

车排子凸起沙湾组油气成藏条件研究

刘 焕

(中国石化河南油田分公司勘探开发研究院,河南 南阳 473132)

摘要:准噶尔盆地车排子凸起新近系沙湾组油藏主要以岩性油藏为主,原油性质多样,有轻质油、中质油和稠油。通过对油源、古地貌、输导体系及沉积特征研究,轻质油主要来自侏罗系烃源岩,稠油来自二叠系烃源岩,中质油为混源所致;古地貌影响着油气运移方向;烃源岩供烃影响着成藏时间;厚砂及多期不整合面、断裂系统构成了输导体系;曲流河侧积砂坝是形成岩性油藏的关键因素。不同凹陷供烃的成藏模式不同;昌吉凹陷二叠系烃源岩生成的原油先形成白垩系油藏,后期在断层调整下进入沙湾组成藏,侏罗系烃源岩通过断裂体系和厚砂体运移至沙二段成藏;四棵树凹陷侏罗系烃源岩的油气输导至西南沙一段成藏。

关键词:成藏条件;成藏模式;油气输导;沙湾组;车排子凸起

中图分类号:TE122 **文献标志码:**A

Study on hydrocarbon accumulation conditions of Shawan Formation in Chepaizi Uplift

LIU Huan

(Research Institute of Exploration and Development of Henan Oilfield, Branch Company of SINOPEC, Nanyang 473132, China)

Abstract: The Neogene Shawan Formation reservoirs of Chepaizi Uplift in Junggar Basin are mainly lithologic reservoirs with various crude oil properties, including light oil, medium oil, and heavy oil. According to the study of oil source, paleogeomorphology, transport system, and sedimentary characteristics, light oil mainly comes from Jurassic source rocks, heavy oil comes from Permian source rocks, and medium oil is caused by mixed sources; Palaeogeomorphology influences the direction of oil and gas migration; hydrocarbon supply from source rocks affects the time of reservoir formation; thick sand, multi-phase unconformity and fault systems constitute the transportation system; alluvial bars on the side of the meandering river are the key factors in forming a lithologic reservoir. The hydrocarbon accumulation patterns in different sags are different; the crude oil generated from the Permian source rocks in the Changji Sag formed the Cretaceous reservoir first, and later entered the Shawan Formation reservoir under the fault adjustment; the Jurassic source rocks migrated to the second member of Shawan Formation through fault system and thick sandbody; the oil and gas of Jurassic source rock in Sikeshu Sag was transported to the first member of Shawan Formation in southwestern China.

Key words: reservoir forming conditions; hydrocarbon accumulation patterns; oil and gas transport system; Shawan Formation; Chepaizi Uplift

车排子凸起位于准噶尔盆地西北缘,为准噶尔盆地西部隆起的次一级构造单元。复杂的构造运动、多样的生排烃方式吸引了众多学者对沉积、构造以及油气成藏等多个领域开展了细致详尽的研究工作^[1-4]。自21世纪初P2井突破以来,对车排子凸起各油区(春光油田、春风油田等)沙湾组沉积体系、油源条件及输导体系进行了大量的研究,结果表明车排子凸起上沙湾组沉积体系主要为冲积扇-辫状河、辫状河-辫状河三角洲^[5-6]和冲积-河流沉积体

系^[7];油气来源主要为昌吉凹陷和四棵树凹陷;油藏类型丰富,主要以岩性油藏为主;油质好、埋深浅,具备较高的勘探开发价值^[8-9]。但目前钻探发现车排

收稿日期:2020-03-09;修回日期:2020-05-10。

作者简介:刘焕(1983—),工程师,主要从事石油地质研究工作。
E-mail: 89346359@qq.com。

基金项目:中国石化科技攻关项目“春光油田沙湾组岩性油气成藏条件及目标优选”(P15014)。

子凸起原油性质复杂,轻质油外还发现中质油、稠油,不同性质油气来源、分布规律研究还不够深入。从勘探实践出发,结合区域构造演化,对沙湾组岩性油气藏成藏主控因素进一步分析,以对今后勘探开发起到借鉴作用。

1 区域地质概况

车排子凸起位于准噶尔盆地西北缘,东以红车断裂带为界,与昌吉凹陷、中拐凸起相接,西面及西北面邻近扎伊尔山,南面为四棵树凹陷及伊林黑比尔根山^[1-6](图1),是海西运动晚期形成的三角形继承性凸起,轴向北西-南东。晚石炭世-侏罗纪为强烈隆升阶段,晚海西、印支和燕山构造运动作用下,车排子凸起以垂向隆升剥蚀为主,未沉积二叠系、三叠系,侏罗系大部分被剥蚀,只在沟谷中存在残余地层。白垩纪时开始缓慢沉降,东南部先沉降并接受沉积,整体表现为西高东低。新生代在喜马拉雅运动作用下,北天山向北逆冲并强烈隆升,车排子凸起向南掀斜,构造高点逐渐北移,沉积了较厚的沙湾组、塔西河组地层,整体表现为北高南低的构造特征。车排子凸起地层由老至新分别为石炭系、侏罗系、白垩系、古近系、新近系和第四系,其中新近系沙湾组为主力生产层系,自下而上分为沙一段、沙二段和沙三段,细分为7个砂层组,在沙一段、沙二段均发现油气藏。车排子凸起构造较为简单,总体表现为东南倾的单斜,构造圈闭相对不发育^[1-2],岩性油气藏是主要的勘探方向。

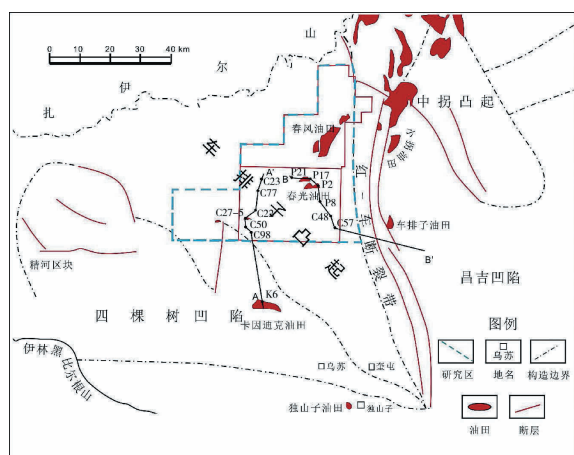


图1 车排子地区构造位置

2 油气分布特征

车排子凸起沙湾组有轻质油、中质油和稠油。轻质油主要分布在西南部沙一段 I 砂组 ($N_{1s_1 I}$)、

II 砂组 ($N_{1s_1 II}$), 东部沙二段 V 砂组 ($N_{1s_2 V}$)、VII 砂组 ($N_{1s_2 VII}$) P2-P8-CH89 井区, 主要为岩性油气藏; 中质油主要分布在中部及西北部沙一段, 主要为岩性、构造油气藏; 稠油主要分布在东北部沙一段, 主要为构造-岩性、地层油气藏(图2)。

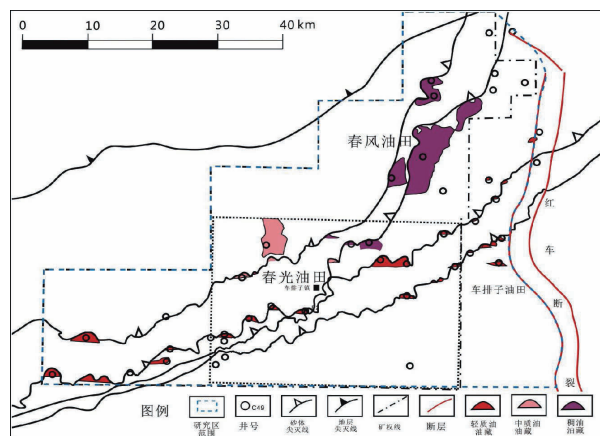


图2 车排子凸起沙湾组主要砂组油藏平面分布

3 油气成藏条件

3.1 油源及古地貌演变

油源对比表明车排子凸起不发育烃源岩, 油气来源于临近的昌吉凹陷和四棵树凹陷^[8-10]。烃源岩研究表明, 昌吉凹陷和四棵树凹陷主要发育有二叠系风城组、下乌尔禾组, 中、下侏罗统、白垩系吐谷鲁群和古近系安集海河组5套烃源岩层系。昌吉凹陷二叠系烃源岩生成的原油在白垩纪末期聚集成藏, 形成白垩系稠油油藏, 再通过断层(喜山期形成)运移(或者通过断层调整至厚砂体运移)至沙湾组一段形成稠油油藏, 由于侏罗系烃源岩生成的轻质油充注形成混源, 使油藏中降解组分较少。轻质油主要来自昌吉凹陷和四棵树凹陷侏罗系烃源岩^[13], 其特征表现为三环萘丰度低且 C_{19-21} 分布呈明显的下降型, 规则甾烷都呈“V”型或反“L”型分布, 由于混有少量白垩系烃源岩生成的原油, 造成伽马蜡烷、 C_{27} 规则甾烷丰度相对较高。中质油为侏罗系和二叠系源岩混源所致^[14]。

车排子凸起为一长期隆起型构造, 自海西期经历了多期构造运动。白垩纪时缓慢沉降, 东南部先沉降, 沉降速率 $0 \sim 25$ m/Ma, 西北部沉降速率低, 构成西高东低的古地貌格局; 后南部和东部沉降速率逐渐加快^[15], 凸起东南部形成三角形古隆起。此时凸起东部因海西-燕山期强烈隆升形成红车断裂带, 为昌吉凹陷二叠系烃源岩生成的油气向凸起长距离运移提供通道形成白垩系油藏。古近系沉积

时,沉降中心位于南部。新生代时在喜山运动作用下,凸起进一步向南掀斜呈北高南低,侏罗系烃源岩开始向凸起供烃形成白垩系-新近系油藏。

3.2 高效输导体系

高效的输导体系是车排子凸起沙湾组油气成藏的必要条件^[8-10],毯状厚砂、多期不整合面及断裂系统构成了油气长距离输导格架。

3.2.1 毯砂输导层

沙湾组一段沉积了一套“厚层毯砂”,岩性以含砾细砂岩、细砂岩为主,砂体厚度大,约10~100 m,在研究区至临近凹陷分布稳定,由于地层埋深相对较浅,成岩压实较弱。据沙湾组63块样品储层物性资料统计,平均孔隙度34.8%,渗透率 $3.567 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属特高孔、高渗储层。其中沙一段 I 砂组砂厚5~60 m(图3),东与红车断裂相接,西南与四棵树凹陷相接,是一套“高效”的油气横向输导层,为沙湾组的油气聚集提供良好的输导条件。“厚层毯砂”的高效横向输导作用是沙湾组油气富集的关键因素。

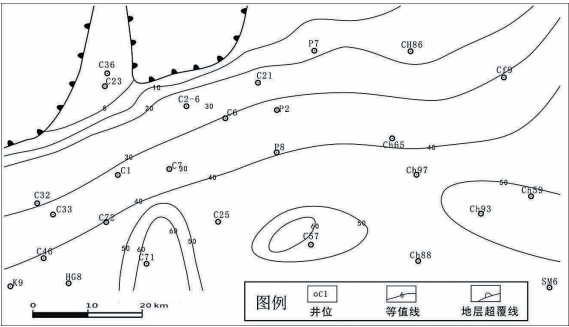


图3 车排子凸起N₁s₁ I 砂组砂岩厚度等值线图分布

3.2.2 不整合面输导层

车排子凸起上具有输导作用的4个不整合面为沙湾组底部不整合、古近系底部不整合、白垩系底部不整合和石炭系顶部不整合(图4)。不整合三层结构较为明显,不整合面之上岩石与半风化石岩渗透性好,常作为输导层。沙湾组底部不整合起输导作用的主要是不整合面之上的底砾岩,集中在厚砂层尖灭以外的西北区域。古近系底部不整合起输导作用的是不整合面之上的砂岩,厚度为0~20 m,输导能力有限。白垩系分布范围较局限,不整合面之上的砂岩不发育,输导能力不强。石炭系顶不整合起输导作用的是半风化石岩,石炭系岩性为凝灰岩,由于长期遭受剥蚀风化,在大气淡水的淋滤作用下物性有较好的改善,露头 and 钻井取心观察发现,各层系与石炭系顶部不整合接触区域都发现了油气藏,并且在石炭系顶部不整合上下油气显示丰

富。利于沙湾组油气成藏的不整合面主要有沙湾组底和石炭系顶不整合面。

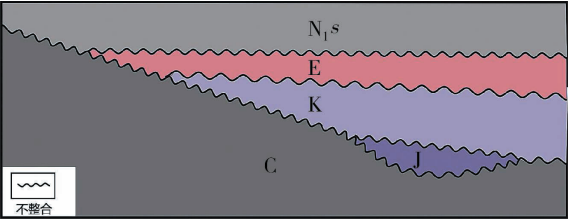


图4 车排子凸起上主要地层接触关系

3.2.3 断裂

车排子凸起经历了海西、印支、燕山以及喜山多次构造运动,形成多条断裂,这些断裂对油气成藏起重要作用,但具有重大贡献的断裂主要有红车、艾卡断裂带以及喜山期断裂体系(图1、图6)。

红车断裂带位于车排子凸起东,是分割凸起与昌吉凹陷的二级断裂,走向近南北向转东南向。红车断裂活动期开始于晚海西末,断裂分为东西两条,东断裂在海西晚期及印支期活动最强烈,至燕山中期活动停止,西断裂活动期可至新近纪以后。长期活动的红车断裂带为昌吉凹陷烃源岩向车排子地区输送油气创造了有利垂向运移通道。

艾卡断裂带位于车排子凸起南,形成于燕山运动末期。受运动影响,车排子凸起向南推覆,在卡因迪克地区形成了一系列从侏罗系断至古近系的断层。这些深部断层断距较小,大多数无法直接沟通烃源岩和圈闭,但可以使油气经断层高效垂向运移至上部输导层聚集形成油气藏。

区内发育的喜山期断裂主要有两期:喜山早期快速沉降,凸起受拉张力作用形成正断层;喜山晚期地层发生扭动变形,形成一系列基底至地面断开的张扭性正断层。喜山期形成的断裂贯穿了沙湾组一段和二段砂层,此时四棵树-昌吉凹陷侏罗系烃源岩开始大量生排烃,断层活动与烃源岩热演化形成较好的时空配置,油气垂向运移至浅层圈闭中聚集成藏;该断裂还断穿了侏罗系、白垩系,使得早期聚集的油气沿着断裂垂向运移至新近系,在沙湾组圈闭中聚集成藏。

3.3 多物源沉积体系

通过岩心观察和大量测井、分析化验及地震资料研究,车排子凸起沙湾组主要发育冲积扇-曲流河-辫状河沉积体系。沉积物源方向为西北和东北。西北物源发育冲积扇沉积,沉积范围有限;东北物源带来的碎屑沉积物经过较长距离的搬运,在中部及东南部形成大面积分布的曲流河-辫状河沉积。

5 结论

(1)车排子凸起沙湾组有轻质油、中质油和稠油,轻质油分布在西南部沙一段和东部沙二段,沙一段轻质油来自四棵树凹陷侏罗系烃源岩,沙二段轻质油来自昌吉凹陷侏罗系烃源岩;稠油主要分布在东北部沙一段,来自昌吉凹陷二叠系烃源岩,中质油分布在中部及西北部沙一段,为两者混源的岩性、构造油气藏。

(2)车排子凸起不具备生烃能力,距供烃凹陷远,毯状厚砂、多期不整合面及断裂系统构成的油气长距离输导格架是形成油藏的必要条件,东北物源形成的曲流河侧积砂坝易形成岩性圈闭,广泛分布的泥岩有效地封堵了油气。

(3)昌吉凹陷二叠系烃源岩生成的油气通过石炭系顶不整合面、断裂向凸起运移形成白垩系油藏,后期在断层调整下进入沙湾组一段形成断层-岩性、地层油藏,侏罗系烃源岩通过断裂体系和厚砂体长距离运移至凸起东形成沙二段稀油岩性油藏;四棵树凹陷侏罗系烃源岩的油气主要通过厚砂体、石炭系顶不整合面输导至凸起西南沙一段形成稀油岩性油藏。

参考文献:

- [1] 李丕龙,冯建辉,陆永潮,等.准噶尔盆地构造沉积与成藏[M].北京:地质出版社,2010:90-144.
- [2] 印森林,唐勇,胡张明,等.构造活动对冲积扇及其油气成藏的控制作用——以准噶尔盆地西北缘二叠系—三叠系冲积扇为例[J].新疆石油地质,2016,37(4):391-400.
- [3] 胡秋媛,董大伟,赵利,等.准噶尔盆地车排子凸起构造演化特征及其成因[J].石油与天然气地质,2016,37(4):556-564.
- [4] 沈扬,林会喜,赵乐强,等.准噶尔盆地西北缘超剥带油

气运聚特征与成藏模式[J].新疆石油地质,2015,36(5):505-509.

- [5] 王勇,陈丽丽,李凤勋,等.春光探区沙湾组沉积体系与油气分布特征[J].石油地质与工程,2015,29(1):8-10+13.
- [6] 叶茂松,解习农,李祥权,等.准噶尔盆地车排子凸起春光区块沙湾组沉积特征新认识[J].沉积学报,2015,33(5):951-964.
- [7] 陈轩,杨振峰,王振奇,等.大型斜坡区冲积河流体系沉积特征与岩性油气藏形成条件——以准噶尔盆地春光区块沙湾组为例[J].石油学报,2016,37(8):1-12.
- [8] 沈扬,李茂榕.准噶尔盆地车排子凸起稀、稠油反序分布成因探讨[J].石油与天然气地质,2008,29(1):66-71.
- [9] 王振奇,支东明,张昌民,等.准噶尔盆地西北缘车排子地区新近系沙湾组油源探讨[J].中国科学:D辑:地球科学,2008,38(S2):97-104.
- [10] 沈扬,贾东,赵宏亮,等.准噶尔盆地西部车排子凸起新近系沙湾组成藏体系与富集规律[J].地质通报,2010,29(4):581-587.
- [11] 张枝焕,秦黎明,李伟,等.准噶尔盆地腹部车莫古隆起南北两侧含油构造油源及烃源灶转移[J].中国地质,2009,36(4):826-836.
- [12] 王勇,陈祥,林社卿,等.准噶尔盆地西缘春光探区原油地球化学特征及油源分析[J].西安石油大学学报(自然科学版),2016,31(1):37-44.
- [13] 张枝焕,向奎,秦黎明,等.准噶尔盆地四棵树凹陷烃源岩地球化学特征及其对车排子凸起油气聚集的贡献[J].中国地质,2012,39(2):326-337.
- [14] 王勇,杨道庆,郭军参,等.春光探区油气输导体系及对成藏的控制作用[J].特种油气藏,2015,22(2):27-30.
- [15] 金鑫,陆永潮,卢林,等.准噶尔盆地车排子地区中、新生界沉降史分析[J].海洋石油,2007,27(30):51-56.

(编辑 杨芝文)