规模和断距小,地层倾向和断层走向匹配不好,因此构造圈闭发育较少,目前仅发现了排 208 井北断块圈闭,有可能形成断块油藏。圈闭类型以岩性圈闭为主,如排 2 井油藏。本区断裂多为北西走向,这些断层与沙湾组 I 砂组的砂体展布方向正好斜交,如果配置合理,则可以形成构造—岩性圈闭。此类圈闭,断层断距大小和断层规模是主控因素,断距合理,则 I 砂组的砂层直接对接上覆泥岩;断层规模越大,则形成的圈闭面积越大,成藏规模越大(图 5,6)。

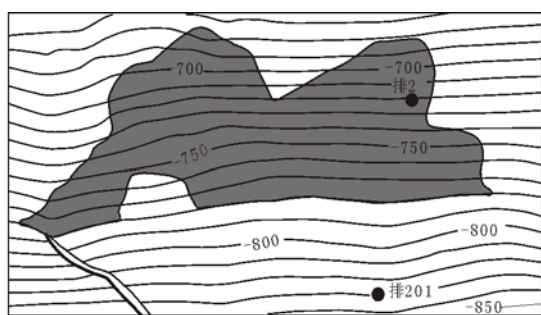


图 5 准噶尔盆地西缘车排子地区排 2 井岩性油藏构造
Fig. 5 Structure map of lithologic trap of Well Pai2 in Chepaizi area, the west of the Junggar Basin

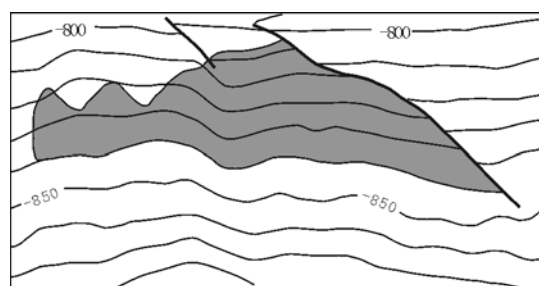


图 6 准噶尔盆地西缘车排子地区排 201 井南岩性—构造圈闭构造

Fig. 6 Structure map of lithologic—structural trap of Well Pai201 in Chepaizi area, the west of the Junggar Basin

5 成藏条件

5.1 烃源条件

具有良好的烃源岩是含油气盆地形成大量油气聚集的首要条件。烃源岩的岩性、有机质类型、丰度和成熟度等参数的分布直接控制着盆地内油气富集的范围和程度^[2]。从白垩系到沙湾组、塔西河组都由东南向西北抬升的斜坡构造。车排子构造紧邻生油凹陷——昌吉凹陷,该凹陷有 2 套烃源岩:侏罗系和古近系安集海河组。侏罗系烃源岩从早白垩世就开始大量排烃,一直到新近纪;古近系安集海河组烃源岩到新近纪才开始局部成熟进入生排烃阶段,至今还有烃类排出。因此,车排子凸起构造趋势形成期与昌吉凹陷的排烃期和运移期是匹配的,始终处于凹陷油气运移指向区。

沙湾组泥岩及下伏白垩系泥岩生烃条件差,非本区的生油岩。通过对排 2 井原油各种地化参数的分析,以及和盆地南缘西部及西北缘已知油气源的原油进行对比分析,排 2 井原油密度 0.791 g/cm³,与独山子油田原油密度 0.760 2 g/cm³(独 206 井原油)~0.875 4 g/cm³(独 79 井原油)类似。排 2 井原油碳同位素为 -26.64‰,二叠系原油碳同位素为 -32‰~-30‰,侏罗系煤系烃源岩原油碳同位素为 -25‰~-28‰,与古近系安集海河组烃源岩有关的原油碳同位素为 -30.0‰~-28.5‰,与白垩系烃源岩有关的原油碳同位素为 -29.38‰~-31.82‰。这说明排 2 井油气与来自单一油源的二叠系、侏罗系煤系、第三系安集海河组以及白垩系不同。排 2 井的姥鲛烷、植烷含量较低,Pr/Ph 为 1.888,侏罗系煤系地层烃源岩 Pr/Ph 大于 2,古近系烃源岩 Pr/Ph 小于 1,侏罗系和古近系的混源油 Pr/Ph 为 1.69~1.95,排 2 井

的油源排除了单一的侏罗系煤系地层和古近系烃源岩,与独山子型的混源油相似。从排2井原油的五环三萜烷资料来看,排2井原油与跟侏罗系及白垩系烃源岩有关的油气差别较大。排2井原油五环三萜烷分布特征与已知油源(独山子型原油)的独2井及卡6井类似。排2井的规则甾烷呈不规则“V”字形, C_{27} 接近 C_{29} , C_{28} 处于劣势。在侏罗系煤系中,规则甾烷中以 C_{29} 占绝对优势, C_{27} 几乎难以检测出来。侏罗系湖相泥岩的趋势与二叠系相同,二叠系烃源岩规则甾烷分布呈反“L”形, C_{27} , C_{28} 和 C_{29} 20R生物构型相对丰度的变化顺序为 $C_{29} > C_{28} \geq C_{27}$ 。从排2井规则甾烷的分布形式来看,其与单一的二叠系或侏罗系(湖相泥岩、煤系)烃源岩均有较大差别。但这与独山子地区及西湖背斜侏罗系煤系与第三系湖相源岩混源的原油以及卡6井安集海河组的原油甾烷组成相类似。排2井原油中未检测出 β -胡萝卜素,而二叠系生油岩含有较高的 β -胡萝卜素和 γ -胡萝卜素,这与二叠系烃源岩存在明显差别。

因此,排2井的油源并非来自某个层位的单一油源,而是侏罗系和第三系的混源油。在各对比参数中,五环三萜烷特征、规则甾烷(C_{27} , C_{28} , C_{29})的分布形式及饱和烃特征、原油碳同位素具有较好的一致性,表明均与独山子型原油具相同的油气来源(独山子油田的原油古生物分析鉴定出侏罗纪和第三纪的孢粉,显示其油源为侏罗系和第三系),即排2井的油源为侏罗系煤系与第三系湖相源岩混源油。

5.2 储集层特征

由于本区物源方向与地层倾向相近,形成的砂体为上倾敞开,而不是上倾尖灭;近物源沉积,主河道、分支河道砂体连通性好,向上抬升泄漏;砂体走向与断层走向基本一致,对岩性圈闭形成作用很小。因此,各地层沉积的冲积扇、扇三角洲、辫状河三角洲等扇体的主河道、分支河道不利于形成大型岩性圈闭。本地区有利相带为滨浅湖相的滩坝沉积,滩坝砂体能够上倾尖灭和侧向尖灭,或由于湖浪冲打成为孤立小型沙坝,形成岩性圈闭。排2井沙湾组I砂组油层与排6、排602井沙湾组II砂组油层都属于滩坝沉积。

通过对西缘区块车排子油田取心井新近系沙湾组岩心的系统观察和描述,排2井区沙湾组I砂组储集砂体主要为灰色细、中砂岩,具砂质泥状结构以及泥质不等粒结构。粒度大于0.0313 mm的碎屑约占15%~45%,粒级主要为中砂;其次为粗

砂和细砂,其成分以石英为主,火成岩屑、沉积岩屑和长石次之,火成岩屑主要为石英岩和片岩等,沉积岩屑主要为灰岩,分布不均匀。粒度小于0.0313 mm的组分主要为细碎屑和水云母,见泥晶方解石。

沙湾组岩心数据表明,以细砂岩、中砂岩、粗砂岩物性最好,孔隙度大于20%,渗透率大于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,多数大于 $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,因此,细—粗砂岩是本区最有利的储集体。砂岩孔隙度和渗透率随碳酸盐含量的降低而增大,影响储层物性的主要因素有:方解石的后期胶结和水敏性矿物蒙脱石含量的高低,方解石胶结、蒙脱石含量高将导致储层孔隙度减小和渗透率降低。储层含油性与物性关系(图7)显示,储层物性越好,含油气显示级别越高。孔隙度大于20%,渗透率大于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 时,油气显示级别一般在油斑以上,而且其对应岩性也为细—粗砂岩,因此,本区的有利储层应为细—粗砂岩。

排2井油层岩石成岩作用差,储层砂岩疏松,1013.40~1017.30 m油层电测解释孔隙度为26.5%,渗透率 $165.7 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,泥质含量15.9%,反映出砂岩纯、物性极好的特点,属高孔、高渗储层。

5.3 油气输导系统特征

油气运移通道是联系油源和圈闭之间的桥梁,没有运移通道,油气就不能成藏。运移通道条件包括通道类型及其输导油气的能力。油气运移通道包括具备一定孔渗条件的岩体、具有渗透能力的断裂或裂隙体系和可作为流体运移通道的不整合面,常分为断层型、输导层型、裂隙型及不整合型等4种类型^[3]。车排子地区长期发育继承性构造,处于昌吉凹陷油气运移指向区。该区的油气生储组合

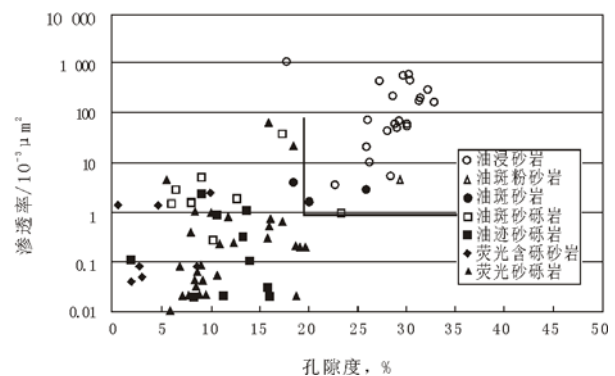


图7 储层含油性与物性关系

Fig. 7 Scatter map of petrophysical property and oil-bearing capacity

为下生上储型,油气来自昌吉凹陷和四棵树凹陷深处,侧向运移距离远。从构造条件分析,油气的运聚应该有 2 个方向:一是从卡因迪克方向越过卡北断裂带向北运移,在车排子凸起上聚集;二是沿红车断裂带向北,越过红车断裂带向西运移。车排子地区油气输导系统的组成主要是断层和不整合面。

车排子地区存在一条与红车主断裂伴生的大断裂(亦称红车断裂)^[4],为张扭性的高角度断裂,最浅断至地表,是一条主力沟源断层。另外,在表层发育众多断开沙湾组的小断层,这些小断层组合形成了表面不明显却同时起到有效作用的运移通道,在腹部地区已证实其油气运聚作用明显。

本区发育石炭系顶、侏罗系顶、白垩系顶、沙湾组顶等 4 套不整合面,这些区域不整合面从昌吉凹陷延伸到研究区西部老山区,可作为良好的油气侧向运移通道。因此,不整合横向运移通道与纵向断层运移通道组合,构成“阶梯式”输导系统^[5,6](图 8)。当油气横向运移到车排子地区时,扇三角洲沉积的新近系沙湾组 II, III 砂组砂砾岩层即可作为良好的输导层向斜坡高部位供油,从而形成排 2 井油藏。

5.4 圈闭及保存条件

岩性圈闭是在沉积过程中由于储集层横向变化或纵向沉积连续性中断而形成的圈闭,其边界多不受背斜、断块控制,其形成主要与岩性尖灭线、地层超覆线、地层不整合面、储集体的顶底面及断层面等有关^[7]。在排 2 井区,排 203、排 204 等井的失利是因为在沙湾组 I 砂组无渗透砂体,而排 201、排 202 等井的失利则是因为未钻在有效圈闭内,排

208 井也因为未钻在有效圈闭内而在沙湾组 I 砂组未见显示。因此,圈闭条件在本区沙湾组 I 砂组的勘探中至关重要。只有当砂体北缘形成弧形回拐,与地层构造等深线有效配合,或是孤立砂体,才能形成有效圈闭。

本地区沙湾组地层由东南向西北方向,埋藏深度逐渐变浅,由约 2 000 m 减到约 100~200 m。地层水自老山区由西北向东南流动,埋藏较浅的油藏受到严重氧化、生物降解作用,原油变为一类或二类普通稠油。泥岩盖层厚、侧向封堵好的油藏未受到破坏,保持原石油藏特征。对于沙湾组油藏来说, I 砂组泥岩盖层发育,易形成轻质油油藏; II, III 砂组隔层不发育,储层横向分布的差异变化可能会形成原油残留,从而造成在个别井见到显示但试油出水,如排 204 井 891.0~895.3 m 井段,测试在起管柱过程中见到少量稠油油花,酸化日产水 9.78 m³。但对于沙湾组 II, III 砂组储层,如果发育有利的构造圈闭,则可能形成有利的断块油藏。按照水动力方向,斜坡低部位的沙湾组 I 砂组圈闭是寻找油藏的有力目标。

6 成藏主控因素

成藏条件与成藏主控因素既有相似之处,又有明显不同。成藏条件是油气成藏的基础,而成藏主控因素则是成藏规律的进一步总结。两者密切相关,成为油气成藏机理研究的 2 个不同环节。

排 2 井油层为滨浅湖沉积滩坝砂体,其向湖岸方向的北部边缘与构造等深线相交即可形成有利

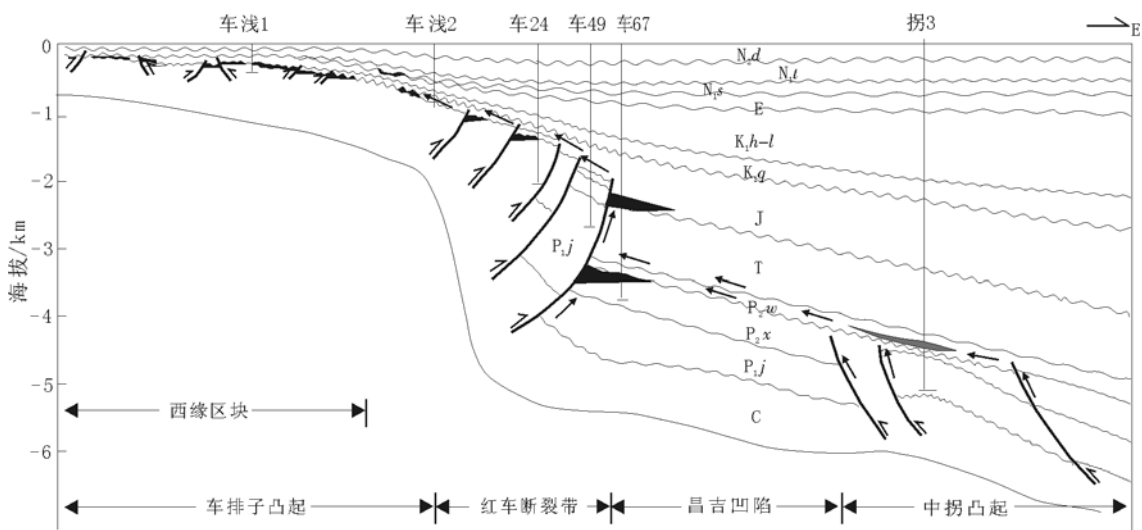


图 8 准噶尔盆地西缘车排子地区油气输导系统剖面

Fig. 8 Petroleum conducting system in Chepaizi area, the west of the Junggar Basin

的岩性圈闭,而且处在斜坡中部,构造位置有利,其上有约40 m厚的泥岩层与塔西河组底部砂岩隔开,下有12 m厚的泥岩层与沙湾Ⅱ砂组砂砾岩段相隔,因此排2井油藏具有良好的圈闭和保存条件。依据试油资料,该油层原油有效渗透率为 $112.9 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,储层测井解释渗透率 $576 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,岩心渗透率约 $2880 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。其原油有效渗透率要比莫西庄地区三工河组油层原油高出10倍左右,油层物性是确定产能高低的主控因素之一。储层物性好,属于高渗透储层,具有良好的成藏条件。排6井沙湾组油层与排602井油层均为沙湾组Ⅱ砂组底部砂层(图1),Ⅱ砂组在工区南部为扇三角洲沉积,到排6井区变为滨浅湖滩坝沉积,排6、排602井良好显示层均为大段泥岩中的砂层,具有良好的储盖组合条件。但排6井沙湾组Ⅱ砂组试油层仅厚2 m,虽然物性好但原油比重大;而排602井的目的层砂岩致密,且为稠油显示,究其原因,两口井均处在第三系斜坡最高部位,第三系底埋深小于500 m,位置更加靠近西北老山,水动力条件活跃,从而造成油层氧化严重,圈闭保存条件差。反映出保存条件的好坏是本区寻找稀油油藏的重要条件。

综合分析准噶尔盆地西缘车排子地区岩性油气藏成藏条件,并结合成功与失利钻井结果认为:车排子地区以岩性圈闭为主,具有良好的油气源条件;断层与不整合组成了良好的阶梯型复式输导系统;有利储集相带及储层物性控制了油气聚集,圈闭条件和保存条件决定了油气最终是否成藏。控制其成藏

的主控因素为储集层条件、圈闭条件及保存条件。

7 结论与认识

车排子地区以岩性圈闭为主,具有良好的油气源条件,断层与不整合组成了良好的阶梯型复式输导系统,有利储集相带及储层物性控制了油气聚集,圈闭条件和保存条件决定了油气的最终是否成藏。

在进一步集中成藏条件的基础上,认为车排子地区岩性圈闭具有三元主控的特征;储层物性和圈闭及其保存条件是本区岩性油气藏成藏的主要控制因素。

参考文献:

- 1 朱筱敏,康安,王贵文. 陆相拗陷型和断陷型湖盆层序地层样式探讨[J]. 沉积学报,2003,21(2):283~287
- 2 张厚福,方朝亮,高先志等. 北京:石油地质学[M]. 北京:石油工业出版社,1999. 161~163
- 3 王照录,王华,杨红. 含油气盆地的输导体系研究[J]. 石油与天然气地质,2000,21(2):133~135
- 4 尚尔杰,金之钧,丁文龙等. 断裂控油的物理模拟实验研究:以准噶尔盆地西北缘红车断裂为例[J]. 石油实验地质,2005,27(4):414~418
- 5 刘震,张善文,赵阳. 东营凹陷南斜坡输导体系发育特征[J]. 石油勘探与开发,2003,30(3):84~86
- 6 陈宝宁,白全明,周香翠. 陆相断陷盆地断裂系统与异常压力分布特征初探:以济阳拗陷东营凹陷为例[J]. 石油实验地质,2005,27(6):601~605
- 7 胡见义,徐树宝,刘淑萱等. 非构造油气藏[M]. 北京:石油工业出版社,1986. 220~221
- 8 陈振岩,陈永成,仇劲涛. 辽河盆地新生代断裂与油气关系[J]. 石油实验地质,2002,23(5):407~412
- 9 朱筱敏,王贵文,马力弛等. 内蒙古东部陆西凹陷中北部上侏罗统层序地层格架及体系域特征分析[J]. 古地理学报,2002,4(3):33~39
- 10 李丕龙,张善文. 断陷盆地隐蔽油气藏形成机制:以渤海湾盆地济阳拗陷为例[J]. 石油实验地质,2004,26(1):3~4
- 11 杨飞,张宏艳,陈俊生. 岩性油气藏勘探方法[J]. 石油实验地质,2007,29(1):95~98
- 12 赵澄林,朱筱敏. 沉积岩石学[M]. 第3版. 北京:石油工业出版社,2001. 1~407

(上接第376页)

- 2 沈凤,张金亮. 陆西凹陷九佛堂组储层成岩作用[J]. 石油学报,1995,16(2):23~30
- 3 查明,张卫海,朱筱敏等. 内蒙陆西凹陷层速度分析及岩性预测[J]. 石油实验地质,1995,17(1):81~88
- 4 朱筱敏,查明. 陆西凹陷上侏罗统近岸水下扇沉积特征研究[J]. 石油大学学报,1995,19(1):1~6
- 5 张一伟,张卫海,查明等. 勘探早期盆地分析与油气评价[M]. 北京:地质出版社,1998. 1~117
- 6 朱筱敏,王贵文,李滨阳等. 开鲁盆地陆西凹陷下白垩统层序地层学和油气评价[J]. 沉积学报,2002,20(4):531~536,567