

塔里木盆地玉北地区奥陶系鹰山组油藏 成藏特征及主控因素

谭广辉,邱华标,余腾孝,刘少杰,郝建龙

(中国石化 西北油田分公司 勘探开发研究院,新疆,乌鲁木齐 830011)

摘要:油气成藏主控因素不明是目前制约玉北地区油气勘探的主要原因。玉北1断裂带成藏特征研究表明,玉北1井区奥陶系鹰山组油藏为受不整合控制的、与碳酸盐岩古岩溶有关的岩溶-缝洞型油气藏。鹰山组碳酸盐岩发育孔隙、孔洞、裂缝3类储集空间,从而形成裂缝-溶蚀孔洞型、裂缝型、孔洞型3类储层,其中裂缝-溶蚀孔洞型储层是该区最重要的储层类型。油藏范围主要受分布不均一的岩溶缝洞储集体控制,储层非均质性极强,具有大面积叠置连片和不均匀含油特点。鹰山组油藏经历多期成藏,海西晚期为主成藏期。油气成藏主控因素研究表明,玉北地区油气聚集成藏主要受油源、储层、输导体系和盖层的综合控制。油源是该区油气成藏的基础;断裂、不整合面构成的立体输导网络,为油气运移提供了优质的运移通道;储层发育程度控制了油气藏的形成及规模;巴楚组下泥岩段、中泥岩段等区域性盖层为油气保存提供了保障。在成藏特征和成藏主控因素分析的基础上建立了“断裂通源,网状输导,储层控富,海西晚期成藏,后期调整”的玉北地区奥陶系鹰山组油气成藏模式。

关键词:成藏特征;成藏因素;奥陶系;玉北地区;塔里木盆地

中图分类号:TE122.3

文献标识码:A

Characteristics and main controlling factors of hydrocarbon accumulation in Ordovician Yingshan Formation in Yubei area, Tarim Basin

Tan Guanghui, Qiu Huabiao, Yu Tengxiao, Liu Shaojie, Hao Jianlong

(Exploration and Development Research Institute, Northwest Oilfield Branch, SINOPEC, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: Poor understanding of the main factors controlling hydrocarbon accumulation is the major constraint of petroleum exploration in Yubei area of Tarim Basin at present. The characteristics of hydrocarbon accumulation in Yubei 1 fault belt were studied. Oil reservoirs in the Ordovician Yingshan Formation in Yubei-1 wellblock are of karst-fractured vuggy type controlled by unconformity and related with paleo-karst of carbonate rocks. The reservoir spaces of the Yingshan Formation carbonates consist of pores, vugs and fractures, and the reservoirs can be divided into 3 types, namely fractured-vuggy type, fractured type and vuggy type, of which the fractured-vuggy type is the most significant in this area. The reservoir distribution is mainly controlled by the karst of carbonate rocks. The reservoirs are characterized by strong heterogeneity, vertical superimposition and lateral connection in large area, as well as uneven oil-bearing property. The Yingshan Formation reservoirs experienced multiple phases of hydrocarbon accumulation, of which the Late Hercynian was the major one. Hydrocarbon accumulation in the study area was jointly controlled by oil sources, reservoir, carrier system and cap rock. The oil sources were the foundation of hydrocarbon accumulation. The three-dimensional carrier network consisting of faults and unconformities provided high quality pathway for hydrocarbon migration. The reservoir distribution controlled the formation of the pools and their scales. Mudstone intervals in the Lower and Middle Bachu Formation provided regional seals for the preservation of oil and gas. Based on the analysis of reservoir characteristics and controlling factors of hydrocarbon accumulation, we established a hydrocarbon accumulation pattern for the Yingshan Formation reservoirs in Yubei area.

Key words: characteristics of hydrocarbon accumulation, controlling factor of hydrocarbon accumulation, Ordovician, Yubei area, Tarim Basin

目前,玉北地区是塔里木盆地麦盖提斜坡的一个热点勘探地区,其主要勘探目的层系为奥陶系鹰山组。

近年来,中石化西北油田分公司在麦盖提斜坡玉北地区奥陶系鹰山组海相碳酸盐岩勘探取得了重大突破。

收稿日期:2013-10-20;修订日期:2013-12-30。

第一作者简介:谭广辉(1983—),男,硕士、助理工程师,石油地质。E-mail:7260149@qq.com。

基金项目:中国石化科技部项目(P11084)。

前人从构造、沉积储层和油气成藏等方面对麦盖提斜坡做过大量研究工作^[1-9],但针对麦盖提斜坡东部的玉北地区而言,研究成果相对较少,而实际该区构造运动、碳酸盐岩储层发育特征以及油气成藏过程均十分复杂。本文从解剖玉北1井区鹰山组油气藏着手,分析玉北地区奥陶系鹰山组油藏油气成藏特征及成藏主控因素,探讨油气成藏过程,以期为该区下一步油气勘探提供参考依据。

1 区域地质概况

麦盖提斜坡是塔里木盆地西南坳陷东北部的一个次级构造单元,玉北地区构造位置处于麦盖提斜坡东部,主要为中石化登记的麦盖提1,2,3区块,总面积约 $1.3\times 10^4\text{ km}^2$,已发现的玉北1井区鹰山组油气藏位于麦盖提1区块玉北1断裂带。玉北地区北侧是玛扎塔格构造带,目前中石油已在该构造探明和田河气藏(C_{1b} , O_{1-2Y})和鸟山气藏(O_{1-2Y}),南侧为塔西南坳陷的叶城-和田凹陷,东以玛东断裂带为界,与塘古孜巴斯凹陷相邻。地理位置上大部位于新疆维吾尔自治区和田地区,地跨叶城、皮山、墨玉、和田、洛浦、策勒等县市,西北角跨喀什地区麦盖提县(图1)。

玉北地区整体为一个北高南低向南倾斜的斜坡,处于不同应力变形交汇部位,由于各构造带形成期次不同及构造带构造变形的差异,平面上可分为3部分,分别是西部斜坡区、中部平台区和东部断垒区。东部断垒区发育多排北东向冲断褶皱带,上部为低角度断层沿中寒

武统膏盐层滑脱逆冲,下部断层卷入基底,以直立断层和正花状构造为主;中部平台区与西部斜坡区构造变形较弱,发育断距较小、活动期较晚的北东向及北西向逆冲断裂。玉北地区整体自下而上发育震旦系、寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系、古近系、新近系和第四系,志留系、泥盆系仅在西部皮山北2井区发育,缺失中生界。目前中西部地区钻井较少,东部断垒区钻井资料较丰富,其中,玉北1断裂带已钻井10口(图1)。

2 奥陶系油藏成藏特征

2.1 油藏特征

2.1.1 储层特征

玉北1井区鹰山组碳酸盐岩储层岩性多样,包括泥晶灰岩(含泥质泥晶灰岩、砂屑泥晶灰岩、砾屑灰岩)、白云岩(泥晶/细晶白云岩、灰质粗晶白云岩、粉-中粗晶云岩)、砂屑灰岩(亮晶粉-砂砾屑灰岩、泥-亮晶砂屑含云灰岩)等三大类。其中,泥晶灰岩分布最广,所占比例最大,为78.7%;其次为白云岩,占12.8%;砂屑灰岩所占比例最小,占8.5%。

通过岩心统计、钻井放空、漏失和成像测井分析,按照储集体储集空间的几何形态、大小和成因,可将玉北1断裂带奥陶系鹰山组储层储集空间划分为3种类型:孔隙型、孔洞型和裂缝型。

孔隙型包括粒间孔与粒间溶孔、铸模孔、粒内溶孔、晶间孔与晶间溶孔(图2a,b)等多种类型。孔径一般为数微米至几百微米,是普遍分布的储集空间类型之一。

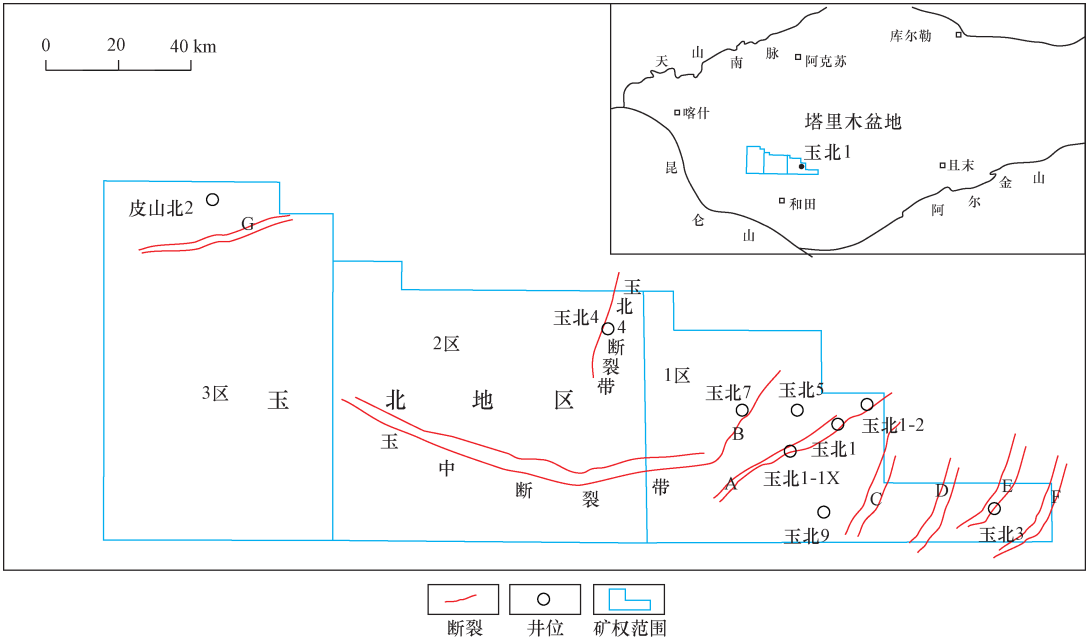


图1 塔里木盆地玉北地区玉北1井区奥陶系油藏位置

Fig. 1 Distribution map of the Ordovician reservoirs in Yubei-1 wellblock in Yubei area, Tarim Basin

A. 玉北1断裂带;B. 玉北7断裂带;C. 玉东1断裂带;D. 玉东2断裂带;E. 玉东3断裂带;F. 玉东4断裂带;G. 皮山北2南断裂带

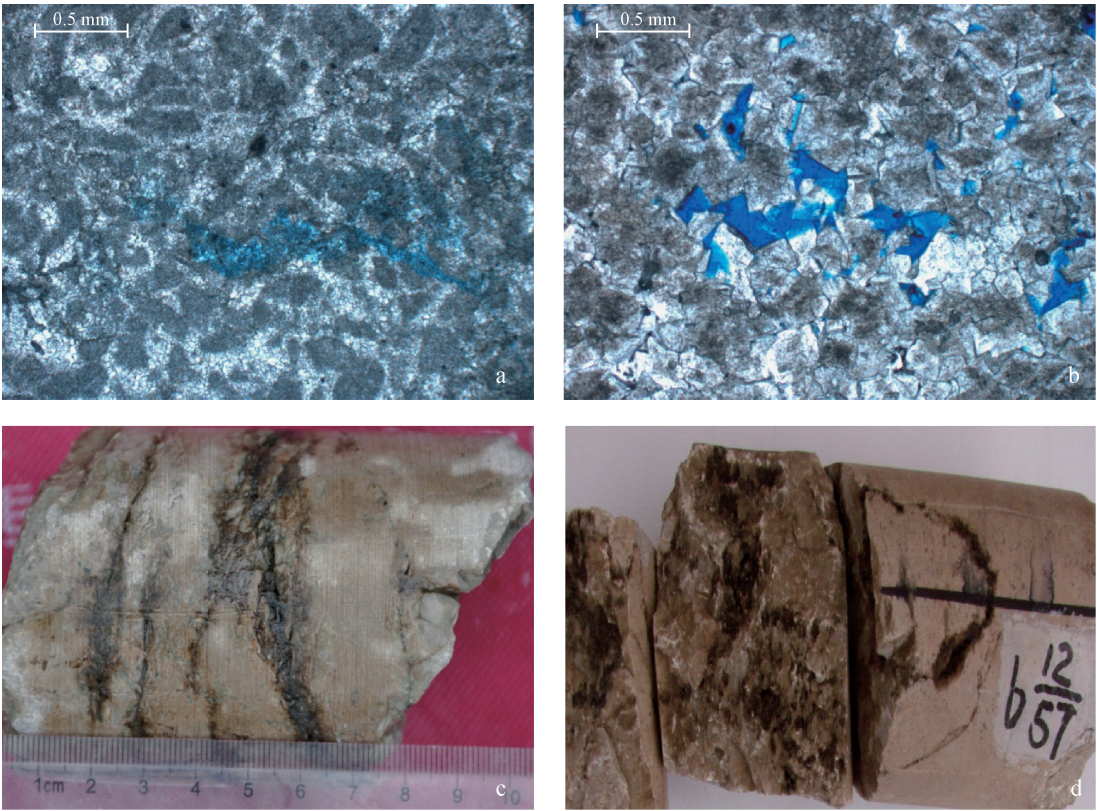


图 2 玉北地区奥陶系鹰山组储集空间类型

Fig. 2 Reservoir space types of the Ordovician reservoir in Yubei area, Tarim Basin

a. 玉北 1-2 井,微裂缝,呈浸染状,缝宽 0.06~0.18 mm,面孔率<1%,蓝色铸体;b. 玉北 1-2 井,晶间孔、晶间溶孔,面孔率 3%,蓝色铸体;c. 玉北 1 井,溶孔呈串珠状沿裂缝发育,裂缝中充填原油;d. 玉北 1 井,裂缝发育,溶孔沿裂缝发育

孔洞型可分为溶蚀孔洞和大型溶蚀洞穴两类。溶蚀孔洞在取心井段可以观察到,一般在 5~100 mm,该区玉北 1、玉北 1-1X、玉北 1-2 等多口井取心井段见溶蚀孔洞,多为方解石、泥质充填,部分被原油充填(图 2c)。溶蚀孔洞是奥陶系重要油气储集空间,并直接影响碳酸盐岩的储集性能。大型洞穴指大于 100 mm 的溶洞,它在岩心上不能完整地观察,但往往可通过成像测井、洞穴角砾岩、地下暗河沉积物、巨晶方解石充填、钻井放空、泥浆漏失、钻时明显降低等标志显现出来。例如玉北 1-2 井在 5 283.28~5 284.93 m 井段(鹰山组顶面之下 175.78~177.43 m)发生放空,累计放空 1.65 m,成像测井显示溶洞发育。

裂缝包括构造缝、溶蚀缝和成岩缝等三大类,是研究区内鹰山组储层发育规模最大、岩心中最为常见的储集空间类型。岩心观察表明,玉北 1、玉北 1-1X、玉北 1-2 等井构造缝、溶蚀缝在玉北 1 井区鹰山组储层中较为发育(图 2d),裂缝以中-小裂缝为主,早期形成的各种裂缝,多数已被方解石、泥质或沥青质不同程度的充填或半充填,后期裂缝为主要的储集空间类型,它对沟通孔隙型、孔洞型储层,改善储层储渗性能起到了较大的作用。成岩作用形成的成岩缝在玉北 1 井等井中大量见到,对储层的贡

献作用不明显。
根据储集空间类型及其组合方式,玉北 1 断裂带发育的储层类型有裂缝-溶蚀孔洞型、裂缝型、孔洞型 3 类,其中,裂缝-溶蚀孔洞型储层是玉北 1 断裂带最重要的储层类型。

2.1.2 流体性质

玉北 1 井区鹰山组油气藏中原油具有高密度、低凝固点、高初馏点、高粘度、高含蜡、中含硫的特征。地下原油密度平均约为 0.924 g/cm³,为重质原油;原油粘度为 57.17~369.28 mPa·s,平均值为 157.64 mPa·s,流动性差;原油含硫量为 0.57%~0.84%,平均为 0.73%;原油含蜡量为 0.82%~21.79%,平均值为 12.88%,总体上属于高蜡原油;凝固点均小于-22.0℃,属于低凝油;原油初馏点数值上下波动较大,分布在 71.5~187.4℃,平均值为 114.2℃,属高初馏点。

玉北 1 井区鹰山组油气藏中仅含少量气体或不含气体,表现为油藏伴生气的特征。地面天然气相对密度为 0.830~0.860 g/cm³,平均 0.848 g/cm³;地面天然气甲烷含量在 55.73%~57.94%,平均 56.98%;氮气含量为 16.14~16.73%,平均 16.39%;二氧化碳含量为 11.95~15.61%,平均 13.46%。

玉北 1 井区鹰山组油气藏中普遍存在地层水,水型为 CaCl₂ 型,地层水平均密度为 1.118 05 g/cm³,总矿化度介于 13.28 × 10⁴ ~ 16.41 × 10⁴ mg/L,氯离子含量为 89 549 mg/L。

2.1.3 温压特征

玉北 1 井区鹰山组油气藏属于常温、常压油气藏。以玉北 1-2 井为例,在 5 145 m 深度点测得的原始地层压力为 54.03 MPa,换算得到的地层压力系数为 1.07,表现为常压的特征;测得的地层温度为 134 ℃,属于正常温度特征。

2.1.4 油藏类型

根据高压物性资料分析可知,玉北 1-2 井饱和压力为 8.21 MPa,气油比为 21,地层原油体积系数为 1.104 8,地层原油密度为 0.853 9 g/cm³,气体溶解系数为 2.557 9 m³/m³/Mpa。地饱压差为 45.82 MPa,属未饱和油藏。因此,结合油气藏温压特征,玉北 1 井区油藏属于常温常压未饱和和重质油藏。

2.2 油气分布特征

通过对玉北 1 井区 8 口已完钻井的油水纵向分布特征分析,在奥陶系鹰山组顶面之下 10.68 ~ 357.68 m 的深度范围钻井均获得了不同程度的油气显示或完井试油获油气(图 3)。玉北 1 井奥陶系油气显示段累计厚度 46.06 m,顶底跨度 132.32 m,构造解释玉北 1 井潜山型构造圈闭幅度仅为 15 m;断裂带北部构造高点上的玉北 1-2 井奥陶系油气显示累计厚度 26.43 m,顶底跨度 152 m,构造解释玉北 1-

2 井区潜山型圈闭幅度最大仅为 25 m;构造带低部位的玉北 1-1X 井油气显示累计厚度 45.62 m,顶底跨度 328.72 m。玉北 1-2 井和玉北 1-1X 井油气显示海拔高差 1 100 余米,远远大于构造幅度。由此可见,玉北 1 井区奥陶系鹰山组油气藏规模不受构造控制,油藏范围主要受分布不均一的岩溶缝洞储集体控制,有效储集空间主要为构造裂缝及溶蚀孔洞,储层非均质性极强,油气富集受非均质性极强的岩溶缝洞储集体控制,储层具有大面积叠置连片和不均匀含油特点,与塔河油田油藏类型及特征相似^[10-15]。

2.3 油气成藏期

玉北地区主要表现为 3 期成藏的特征,分别为加里东晚期-海西早期、海西晚期和喜马拉雅期。其中,海西晚期为主成藏期,喜马拉雅期为油气藏的调整期。

玉北 1 井和玉北 1-1 井奥陶系鹰山组油包裹体分析显示,有发棕黄色、黄色和蓝白色荧光等 3 种类型油包裹体,这些油包裹体主要赋存于结晶方解石的裂纹中。单从油包裹体的发荧光性可确定至少有两期油包裹体形成期,一期形成发棕黄色、黄色荧光油包裹体形成时间早,另一期是发蓝白色荧光油包裹体形成时间晚。此外,取心溶孔、溶洞和裂缝见大量沥青,表明早期充注原油遭受了生物降解破坏,结合玉北地区构造演化分析,认为残留沥青为加里东晚期-海西早期充注原油降解而成。

根据与烃类包裹体伴生的含烃盐水包裹体均一温度-埋藏史法确定油气成藏期是当前应用较快捷、简便的方法^[16-19]。通过玉北 1 断裂带烃类包裹体和盐

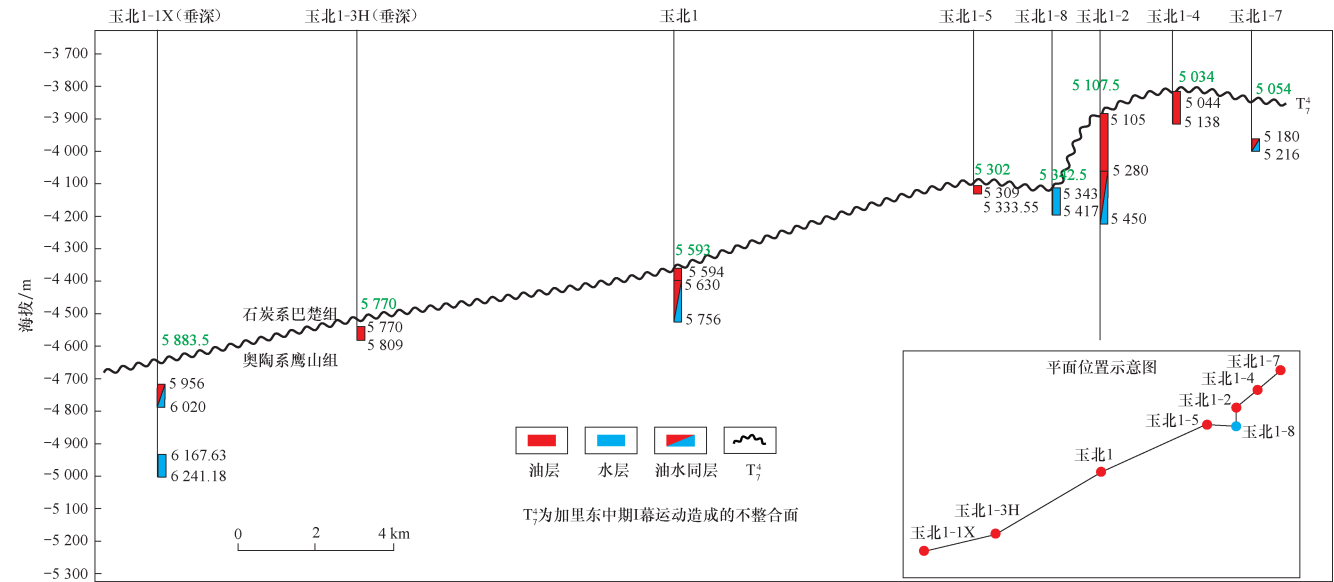


图 3 玉北 1 断裂带奥陶系油藏油水分布与海拔关系

Fig. 3 Relationship between oil/water distribution and altitude in Yubei-1 fault belt

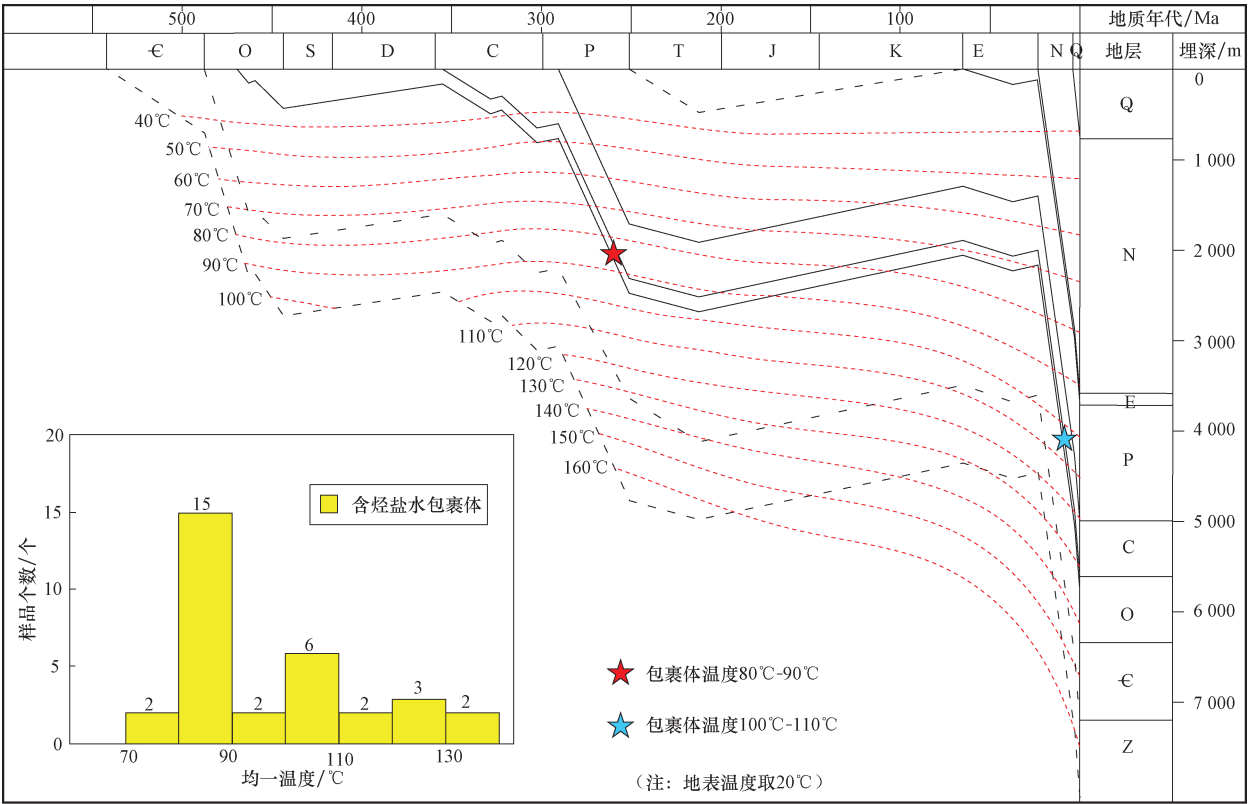


图 4 塔里木盆地玉北地区奥陶系油藏埋藏 - 热演化史与油气成藏期
Fig. 4 Burial and thermal history and oil charging time of the Ordovician reservoir in Yubei area

水包裹体的均一化温度,结合埋藏地热史分析,认为玉北地区的主成藏期为海西晚期。玉北 1 井方解石中的含烃盐水包裹体,主要集中在 80 ~ 90 °C,形成于海西晚期;较晚一期的含烃盐水包裹体集中在 100 ~ 110 °C,形成于喜马拉雅期(图 4)。

3 油气成藏主控因素及成藏模式

3.1 烃源岩条件

近年来的勘探实践与研究表明,塔里木盆地台盆区塔西南、巴楚 - 麦盖提地区主要发育下古生界寒武系 - 奥陶系、上古生界石炭烃源岩^[6,9]。油源对比结果表明,玉北 1 井、玉北 1 - 2 井原油与寒武系烃源岩有亲缘关系,油气来源于寒武系源岩层^①,与前人对塔河油田大量的烃源研究一致^[11,20]。

3.2 储层条件

玉北地区奥陶系碳酸盐岩储层主要为受和田古隆起演化背景控制的、与不整合有关的岩溶缝洞型储层,其范围受控于非均质性极强的岩溶缝洞储集体,有效储集空间主要为溶蚀孔洞及构造裂缝。

玉北地区玉北 1 断裂带鹰山组经历了加里东中期

I 幕和海西早期两期岩溶。多期岩溶储层,为油气聚集成藏提供了良好的储集空间,古地貌和断裂控制储层发育程度和规模,玉北 1 断裂带的勘探实践表明,储层相对发育区是油气运移优势通道和富集有利部位,是该区油气成藏的重要控制因素之一。

3.3 输导体系

油气运移过程中经历的所有路径网络构成其输导体系。油气运移优先选择渗透性最好、阻力最小的路径,主干通道可以是开启断裂、不整合面、孔渗性较好的连通性输导层及其组合^[21-22]。玉北地区奥陶系油藏油气输导体系可分为断裂型、不整合面型和复合型等 3 类:①断裂型,沟通深部烃源岩断裂对油气大规模运移、特别是纵向运移起着重要作用,小断层或微裂缝在岩溶缝洞体内部起连通作用并沟通不同的岩溶缝洞体;②不整合面型,加里东中期 I 幕构造运动造成的不整合面具备一定的渗透性,可作为油气大规模运移的有效通道;③复合型,断裂和不整合面相互交叉、叠置和连通,构成立体输导网络,即为复合型输导体系,它使得油气藏在空间上连片叠置、油水分布复杂。

3.4 保存条件

玉北地区发育多套泥质岩类等区域盖层,为油气

① 余腾孝. 玉北地区立体勘探项目 2012 年综合研究报告. 中国石化西北油田分公司, 2012.

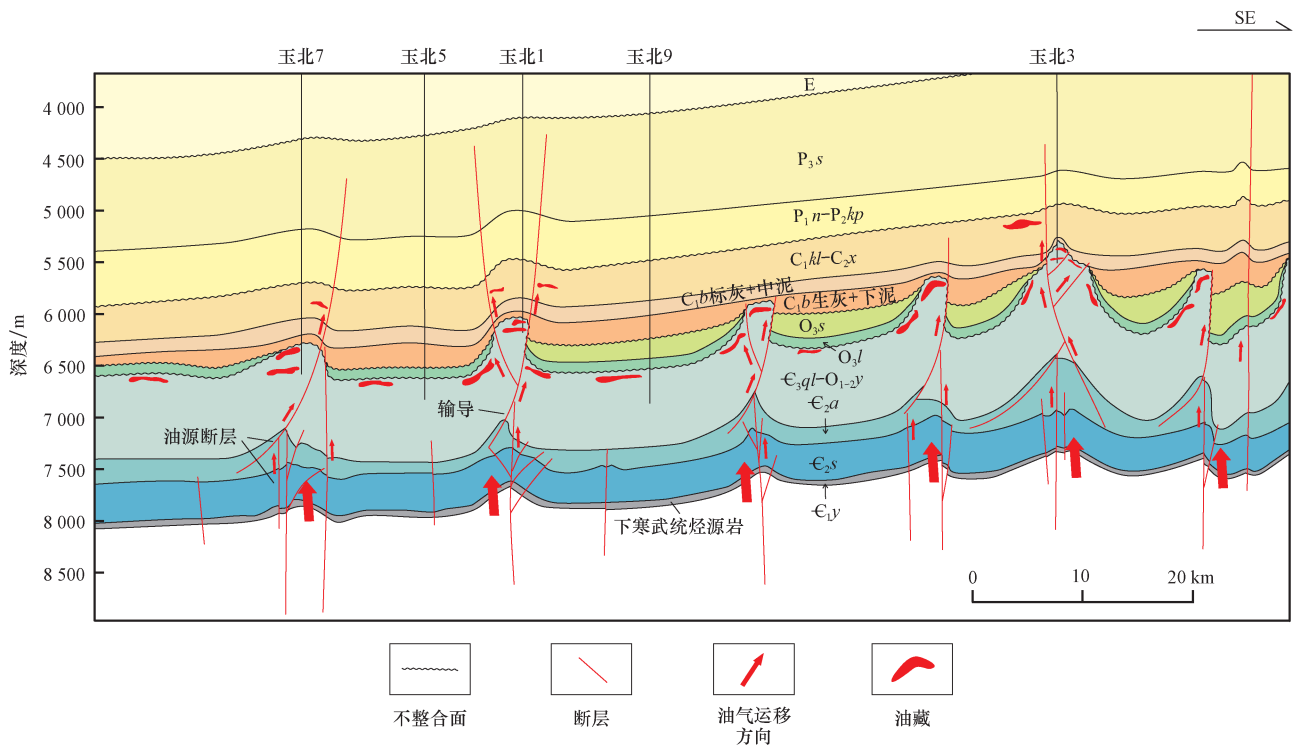


图 5 塔里木盆地玉北地区油气成藏模式

Fig. 5 Hydrocarbon accumulation pattern of Yubei area, Tarim Basin

聚集和保存提供了保障。加里东中期－海西早期，玉北地区所处的和田古隆起经历剥蚀形成岩溶储层，并经历第一期油气充注，该时期和田古隆起奥陶系岩溶型圈闭由于没有有效的封盖层，形成的油气藏主要是以遭受破坏和油气散失为主，保存条件差。海西晚期，玉北地区经历第二次大规模油气充注，石炭系广泛沉积的巴楚组下泥岩段、中泥岩段和卡拉沙依组上泥岩段成为区域性盖层，特别是巴楚组“中－下泥岩段”的厚层泥岩直接封盖在中下奥陶统顶部风化壳上，有利于油气的保存，玉北 1 断裂带的钻探证实其对油气封盖的有效性。喜马拉雅期油气藏发生调整，除早期形成的石炭系－二叠系巨厚的盖层外，古近系底部发育的优质膏泥岩盖层，对油气具有很好的保存作用。

3.5 成藏主控因素及成藏模式

玉北 1 井区在加里东中期－海西早期形成的油藏以破坏、散失为主，但有部分残余；海西晚期，既是寒武系油气大规模的充注期，也是玉北地区主要圈闭（构造、岩性圈闭）的定型期，有效的储盖组合形成，保存条件优越，为该区油气藏的主要成藏期；燕山期－喜马拉雅期，区内断裂活动弱，先期形成的油藏虽经调整但得以保存。综合分析玉北 1 井区油气成藏条件，油源是该区油气成藏的基础；断裂、不整合面构成的立体输导网络，为油气运移提供了优质的运移通道；储层发育程

度控制了油气藏的形成及规模；巴楚组下泥岩段、中泥岩段等区域性盖层为油气保存提供了保障。通过对玉北 1 井区油气成藏特征、成藏主控因素分析，建立了玉北地区奥陶系鹰山组“断裂通源，网状输导，储层控富，海西晚期成藏，后期调整”的成藏模式（图 5）。

4 结论

- 1) 玉北地区奥陶系鹰山组碳酸盐岩油藏储集空间类型包括孔隙、孔洞和裂缝 3 类，根据储集空间类型及其组合方式，发育的储层类型有裂缝－溶蚀孔洞型、裂缝型、孔洞型 3 类，其中，裂缝－溶蚀孔洞型储层是玉北地区最重要的储层类型。
- 2) 玉北 1 井区奥陶系鹰山组油藏为常温常压未饱和和重质油藏，其分布范围受与不整合控制的、与碳酸盐岩古岩溶有关的岩溶缝洞型储层控制，储层具有大面积叠置连片和不均匀含油特点。
- 3) 玉北 1 井区奥陶系鹰山组油气藏为多期成藏，主成藏期为海西晚期；该区油气成藏主要受油源、储层、输导体系和盖层的综合控制。并以此建立了玉北地区奥陶系鹰山组“断裂通源，网状输导，储层控富，海西晚期成藏，后期调整”的油气成藏模式。

参 考 文 献

[1] 云金表,周波,王书荣.塔里木盆地玉北 1 井背斜带变形特征与形成机制[J].石油与天然气地质,2013,34(2):215-219.

- Yun Jinbiao, Zhou bo, Wang Shurong. Deformation characteristics and forming mechanism of the Well Yubei 1 anticline belt in the Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2013, 34(2): 215–219.
- [2] 吕海涛, 张仲培, 邵志兵, 等. 塔里木盆地巴楚—麦盖提地区早古生代古隆起的演化及其勘探意义[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(1): 76–83.
- Lv Haitao, Zhang Zhongpei, Shao Zhibing, et al. Structural evolution and exploration significance of the Early Paleozoic palaeo uplifts in Bachu-Maigaiti area, the Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(1): 76–83.
- [3] 张仲培, 刘士林, 杨子玉, 等. 塔里木盆地麦盖提斜坡构造演化及油气地质意义[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(54): 909–919.
- Zhang Zhongpei, Liu Shilin, Yang Ziyu, et al. Tectonic evolution and its petroleum geological significances of the Maigaiti Slope, Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(54): 909–919.
- [4] 张旭光. 玉北地区碳酸盐岩储层地震响应特征研究[J]. 石油物探, 2012, 51(5): 493–501.
- Zhang Xuguang. Study on seismic response characteristics of carbonate reservoir in Yubei area[J]. Geophysical Prospecting For Petroleum, 2012, 51(5): 493–501.
- [5] 陈强路, 周凌方, 张根法, 等. 塔里木盆地巴楚—麦盖提地区油气勘探领域评价[J]. 石油实验地质, 2009, 31(4): 343–349.
- Chen Qianglu, Zhou Lingfang, Zhang Genfa, et al. Evaluation of oil and gas exploration domains in Bachu-Maigaiti area of Tarim Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2009, 31(4): 343–349.
- [6] 马红强, 王恕一, 蔺军. 塔里木盆地巴楚—麦盖提地区油气运聚与成藏[J]. 石油实验地质, 2006, 28(3): 243–248.
- Ma Hongqiang, Wang Shuyi, Lin Jun. Hydrocarbon migration and accumulation characteristics in the Bachu-Maigaiti area of the Tarim basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2006, 28(3): 243–248.
- [7] 黄泽光, 吕俊祥, 翟常博, 等. 塔里木盆地和田古隆起油气远景探讨[J]. 石油实验地质, 2003, 25(增刊): 544–547.
- Huang Zeguang, Lv Junxiang, Zhai Changbo, et al. Petroleum potential of Hetian paleo-uplift in Tarim Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2003, 25(80): 544–547.
- [8] 郭光辉, 李洪辉, 张立平, 等. 塔里木盆地麦盖提斜坡奥陶系风化壳成藏条件[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(2): 144–153.
- Wu Guanghui, Li Honghui, Zhang Liping, et al. Reservoir-forming conditions of the Ordovician weathering crust in the Maigaiti slope, Tarim Basin, NW China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2012, 39(2): 144–153.
- [9] 吕修祥, 杨海军, 白忠凯, 等. 塔里木盆地麦盖提斜坡东段油气勘探前景[J]. 石油实验地质, 2010, 32(6): 521–526.
- Lv Xiuxiang, Yang Haijun, Bai Zhongkai, et al. Hydrocarbon exploration prospects in the east section of the Maigaiti slope in the Tarim Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2010, 32(6): 521–526.
- [10] 吕海涛, 张卫彪, 张达景, 等. 塔里木盆地塔河油田奥陶系油气成藏演化过程研究[J]. 石油实验地质, 2008, 30(6): 547–556.
- Lv Haitao, Zhang Weibiao, Zhang Dajing, et al. Study of the evolution process of the Ordovician oil reservoir in the Tahe Oilfield, the Tarim Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2008, 30(6): 547–556.
- [11] 王敦则, 黎玉战, 俞仁连. 塔里木盆地塔河油田下奥陶统油藏特征及成藏条件分析[J]. 石油实验地质, 2003, 25(2): 122–128.
- Wang Dunze, Li Yuzhan, Yu Renlian. Characteristics and pool-forming conditions of the lower Ordovician reservoirs in Tahe Oilfield, the Tarim Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2003, 25(2): 122–128.
- [12] 刘静江, 刘慧荣, 谭琳, 等. 塔里木盆地轮南奥陶系古潜山油气成藏与分布[J]. 地质科学, 2004, 39(4): 532–542.
- Liu Jingjiang, Liu Huirong, Tan lin, et al. Reservoir Characteristics and distributions of the Ordovician buried hill reservoir in Lunnan, Tarim Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2004, 39(4): 532–542.
- [13] 丁勇, 彭守涛, 李会军. 塔河油田及塔北碳酸盐岩油藏特征与成藏主控因素[J]. 石油实验地质, 2011, 33(5): 488–494.
- Di Yong, Pen Shoutao, Li Huijun. Features and main controlling factors of carbonate reservoirs in Tahe Oilfield and northern Tarim Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2011, 33(5): 488–494.
- [14] 孟书翠, 朱光有, 金强, 等. 轮古西地区碳酸盐岩油藏特征与失利井研究[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2010, 32(5): 27–35.
- Meng Shucui, Zhu Guangyou, Jin Qiang, et al. The study of carbonate reservoir characteristics and failure well in west Lungu Region, Tarim Basin[J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2010, 32(5): 27–35.
- [15] 漆立新, 云露. 塔河油田奥陶系碳酸盐岩岩溶发育特征与主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(1): 1–12.
- Qi Lixin, Yun Lu. Development characteristics and main controlling factors of the Ordovician carbonate karst in Tahe Oilfield[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(1): 1–12.
- [16] 陈红汉. 油气成藏年代学研究进展[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(2): 143–150.
- Chen Honghan. Advances in geochronology of hydrocarbon accumulation[J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(2): 143–150.
- [17] 张甯, 赵瑞华, 张蒂嘉, 等. 塔中 I 号带奥陶系烃包裹体荧光特征与成藏期[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(1): 63–75.
- Zhang Nai, Zhao Ruihua, Zhang Dijia, et al. Fluorescence characteristics of the Ordovician hydrocarbon inclusions in the Tazhong I slope-break zone and the timing of hydrocarbon accumulation[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(1): 63–75.
- [18] 刑永亮, 张甯, 张宝收, 等. 塔中 26–24 井区良里塔格组储层烃包裹体特征及成藏期次[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(5): 651–658.
- Xing Yongliang, Zhang Nai, Zhang Baoshou, et al. Characteristics of hydrocarbon inclusions and the timing of the hydrocarbon accumulation in the Lianglitage Fm in Tazhong 26–24 well block[J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(5): 651–658.
- [19] 李文涛, 陈红汉. 多旋回叠合盆地油气成藏期次与成藏时期确定——以渤海湾盆地临清坳陷东部上古生界为例[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(3): 333–341.
- Li Wentao, Chen Honghan. Hydrocarbon accumulation stages and their timing in multi-cyclical superimposed basins—a case study of the Upper Paleozoic in the eastern Linqing Depression, the Bohai Bay Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(3): 333–341.
- [20] 赵靖舟. 塔里木盆地北部寒武—奥陶系海相烃源岩重新认识[J]. 沉积学报, 2001, 19(1): 117–124.
- Zhao Jingzhou. Evolution on the Cambrian-Ordovician marine source rocks from the North Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19(1): 117–124.
- [21] 张照录, 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.
- Zhang Zhaolu, Wang Hua, Yang Hong. Study on passage system of petroliferous basins[J]. Oil & Gas Geology, 2000, 21(2): 133–135.
- [22] Losh S, Eglinton L, Schoell M, et al. Vertical and lateral fluid flow related to a large growth fault, South Eugene island block 330 field, offshore Louisiana[J]. AAPG Bulletin, 1999, 83: 244–276.