

# 河套盆地纳林湖构造带油气富集主控因素分析

刘 慧, 韩 晟, 冯娜娜, 张 洁, 王 晴, 武 函, 周然然, 吴雅威

(中国石油华北油田分公司勘探开发研究院, 河北 062552)

**摘要:**河套盆地纳林湖构造带被两条断层分割形成“两洼夹一垒”的结构特征, 目前已在古近系临河组、乌拉特组和白垩系固阳组发现了三套含油气层系。该构造带为多油源、多层系含油、多类型油藏共生的复式油气聚集, 具有较大的勘探潜力。通过分析该构造带的油气成藏条件, 结合已钻井分析, 认为近油源、晚期弱构造、晚期地层反转是该地区油气富集的主控因素。研究结果为下步勘探提供了方向。

**关键词:** 油气成藏条件; 油气富集主控因素; 纳林湖构造带; 河套盆地

**中图分类号:** TE132 **文献标志码:** A

## Analysis of main controlling factors of hydrocarbon enrichment in Nalinhu structural belt, Hetao Basin

LIU Hui, HAN Sheng, FENG Nana, ZHANG Jie, WANG Qing, WU Han, ZHOU Ranran, WU Yawei

(Exploration and Development Research Institute, PetroChina Huabei Oilfield Company, Renqiu 062552, China)

**Abstract:** The Nalinhu tectonic zone in the Hetao Basin is divided by two faults to form a structural feature of “two depressions sandwiching one base”. Three sets of oil and gas-bearing formations have been discovered in the Paleogene Linhe Formation, the Wulate Formation, and the Cretaceous Guyang Formation. This tectonic zone is a complex oil and gas accumulation with multiple oil sources, multiple oil-bearing layers, and multiple types of reservoirs coexisting, which has a large exploration potential. By analyzing the hydrocarbon formation conditions in this tectonic zone, combined with the analysis of drilled wells, it is concluded that the near oil source, late weak tectonics, and late stratigraphic inversion are the main controlling factors of hydrocarbon enrichment in this area. The results of the study provide directions for the next step of exploration.

**Key words:** hydrocarbon accumulation conditions; main controlling factors of hydrocarbon enrichment; Nalinhu structural belt; Hetao Basin

河套盆地地处华北地区内蒙古自治区中部的鄂尔多斯高原和阴山山地之间<sup>[1]</sup>, 是在伊盟古陆裂解沉降的基础上发育起来的中、新生代断陷盆地, 基底为早太古界—元古界变质岩系, 沉积盖层为白垩系、古近系、新近系、第四系, 沉积岩总厚度 3 000 ~ 16 000 m<sup>[2]</sup>。临河坳陷位于河套盆地西南部, 属于河套盆地一级构造单元, 经历多期构造演化阶段, 现今整体具有“南北分段、东西分带”的特征<sup>[3]</sup>。纳林湖构造带位于临河坳陷中南部, 构造带长 55 km, 宽 42 km, 勘探面积 3 000 km<sup>2</sup> (图 1)。该构造带勘探程度较低, 目前共有探井 5 口, 其中 3 口井已获工业油流, 展现出该区带较大的勘探潜力。但在该区带成功井和失利井共存, 也说明了该区带油气分布的复杂性, 为了进一步提高勘探成功率, 需要对

油藏进行精细分析, 总结规律, 以此指导下一步的勘探。

## 1 油气成藏条件

### 1.1 烃源岩条件

临河坳陷主要发育两套烃源岩, 包括渐新统临河组和下白垩统固阳组<sup>[4]</sup>。通过油源对比研究分析, 纳林湖目前已发现的油气均来自于临河组的生油岩。因此本次只讨论临河组的烃源岩条件。

收稿日期: 2022-06-11; 改回日期: 2022-10-11。

第一作者简介: 刘慧 (1988—), 女, 硕士, 从事地震地质综合解释。E-mail: 254300682@qq.com

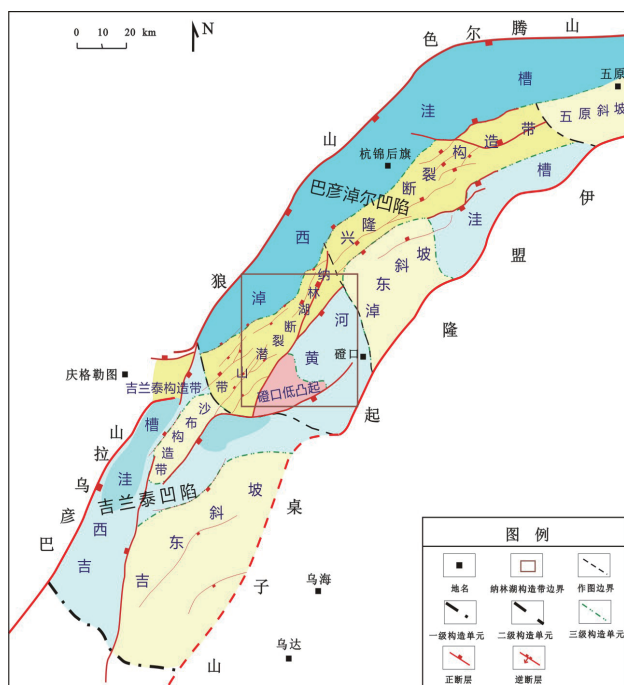


图1 河套盆地构造单元划分

渐新统临河组岩性以(深)灰色泥岩、云质泥岩和含膏泥岩为主,有机质丰度整体较高,烃源岩有机质丰度平均值约1.4%、生烃潜量平均值超过6 mg/g,总烃平均值远超0.05%,属于中—好烃源岩。目前研究认为烃源岩分布由西向东逐渐减薄,生烃中心位于西部的淖西洼槽带(图2)

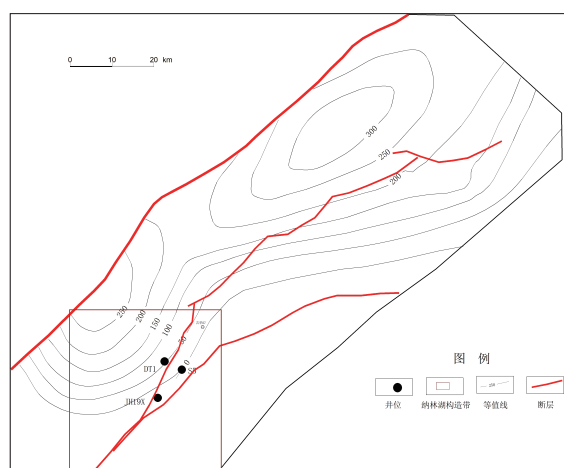
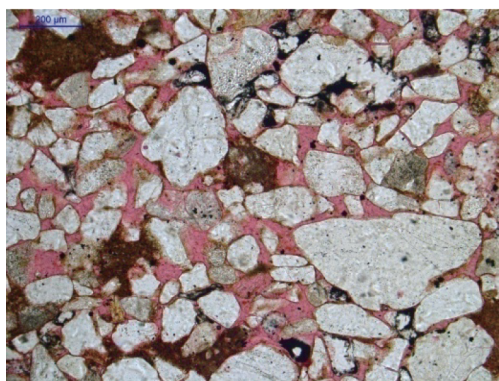


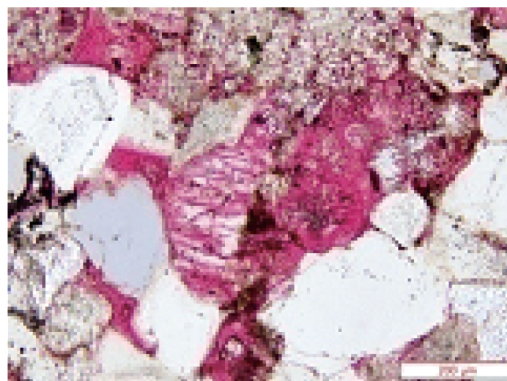
图2 纳林湖构造带渐新统烃源岩厚度分布

## 1.2 储层条件

本区主要目的层段为渐新统临河组,始新统乌拉特组以及白垩系固阳组。临河组和乌拉特组储层岩性以细粒、中粒长石石英砂岩为主,分选好—中等;孔隙类型以粒间孔为主;平均孔隙度17%,平均渗透率 $177.24 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。固阳组主要为砾岩和砂砾岩,分选差,磨圆度次棱—次圆状,平均孔隙度14%,渗透率 $31.7 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,为中孔低渗储层。镜下薄片显示,在临河组和固阳组中均保存有较大的粒间孔(图3),反映了弱压实的成岩特征,推测与该地区新近纪以来快速深埋及晚期反转抬升的埋藏过程相关。



a. S5井, 3 500 m, 长石石英砂岩



b. DT1井, 5 600 m, 长石石英砂岩

图3 岩心电镜照片

## 1.3 构造特征与圈闭类型

纳林湖构造带位于临河坳陷中部,是受北东向断层控制形成的大型正向构造,整体为北东走向,向南抬升,东西向表现为垒堑相间结构,整体构造呈“两洼夹一垒”的结构特征<sup>[5]</sup>。以纳林湖断层为界,下降盘表现为被多条断层复杂化的大型鼻状构造带;上升盘表现为受纳林湖和图布断层共同控制的断垒,平面上呈北东走向,断垒东部为断槽区,发

育一些反向断阶(图4)。该地区主要发育构造及岩性圈闭,以断块圈闭为主。

该构造带断块规模相对较小,地层整体呈现出西倾东斜的特征,有利于油气向东侧聚集。纳林湖断层两盘新近系厚度差明显大于图布断层两盘地层厚度差,反映了新近纪以来两条断层的活动速率差,前者活动强烈故可作为良好的油源断层,沟通西侧深洼陷区烃源岩;后者活动性相对较弱,可作

为有效的遮挡断层。

受走滑伸展作用影响,主断层附近普遍伴生负花状构造,其对该地区圈闭的封闭性存在不利影响。油气沿纳林湖断裂向上运移过程中,遇活动性负花状构造将使运聚动力分散减弱,故而上升盘较下降盘油藏规模相对要小。

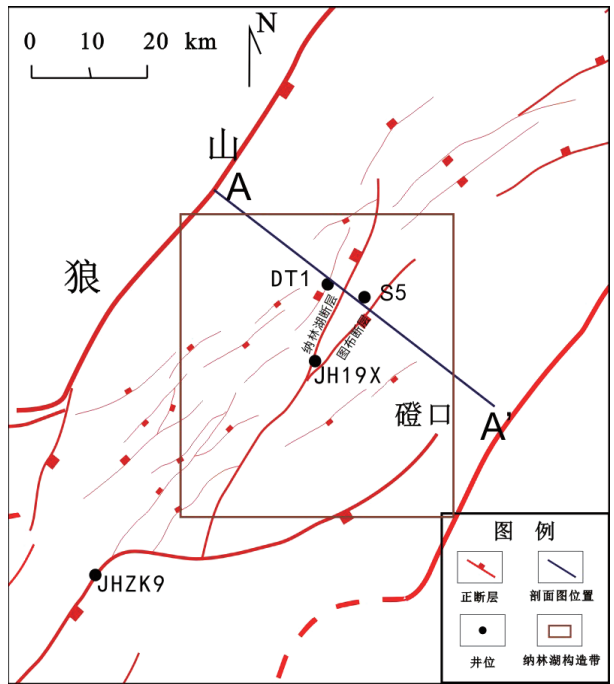


图4 纳林湖构造带断裂纲要

2 油藏类型

通过对已钻井的油源对比分析,纳林湖构造带主要有两种成藏模式:一是自生自储型,白垩系固阳组、古近系临河组烃源岩达到成熟并生烃后,优先进入邻近的砂岩储集层,邻近泥岩层段可起到一

定的阻挡作用,作为局部盖层,形成自生自储式储盖组合;二是下生上储型,纳林湖构造带晚期构造活动剧烈,来自深凹的油气可沿晚期断裂进行运移,在新近系五原组盖层条件限制下,可在古近系临河组砂岩储层内聚集成藏,形成下生上储式储盖组合(图5)。

对于自生自储型油藏,主要存在于纳林湖断层下降盘,油气沿储集层运移的动力是控制成藏的主要因素。盆地两套主力烃源岩生烃时间晚,早期油源相对不足。同时,工区断裂较为发育且活动频繁,生烃作用形成的压力受其影响难以累积。因此,从目前钻探结果来看,地层孔隙流体压力普遍表现为常压。而成藏过程具有晚期深埋晚期成藏特征,在这种情况下,成藏动力不足导致油气多就近成藏。因此,对于纳林湖下降盘的一系列圈闭而言,靠近洼槽区的圈闭才是有利的勘探方向。

对于下生上储型油藏,主要存在于纳林湖断垒带,保存条件是控制成藏的主要因素。纳林湖断层上升盘紧邻生油洼槽,纳林湖断层晚期断裂活动使得断层输导性能较强,油气优先通过断层向上运移,是油气运移的有利指向;但新近纪以来断层活动以走滑为主,垂向位移较小,表现为弱活动特征。因此,成藏期断层输导性能不佳,同时受中浅层厚层泥岩遮挡,油气垂向运移能力受限,上涌高度较小,因此油藏整体幅度较小。与此同时,受晚期断裂活动影响,断垒带上走滑改造作用较强,部分花状构造断穿白垩系,使得保存条件变差。因此,对于断垒上的小型断块油藏,断裂活动较弱,盖层厚度更大的圈闭才最有可能富集油气。

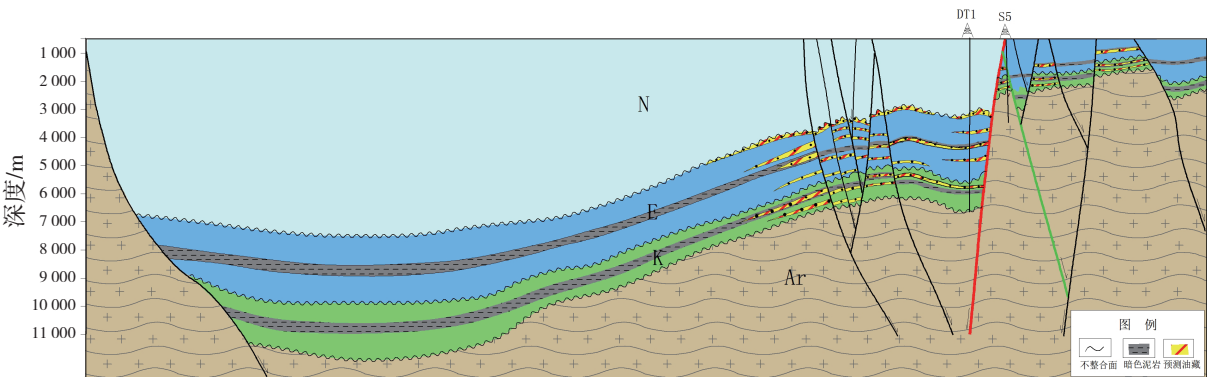


图5 纳林湖构造带油藏模式

3 典型失利井分析

由于S5井在古近系已获高产油流,说明S5断

垒带两侧断裂与深层油源沟通。在S5井南侧高部位部署了J14X井,旨在扩大油藏发现范围,然而该井未见油气显示。因此,重点对该井失利原因进行



分析。

首先,该地区地层压力主要表现为常压特征,说明烃源岩生烃过程难以累积出明显生烃增压,故而油气沿断层向上运移往往会消耗较大比例的运移动力,导致侧向充注动力相对较小。推测J14X井相对位置更高,运移动力消耗更大,同时受生烃过程差异的影响,油气进入储集层的充注动力相对较弱。

其次,断垒带渐新统湖泊相沉积砂体发育差,储层连通性不佳,不利于油气的侧向运移。同时,S5断垒带断层发育,J14X井与S5井之间很可能存在未揭示的断层将油气遮挡。

## 4 油气富集主控因素

### 4.1 源储配置关系有利于油气富集

临河坳陷经历了早拗晚断的演化过程,早白垩世烃源岩分布范围广,与砂体形成了良好的源储配置关系,是油气能够富集的关键。

对于下生上储式源储配置关系而言,以纳林湖断垒带上断块油藏最为典型,临河组储层侧向与下降盘烃源岩直接对接,有利于烃源岩直接向断垒带储集层供烃。同时,由于区域上晚期存在差异反转,使得纳林湖断垒带晚期相对位置升高,形成了有利的势差,驱使油气向边缘相厚层砂砾岩运移,并受边界断裂遮挡成藏。

对于自生自储式源储配置关系而言,以纳林湖断层下降盘较为典型。这种配置关系中,砂岩储集体直接叠置于两套优质烃源岩之上,具有“近水楼台”的成藏优势。同时,受纳林湖断层控制,形成断鼻型油藏。

### 4.2 晚期弱构造有利于油气富集

纳林湖断裂为中央断垒带主要的油源断裂之一,该断裂强烈活动期主要集中于新近纪<sup>[6]</sup>,该断裂控制的断块圈闭形成时间较晚,故S5井油藏具有边生烃边形成圈闭的特点。到第四纪,断裂活动性弱,对圈闭起到良好的封挡作用。

### 4.3 晚期反转有利于油气富集

晚期盆地局部反转程度与其油气产量存在明

显的正相关关系,油气充注过程受到了反转抬升过程的影响<sup>[6]</sup>。晚期强反转带与周围形成明显的海拔高程差,烃源岩最大埋深可达8 000 m左右,油藏基本发育在3 000~6 000 m的埋深范围内,近2 000 m高程差所产生浮力以及深部位可能存在的生烃增压为油气运移提供了充足的动力;并且晚期强反转地区断裂相对开启、砂体构造缝发育,具有良好的运移通道,有助于油气不断向高部位调整,因此认为晚期强反转有利于油气富集。

## 5 结论

(1)纳林湖构造带被纳林湖断层与图布断层分割,形成呈“两洼夹一垒”的结构特征,在纳林湖断层下降盘断鼻带及断垒复杂断块,是有利圈闭类型,在区块东部地区,还有发育岩性圈闭的可能。

(2)整个河套盆地属于晚期强断陷深埋型盆地,成岩作用较弱,纳林湖构造带从临河组到固阳组储层物性都较好,钻井揭示,5 500 m以下依然有有效储层,勘探条件有利。

(3)该区带油藏类型以自生自储、下生上储为主,良好的源储配置关系,晚期弱构造及晚期地层反转控制了油气的富集。

### 参考文献

- [1] 赵重远,郭忠铭,惠斌耀.河套弧形构造体系及其形成和演化机制[J].石油与天然气地质,1984(4):349-361.
- [2] 长庆油田石油地质志编写组.中国石油地质志:卷十二[M].北京:石油工业出版社,1992.
- [3] 赵孟为.河套盆地断裂活动的特征及其与油气的关系[J].西北大学学报:自然科学版,1988(2):85-94.
- [4] 张以明,张锐锋,王少春,等.河套盆地临河坳陷油气勘探重要发现的实践与认识[J].中国石油勘探,2019,23(5):1-11.
- [5] 付锁堂,付金华,喻建,等.河套盆地临河坳陷石油地质特征及勘探前景[J].石油勘探与开发,2018,45(5):749-761.
- [6] 沈华,刘震,史原鹏,等.河套盆地临河坳陷油气成藏过程解剖及勘探潜力分析[J].现代地质,2021,35(3):871-882.

(编辑 刘义梅)