

# 塔里木盆地顺北地区东西部海相油气成藏差异

漆立新, 丁 勇

中国石化 西北油田分公司, 乌鲁木齐 830011

**摘要:**塔里木盆地顺北地区东西部海相油气成藏差异明显, 自东向西油气主要表现为由富到贫, 勘探风险明显加大。通过对满加尔拗陷西缘的顺北东部和阿瓦提拗陷东缘的顺北西部油气成藏的分析, 对比海相油气成藏条件的差异性, 明确二者成藏差异的原因。以顺北 1、4、8 号断裂带东北段为代表的顺北东部近年来不断获得高产, 油气多期成藏, 油气富集特征明显; 但阿瓦提拗陷东缘的顺北西部钻探结果不理想, 表现为以早期成藏为主, 且油气成藏规模不大。顺北东西部存在烃源层分布条件、生烃演化史、烃源资源规模、成藏期及成藏模式等差异, 主要表现为东部多源多期成藏和西部单源单期成藏。顺北东部紧邻满加尔生烃拗陷区, 长期处于四源供烃条件, 属于多源多期成藏; 而顺北西部要么是本地的寒武系玉尔吐斯组烃源岩早期成藏, 要么是阿瓦提拗陷奥陶系烃源岩晚期成藏, 属于单源单期成藏。阿瓦提东缘英买力油田及近年来英西 1 井奥陶系的突破表明, 阿瓦提海相油气以海西晚期成藏为主, 喜马拉雅期成藏为辅。阿瓦提拗陷周缘烃源岩发育相对较差, 海相油气藏分布局限, 油气资源规模也有限。

**关键词:**成藏期; 成藏模式; 烃源岩; 寒武系; 奥陶系; 顺北地区; 塔里木盆地

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

## Differences in marine hydrocarbon accumulation between the eastern and western parts of Shunbei area, Tarim Basin

QI Lixin, DING Yong

Northwest Oilfield Company, SINOPEC, Urumqi, Xinjiang 830011, China

**Abstract:** From the eastern to the western part of Shunbei area in the Tarim Basin, the accumulations of marine oil and gas obviously decrease with the exploration risks significantly increasing. To find out the reason for the differences, the oil and gas accumulations in the eastern Shunbei area on the western margin of Manjiaer Depression and the western Shunbei area on the eastern margin of Awati Depression were analyzed, and the differences of accumulation conditions were discussed. In recent years, the eastern part of Shunbei oil and gas field, which is represented by the northeastern section of Shunbei No.1, 4 and 8 belts, has continuously achieved high yield with multiple stages of oil and gas accumulations and obvious oil and gas enrichment characteristics. While in the western part of Shunbei area, only early-stage accumulations with small scale were discovered. There are differences in the distribution conditions of source beds, hydrocarbon generation evolution history, source resource scale, reservoir-forming period and reservoir-forming mode between the eastern and western parts of Shunbei area, which leads to multi-source and multi-stage accumulation in the east and single-source and single-stage accumulation in the west. Adjacent to the Manjiaer hydrocarbon-generating depression, the eastern part of Shunbei area has favorable accumulation conditions such as pathways for vertical migration, targets for hydrocarbon migration of various sources, qualified cap rocks and lateral sealing, and multiple stages of hydrocarbon generation with strong intensity, resulting in multi-source and multi-stage accumulation. While in the western part of Shunbei area, there is single-source and single-stage accumulation sourced from either local Cambrian Yurtus Formation or Ordovician in the Awati Depression. Breakthroughs in Ordovician in the Yingmaili Oilfield on the eastern margin of Awati Depression and well Yingxi 1 in recent years indicate that the accumulation of marine oil and gas mainly took place in the late Hercynian period, and partially in Himalayan period. Generally speaking, the development of source rocks around the Awati Depression is relatively poorer, and the distribution of marine oil and gas as well as the scale of hydrocarbon resources are limited.

收稿日期: 2022-06-12; 修订日期: 2022-12-10。

作者简介: 漆立新 (1962—), 男, 博士, 教授级高级工程师, 从事油气勘探综合研究与部署。E-mail: qilixin2006@sina.com。

基金项目: 中国石化科技部项目“满加尔拗陷及周缘下古生界油气成藏条件与选区评价”(P20063-1)资助。

**Key words:** accumulation period; reservoir-forming mode; source rock; Cambrian; Ordovician; Shunbei area; Tarim Basin

顺北地区位于塔里木盆地顺托果勒低隆区,夹于塔北和塔中 2 大古隆起之间,奥陶系碳酸盐岩埋深超过 7 300 m,基于油源和储层问题,该区长期被勘探家视为勘探“禁区”。聚焦“烃源、储层、成藏”3 个关键地质问题认识,2015 年在顺北 1 号断裂带部署了顺北 1 井和顺北 1-1 井,取得了振奋人心的重大新发现——顺北 1-1 井获得高产工业油气流,发现了顺北油田。顺北油田是中国石化西北油田分公司在构造低部位发现的一种新的油气藏类型——“断溶体油气藏”<sup>[1]</sup>。在明确了走滑断裂具有“控储、控圈、控运、控藏、控富”特征基础上<sup>[2]</sup>,顺北走滑断裂带近年来已成为快速增储上产的主要阵地,逐步探明了顺北 1 号带、4 号带和 8 号带等(图 1),但这些断裂带表现为北油南气、东气西油、紧邻满加尔生烃坳陷油气富集的特点。基于顺北东、西部油源系统(满加尔烃源灶、阿瓦提烃源灶)存在差异以及所处的构造位置,以位于顺托果勒低隆起鞍部的顺北 5 号断裂作为分界(图 1),顺北 5 号断裂带以东为顺北东部,其紧邻满加尔坳陷。近年来勘探实践表明,顺北东、西部在成藏特征、油气富集等方面差异明显。位于顺北西部顺北 7 号、11 号断裂带的顺北 7 井、顺北 11 井等钻探结果不理想,表现为早期成藏为主,且油气成藏规模

不大。本文通过烃源层分布条件与生烃演化史、成藏期及成藏模式等研究,总结顺北东、西部油气成藏富集主控因素的差异性,为明确顺北西部勘探方向和勘探潜力评价提供依据。

### 1 顺北东部海相油气分布特征

从满加尔坳陷西缘油气藏类型及分布看,最为富集的部位是沙雅隆起,其次是顺北东北部及塔中隆起区(图 2)。前期在塔河勘探实践中,建立了沙雅“古隆起—古斜坡岩溶缝洞型复式成藏模式”,形成了多层系、多领域立体含油的勘探局面<sup>[3-5]</sup>。北部沙雅隆起含油层系主要分布在奥陶系鹰山组、一间房组,以油藏为主,除在沙雅隆起东部轮古东地区、塔河 9 区等发现奥陶系气藏外,其他地区均为油藏,且基本呈现奥陶系油藏南轻北重的油气分布特征;奥陶系油藏之上主要有石炭系、三叠系、白垩系中质—轻质油气藏及泥盆系、志留系中质—重质油气藏分布,表现为多层位立体成藏、多期成藏的特点。

塔中地区勘探实践表明,奥陶系油、气藏均有分布,主要为轻质油藏和凝析气藏,且整体具有西油东气的分布特征。

2016 年通过研究建立的顺北“超深断溶体复

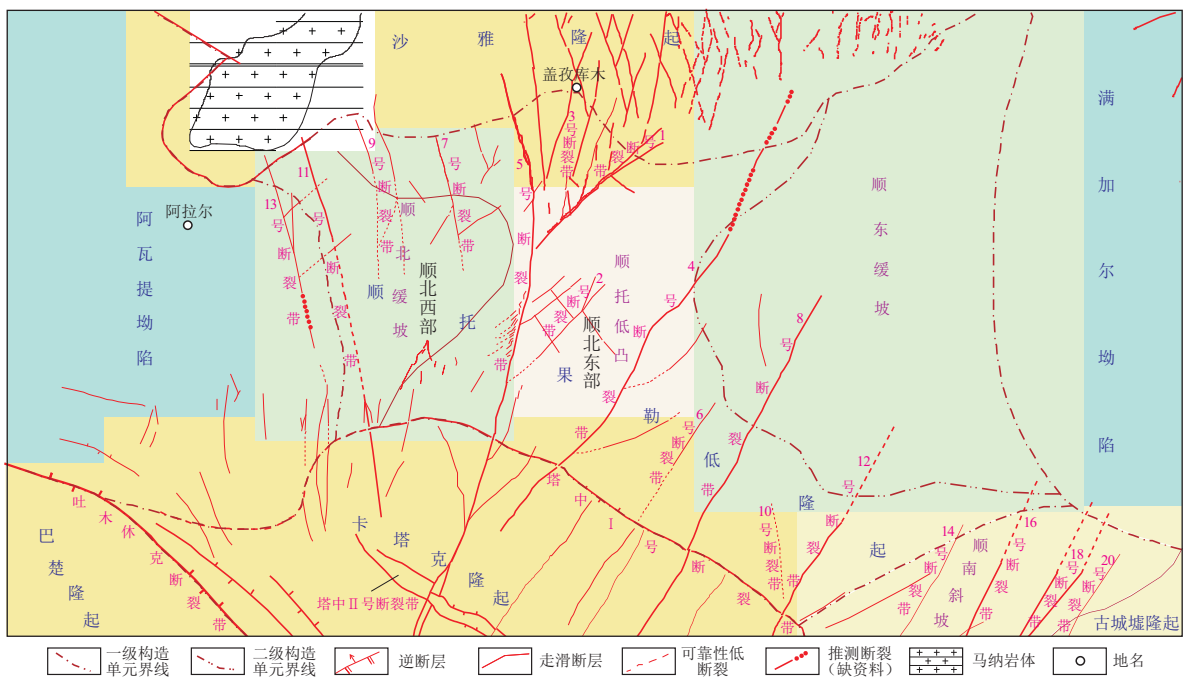


图 1 塔里木盆地研究区位置及顺北东、西部划分示意

Fig.1 Tectonic units of Tarim Basin and division between eastern and western parts of Shunbei area

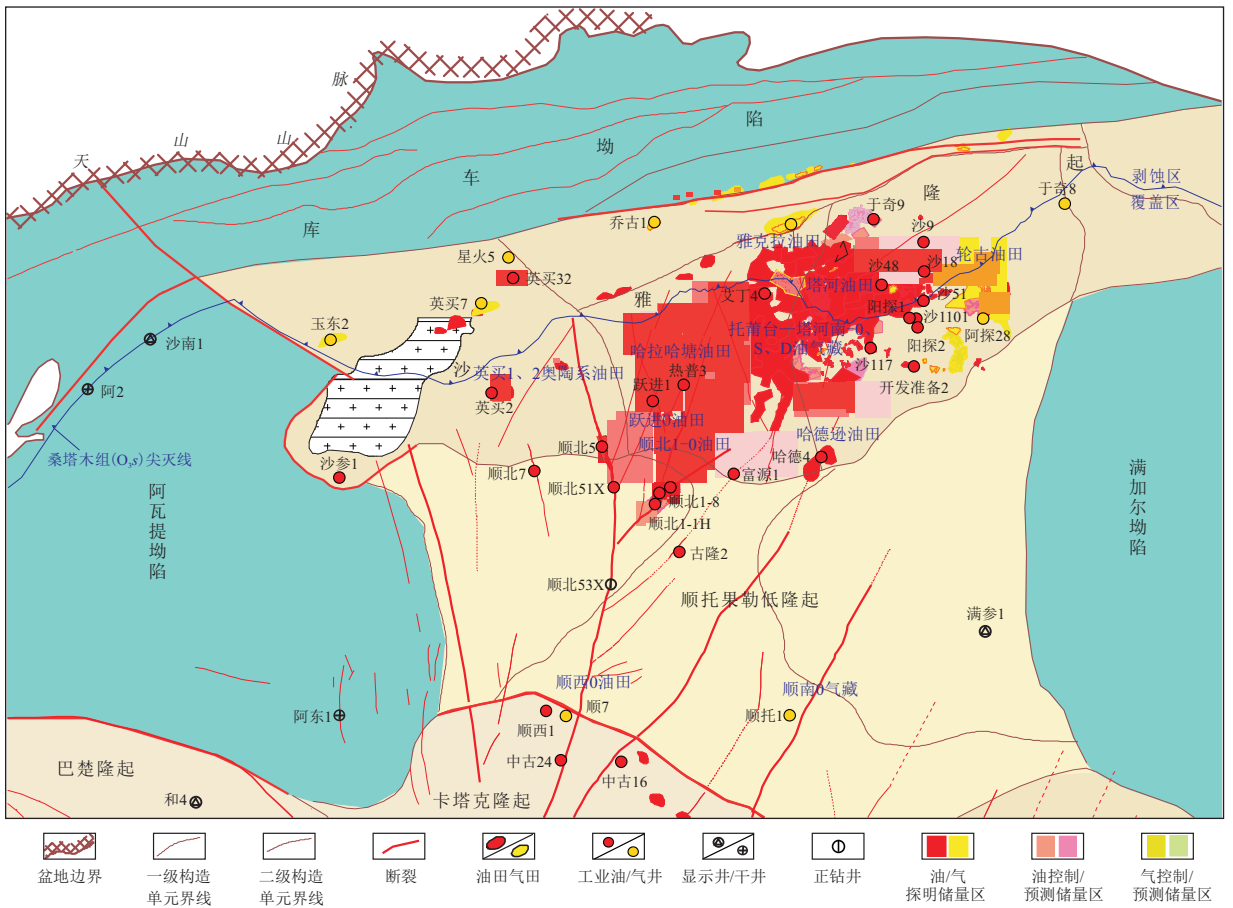


图 2 塔里木盆地阿瓦提坳陷东缘—满加尔坳陷西缘油气分布示意

Fig.2 Oil and gas distribution from eastern margin of Awati Depression to western margin of Manjiaer Depression, Tarim Basin

式成藏模式”<sup>[6]</sup>, 扩大发现了顺北奥陶系油气田。目前, 顺托果勒低隆起除顺南发现大规模干气藏外, 顺北、顺托果勒地区几乎全为轻质—挥发性油藏, 其中顺南地区和古城墟地区含油层系分别分布在奥陶系鹰山组上、下段, 顺北地区主要分布在中下奥陶统, 顺托果勒地区则主要分布在中奥陶统一间房组。顺北地区油气差异富集明显, 北东段走滑断裂带发育规模和样式控制了储层发育规模、油气

富集程度, 断裂带之间、断裂段之间、断裂纵向上存在显著非均质性; “构造转换带(倾角大)”油气相对富集(垂向输导+侧向汇聚富集)<sup>[6]</sup>。总体表现为: 顺北北东段紧邻满加尔生烃坳陷, 多套烃源侧向供烃影响范围内油气富集、成藏期多、晚期成藏强度高; 而顺北西段紧邻阿瓦提坳陷, 油气有成藏, 但不富集、不连片(图 2)。

从顺北奥陶系油气富集分布(图 3)来看, 从西

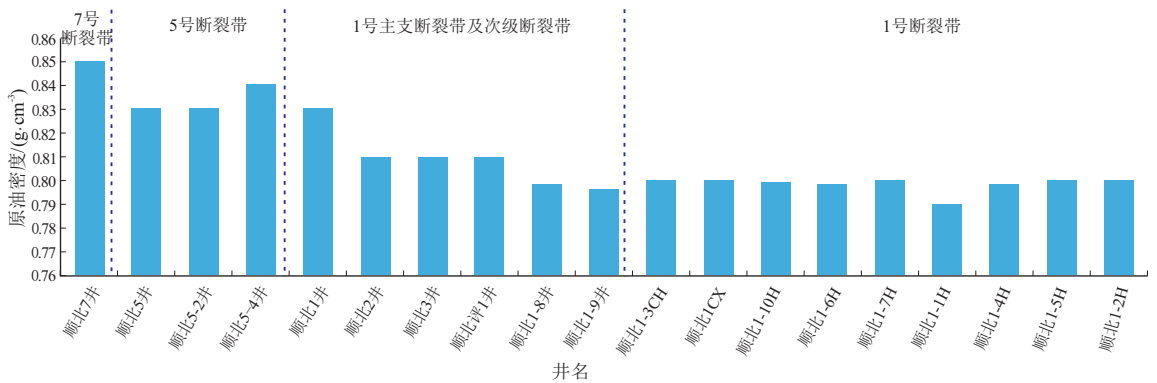


图 3 塔里木盆地顺北地区不同断裂带上的油气性质变化

Fig.3 Changes of oil and gas properties in different fault zones, Shunbei area, Tarim Basin

部的顺北 7 号断裂带到东部的顺北 1 号断裂带, 奥陶系原油从轻质油、中质油到挥发性油, 原油密度降低, 颜色变浅, 反映出晚期供烃强度存在差异, 即晚期供烃强度大的地区油气相对富集。

## 2 顺北西部海相油气分布特点

从阿瓦提坳陷油气显示与油气藏分布统计结果来看(图 2), 油气显示层位多局限在寒武系、奥陶系及志留系, 海相油气分布以古生界为主, 且主要分布在阿瓦提坳陷东北角南区。其中寒武系、志留系以沥青和稠油油斑为主, 可动油发现少。露头奥陶系灰岩内有油苗, 早期缝面上见可动油, 现今主要是干沥青, 可动油少见。

顺北西部已有油气藏成藏期分析表明<sup>[7-8]</sup>, 寒武系、志留系及奥陶系沥青和中质—重质油的主成藏期为海西晚期—印支期(图 4)。

柯坪建化厂奥陶系大湾沟组油苗沥青脉的包裹体分析表明, 存在一期烃类包裹体, 均一温度 80~90 °C, 表明成藏期较早; 英买 2 井奥陶系碳酸盐岩储层中只检测到一期包裹体, 均一化温度为 70~90 °C, 现今地层温度为 124~131 °C, 油气注入的时间为海西晚期; 乔 1 井志留系沥青砂岩及含油砂岩中自生伊利石 K/Ar 年龄测定结果为 382~416 Ma<sup>[9]</sup>, 相当于志留纪末—泥盆纪早期第一期油气充注, 油源只可能来自寒武系。

总结顺北西部环阿瓦提坳陷油气成藏, 有以下特点: (1) 阿瓦提海相油气主要分布在东北缘(南区)和西北缘(油苗和沥青); (2) 海相油气喜马拉雅期成藏条件差; (3) 阿瓦提东北缘(北区)主要是喜马拉雅期成藏的陆相油气; (4) 英买力北区海相油气主要分布在三叠系及以下层系(图 5); (5) 英买力地区南部油气来自海相(图 6)。

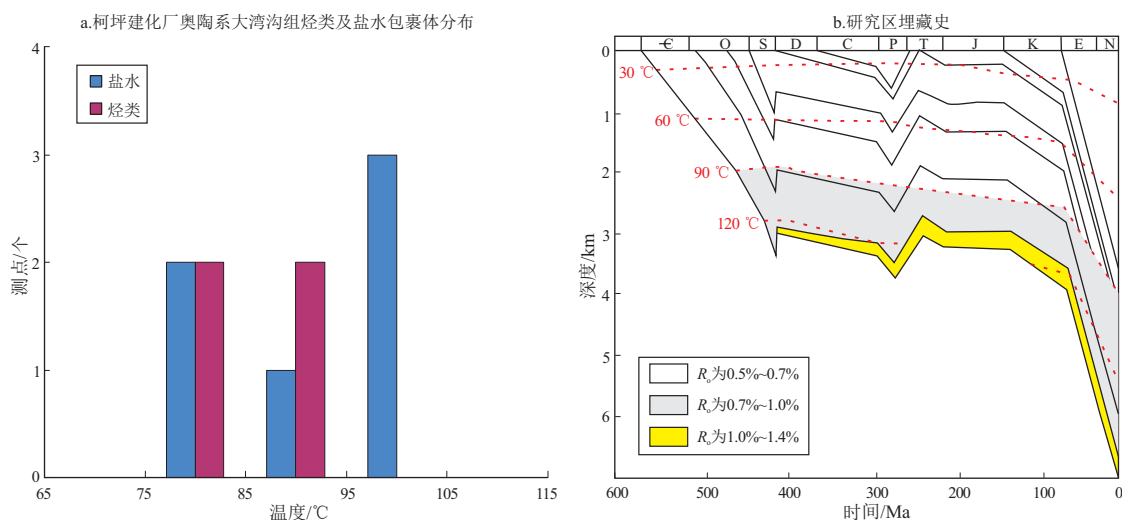


图 4 塔里木盆地顺北西部奥陶系油气成藏史

Fig.4 History of hydrocarbon accumulation in Ordovician, western Shunbei area, Tarim Basin

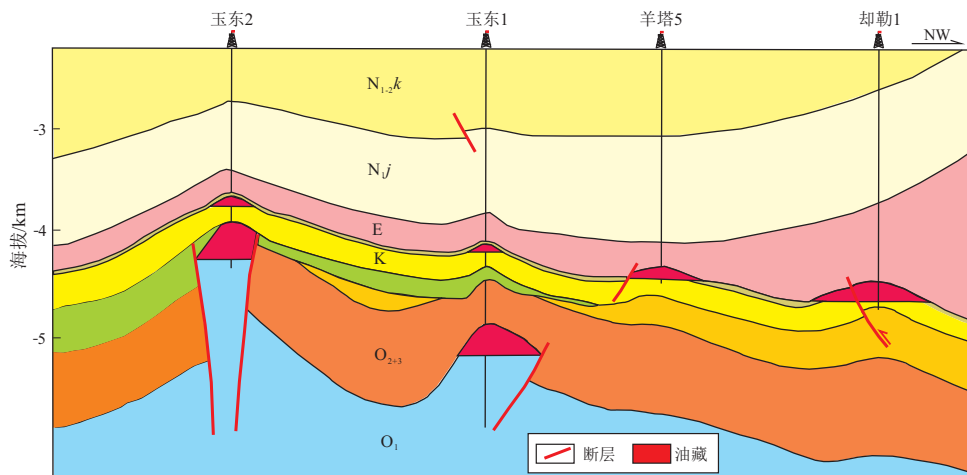


图 5 塔里木盆地英买力北区油气分布剖面

Fig.5 Profile showing oil and gas distribution in northern Yingmaili area, Tarim Basin

从图 6 原油生物标志物显示来看,三环萜烷以  $C_{23}$  为主峰,长链三环萜烷系列丰度高;重排藿烷系列贫乏,伽马蜡烷含量很低;低分子量的孕甾烷和升孕甾烷丰度高,重排甾烷含量中等,且  $14\beta(H)$ ,  $17\beta(H)$ -构型的相对丰度较  $14\alpha(H)$ ,  $17\alpha(H)$ -构型的高,  $C_{29}R$  甾烷丰度略高于  $C_{27}R$  甾烷,  $C_{28}R$  甾

烷含量很低,显示出海相烃源岩来源的典型特征,说明英买 1、2 井区奥陶系油气藏为海相成因。

### 3 顺北东西部海相油气成藏差异对比

从图 7 和图 8 可以看出,顺北东西部成藏具有以下差异:

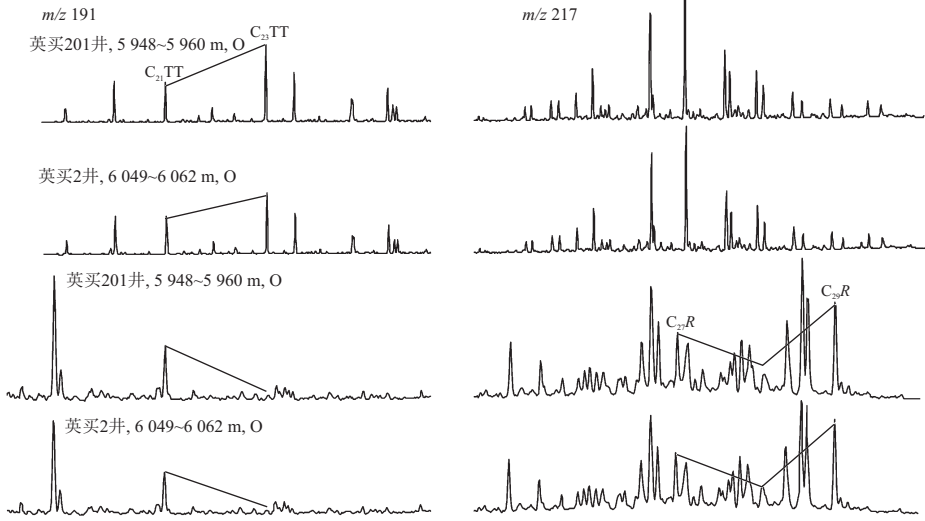


图 6 塔里木盆地英买 2 井区奥陶系油气甾、萜烷特征

Fig.6 Characteristics of steroids and terpenes of Ordovician oil and gas in Yingmai 2 well zone, Tarim Basin

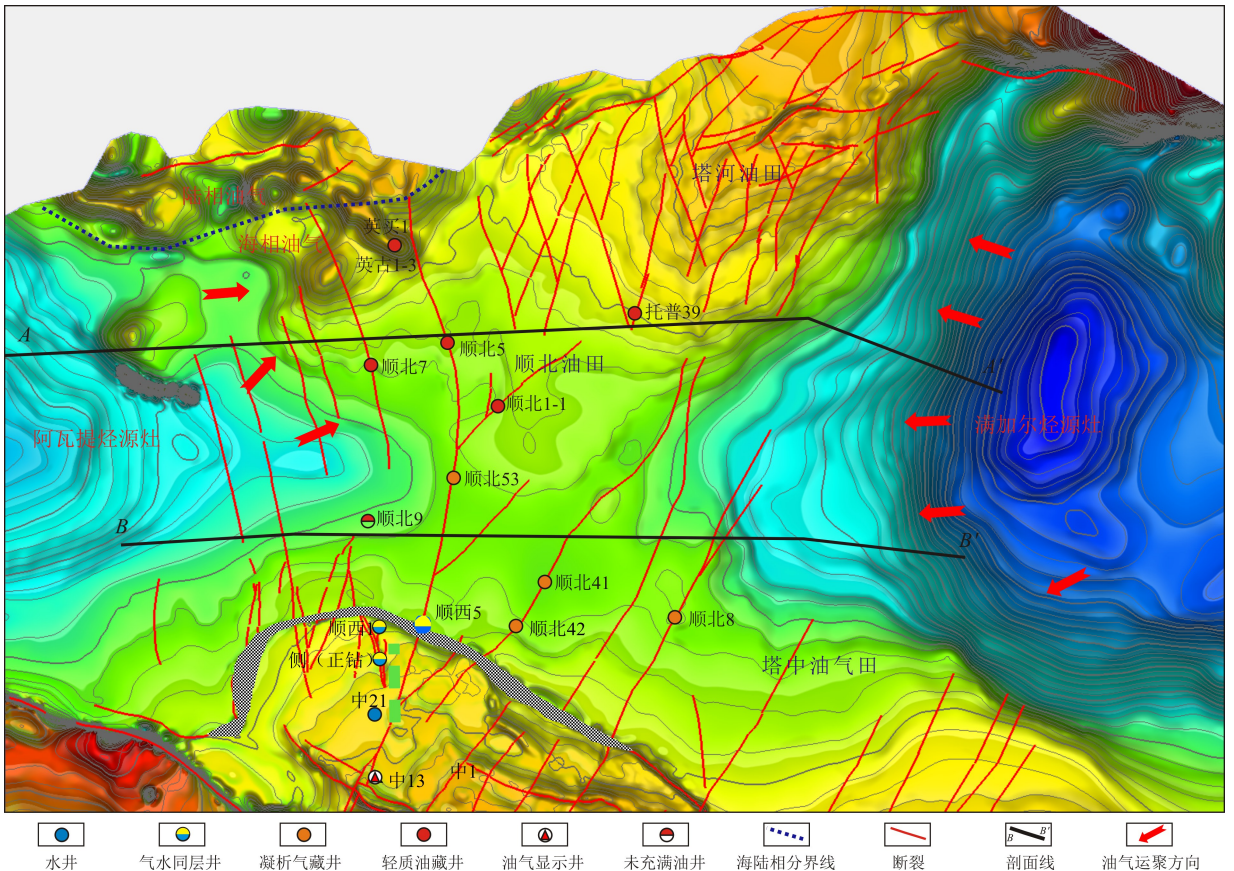


图 7 塔里木盆地阿瓦提—满加尔坳陷油气系统及油气充注示意

Fig.7 Oil and gas system and charging in Awati and Manjiaer depressions, Tarim Basin

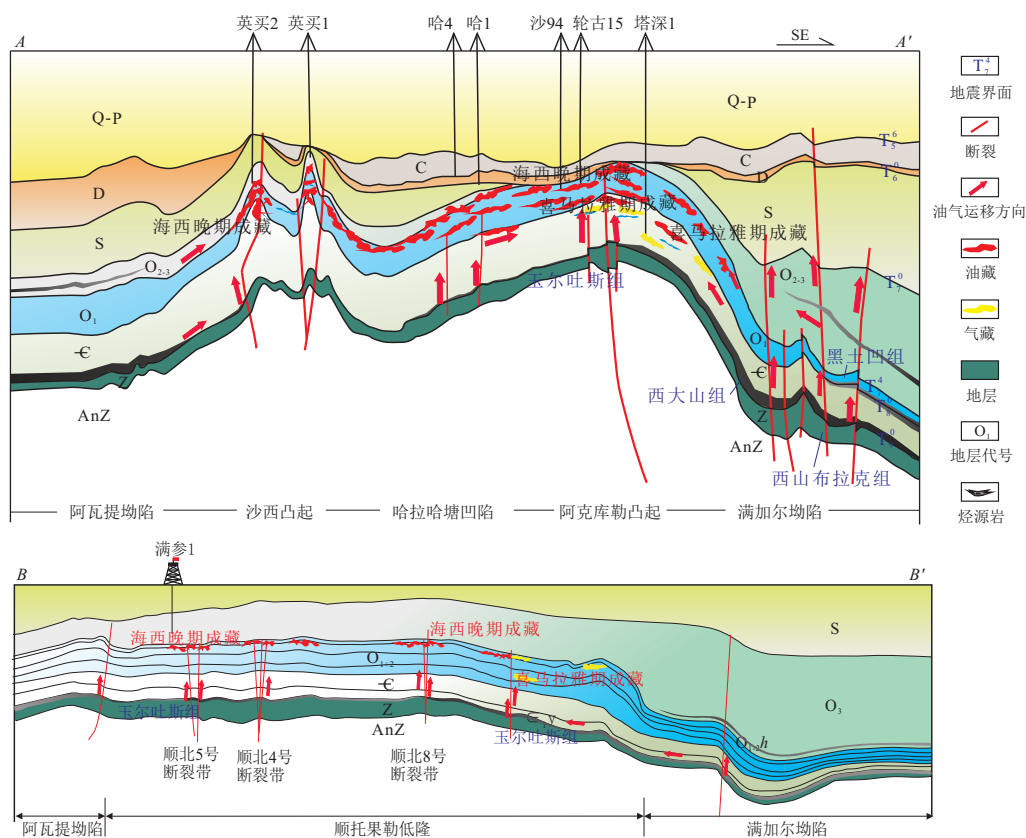


图 8 塔里木盆地顺北地区东西向大剖面  
剖面位置见图 7。

Fig.8 EW profile of Shunbei area, Tarim Basin

### 3.1 烃源系统差异

由于构造背景及烃源系统的差异, 烃源条件不同, 油气资源及成藏期也不相同, 特别是侧向供烃条件存在明显差异, 即顺北东部紧邻满加尔坳陷的 3 套优质烃源, 而顺北西部则紧邻阿瓦提坳陷的 2 套烃源 (图 7 和图 8)。

正是因为侧向供烃不同, 油气成藏模式及油气资源规模存在较大差异。前期研究表明, 满加尔坳陷多套烃源具有多期生烃、供烃条件和多期成藏特征<sup>[10-11]</sup>。沙雅隆起及顺北东北部存在多套烃源 (本地的玉尔吐斯组以及满加尔坳陷的西山布拉克组、西大山组、黑土凹组 3 套优质烃源岩) 多期成藏, 满加尔坳陷烃源灶与顺北东部地层坡度大, 侧向供烃条件好 (满加尔坳陷寒武系膏盐岩不发育, 隆起斜坡区岩溶发育), 这是该区域油气富集的主要原因。而顺北西部油源主要来自本地寒武系玉尔吐斯组烃源岩的早期成藏, 以及侧向阿瓦提坳陷分布局限的奥陶系烃源岩的晚期供烃。

### 3.2 优质烃源分布的差异

寒武系玉尔吐斯组烃源岩总体上由东往西有变薄变差的趋势 (图 9)。顺北东部油源有 4 套优质烃源岩 (垂向的本地玉尔吐斯组和侧向的满加

尔坳陷的 3 套), 良好的通源条件沟通了侧向 3 套厚度大的优质烃源岩生成的油气; 另外, 本地的玉尔吐斯组优质烃源岩在本区分布稳定。勘探实践表明, 顺北 1 号、4 号、8 号、12 号断裂带位于“四源”供烃富集部位, 长期具备“垂向输导条件优、多源汇聚指向区、顶盖侧封条件好、多期生烃强度大”的有利条件, 油气最为富集 (图 8)。

顺北西部油源只有 3 套略差的烃源岩 (垂向的本地玉尔吐斯组和侧向阿瓦提坳陷的寒武系、奥陶系), 其中, 本地的玉尔吐斯组烃源岩总体发育较差, 阿瓦提坳陷西部奥陶系萨尔干组烃源岩分布局限<sup>[12-13]</sup> (图 10), 厚度薄、烃源岩丰度总体偏低。与顺北东部的顺北 1、5 井的油气相比, 顺北西部的顺北 7 井油气不理想, 这一方面反映出该区寒武系烃源条件变差, 另一方面反映出可能有阿瓦提坳陷奥陶系差烃源岩的贡献。

### 3.3 成藏条件与成藏期的差异

从图 11 寒武系玉尔吐斯组烃源岩不同期成熟演化可以看出, 顺北东、西部烃源岩演化差异明显。西部在加里东晚期—海西早期进入生烃高峰期, 海西晚期—燕山期除最西部有所继续演化增高外, 其余地区演化基本处于“停滞”; 喜马拉雅期最西部

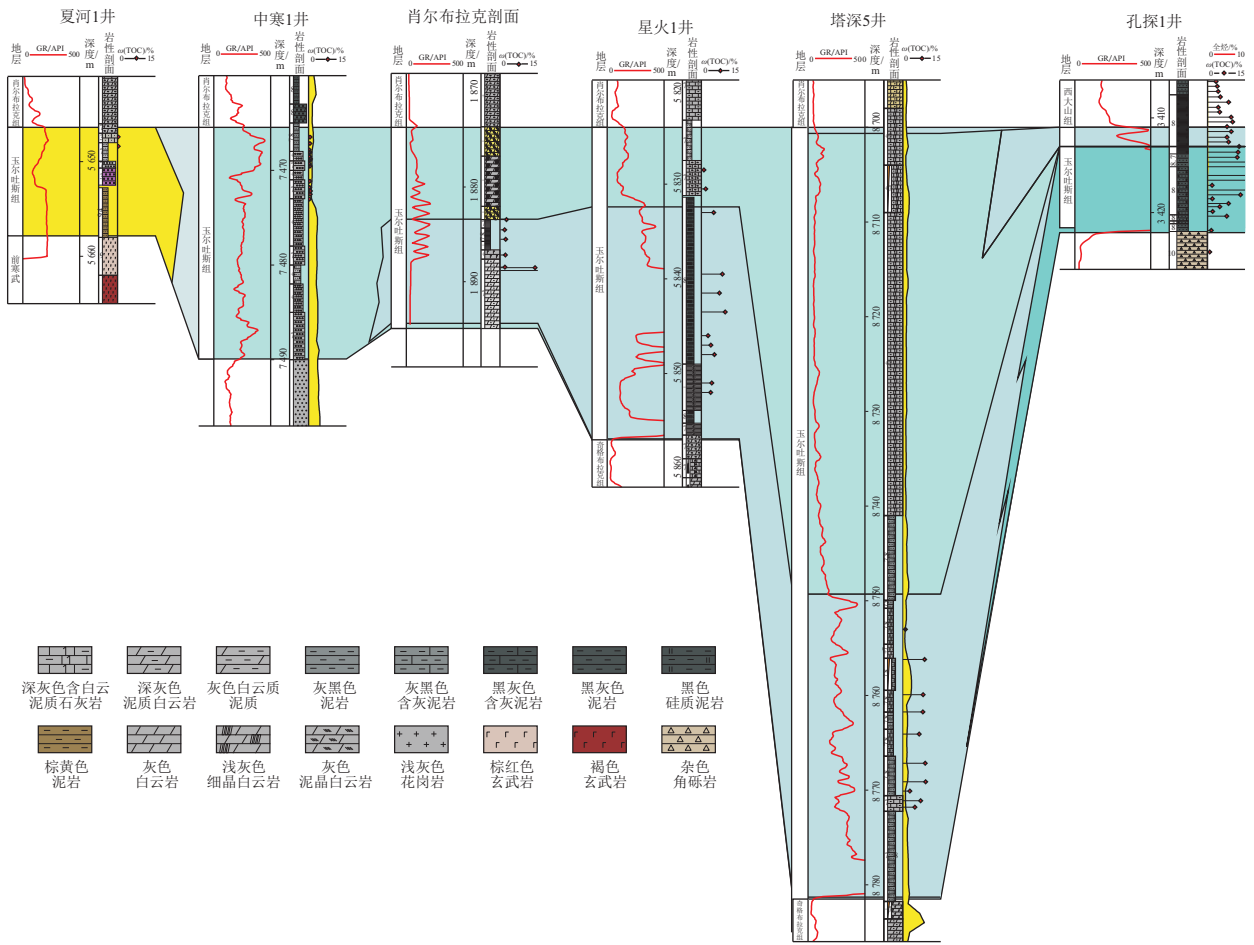


图 9 塔里木盆地寒武系玉尔吐斯组烃源岩不同相带发育对比示意

Fig.9 Development of Cambrian Yurtus source rocks in different facies zones, Tarim Basin

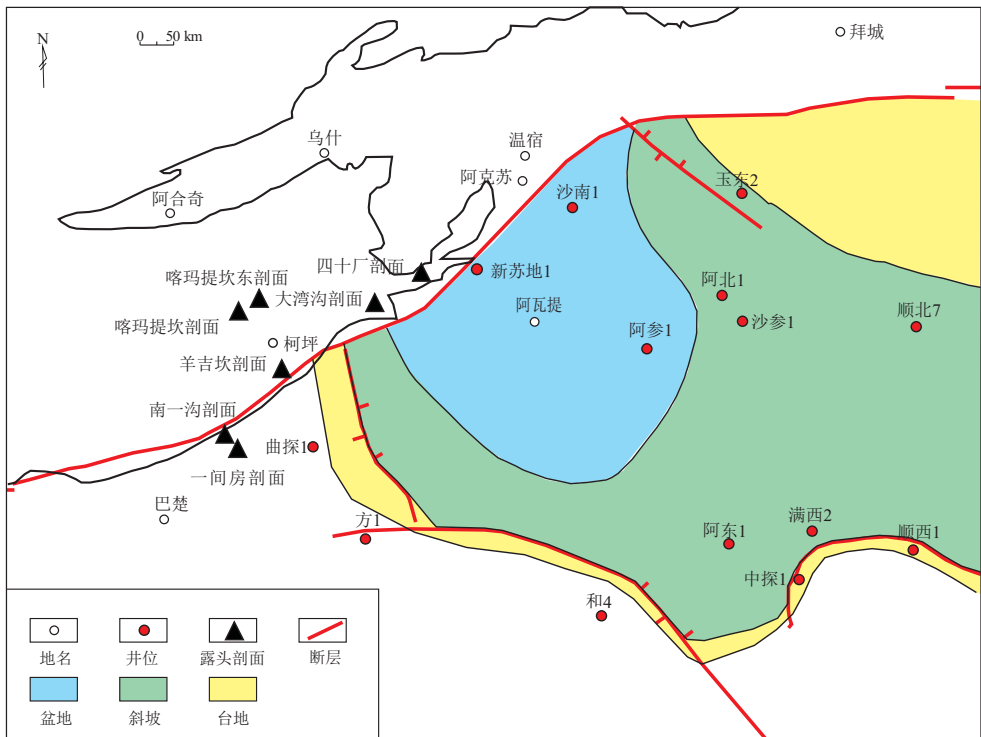


图 10 塔里木盆地阿瓦提坳陷奥陶系烃源岩相带

Fig.10 Depositional facies for Ordovician source rocks in Awati Depression, Tarim Basin

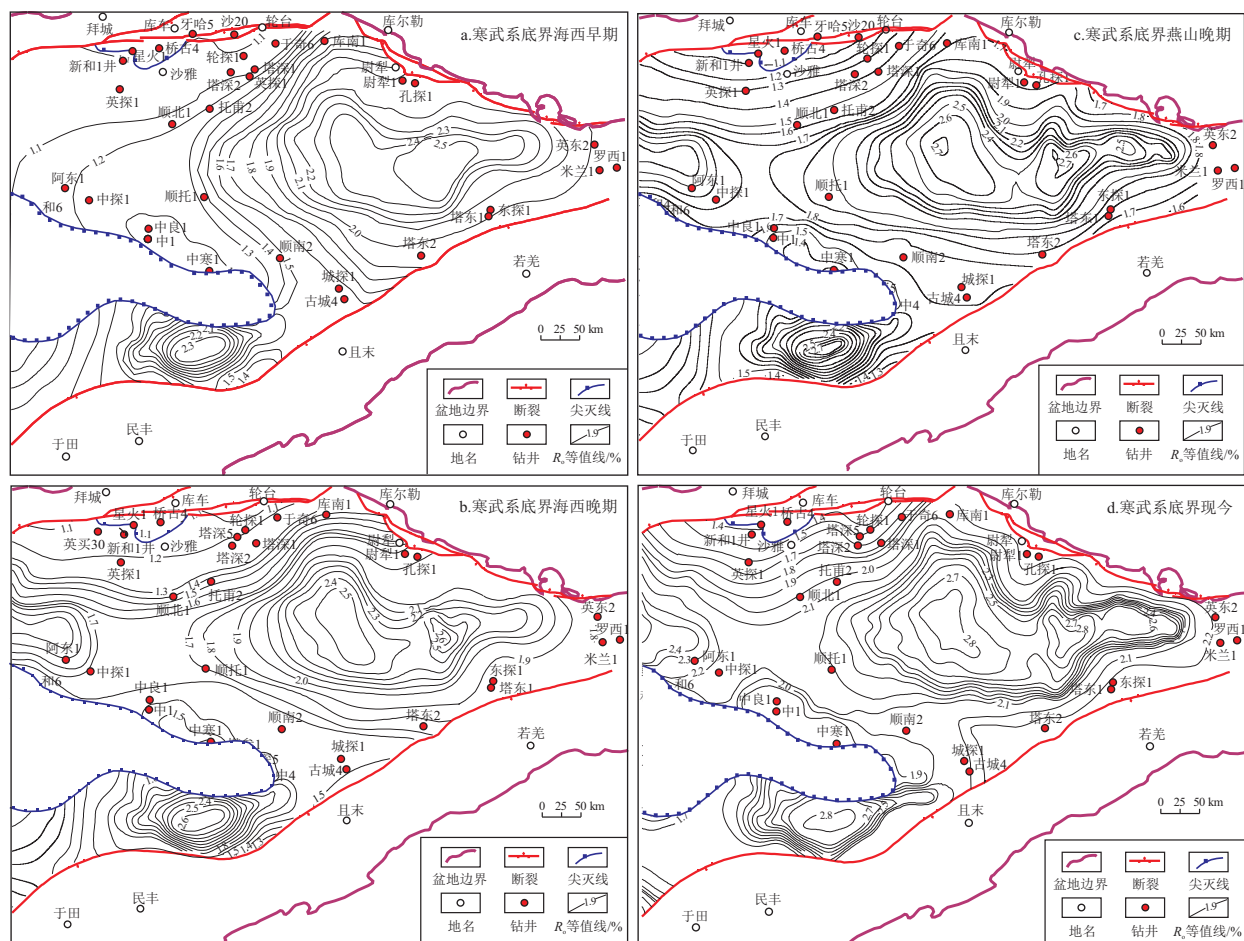


图 11 塔里木盆地寒武系玉尔吐斯组烃源岩不同期成熟演化  
Fig.11 Maturities of Cambrian Yurtus source rocks in different stages, Tarim Basin

热演化继续明显增高,而其他大部分地区基本没有生烃贡献,因此西部多期成藏不明显,主要表现为海西晚期一期成藏。东部 4 个时期在不同部位都有明显热演化程度增高,烃源有贡献,特别是燕山—喜马拉雅期热演化成藏贡献明显,这也是能形成“顺北油气藏为晚期原生油气藏,区别于塔河油田主体为残留—改造油藏”的主要原因。

顺北东部表现为“多源、多期成藏特征”,晚期成藏特征明显;顺北西部以海西晚期成藏为主,且成藏范围有限(图 11)。受马纳岩体热事件影响(图 1),海西晚期顺北西部新和 1 井区寒武系烃源岩快速演化,喜马拉雅期演化有利区主要在新和 1 井区东部有限范围。此外,顺北东、西部本地烃源垂向供烃都需要断层穿盐(寒武系膏盐岩);但顺北东部侧向供烃不需要断裂穿盐(寒武系膏盐岩缺失),而顺北西部侧向供烃必须要有断裂通源。顺北西部主要油源来自本地寒武系玉尔吐斯组烃源岩及侧向阿瓦提坳陷寒武系烃源岩的早期供烃,海西期烃源岩演化程度高,大多不具备晚期供烃条件;而阿瓦提坳陷奥陶系烃源岩分布局限,以晚期供烃

为主,即顺北西部表现为“单源单期成藏”特征。

#### 4 顺北西部勘探方向

基于顺北东、西部油气成藏富集差异可以看出,前期建立的顺北“寒武供烃、垂向输导、晚期成藏、断裂控富”的成藏模式<sup>[2, 14-18]</sup>和晚期原生型油气藏成藏理论,在顺北东、西部应用时受油气源是否充足、是否为油气侧向汇聚指向区、是否为多源多期成藏的影响,油源及油气资源规模是造成油气差异富集的根本原因。

顺北西部以原地玉尔吐斯组源岩在海西晚期垂向供烃为主,通源断裂活动与海西晚期成藏期耦合成藏。相比于顺北东部“多源、多期充注”的成藏背景,西部走滑断裂体系的通源性及充注规模和强度是制约油气富集的主要因素。顺北中西部近 NE 向单剪体系以持续张扭为主,多期活动,现今应力与断裂走向一致;顺北西部的西北区存在多期热演化生烃过程(至少 2 期),且靠近奥陶系烃源,寒武系烃源条件变好,因此该区应该是西部油气最富集的区带。



## 5 结论

油源是单源还是多源关系到油气资源规模,多期成藏有利指向区还是单期成藏指向区涉及成藏模式与成藏富集油气前景。因此勘探首先关注的是烃源灶及有效烃源岩油气资源规模,特别是主成藏期有效供烃烃源的分布与成藏模式。顺北东部多源、多期有效烃源供烃指向成藏区是勘探的首选目标区;顺北西部单源有效烃源生排烃指向区也是优选目标。

### 参考文献:

- [1] 漆立新.塔里木盆地顺北超深断溶体油藏特征与启示[J].中国石油勘探,2020,25(1):102-111.  
QI Lixin.Characteristics and inspiration of ultra-deep fault-karst reservoir in the Shunbei area of the Tarim Basin[J].China Petroleum Exploration,2020,25(1):102-111.
- [2] 云露.顺北地区奥陶系超深断溶体油气成藏条件[J].新疆石油地质,2021,42(2):136-142.  
YUN Lu.Hydrocarbon accumulation of ultra-deep Ordovician fault-karst reservoirs in Shunbei area[J].Xinjiang Petroleum Geology, 2021,42(2):136-142.
- [3] 顾忆,黄继文,马红强.塔河油区油气分布特点及其控制因素[J].中国西部油气地质,2006,2(1):19-25.  
GU Yi,HUANG Jiwen,MA Hongqiang.Petroleum distribution and controlling factors in the Tahe Oilfield[J].West China Petroleum Geosciences,2006,2(1):19-25.
- [4] 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.  
DING Yong,PENG 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.
- [5] 冯常茂,毛小平,李相明.塔河油田复式油气藏成藏模式探讨[J].石油天然气学报,2007,29(3):178-181.  
FENG Changmao,MAO Xiaoping,LI Xiangming.Reservoir forming pattern of complicate reservoirs in Tahe Oilfield[J].Journal of Petroleum and Natural Gas,2007,29(3):178-181.
- [6] 焦方正.塔里木盆地顺北特深碳酸盐岩断溶体油气藏发现意义与前景[J].石油与天然气地质,2018,39(2):207-216.  
JIAO Fangzheng.Significance and prospect of ultra-deep carbonate fault-karst reservoirs in Shunbei area,Tarim Basin[J].Oil & Gas Geology,2018,39(2):207-216.
- [7] 崔海峰,郑多明,李得滋.英买力地区碳酸盐岩内幕油气藏特征及勘探方向[J].石油地球物理勘探,2010,45(S1):196-201.  
CUI Haifeng,ZHENG Duoming,LI Dezi.Reservoir characteristics and exploration trend for carbonate inner reservoir in Yingmali area[J].Oil Geophysical Prospecting,2010,45(S1):196-201.
- [8] 成华勇.塔北西段油气地球化学特征及油气源精细对比[D].北京:中国石油大学(北京),2016.  
CHENG Huayong.Geochemical characteristics of petroleum and source rock contrast in the west of Tabei[D].Beijing:China University of Petroleum(Beijing),2016.
- [9] 张有瑜,罗修泉.英买力沥青砂岩自生伊利石 K-Ar 测年与成藏年代[J].石油勘探与开发,2011,38(2):203-210.  
ZHANG Youyu,LUO Xiuquan.K-Ar dating of authigenic illites and the hydrocarbon accumulation history of the Silurian bituminous sandstone reservoirs in the Yingmali area,Tarim Basin[J].Petroleum Exploration and Development,2011,38(2):203-210.
- [10] 丁勇,晏银华,顾忆,等.塔里木盆地塔河油田成藏史与成藏机制[J].新疆石油地质,2001,22(6):478-479.  
DING Yong,YAN Yinhua,GU Yi,et al.The reservoir-formed history and mechanism of Tahe Oilfield in Tarim Basin[J].Xinjiang Petroleum Geology,2001,22(6):478-479.
- [11] 陈红汉,吴悠,丰勇,等.塔河油田奥陶系油气成藏期次及年代学[J].石油与天然气地质,2014,35(6):806-819.  
CHEN Honghan,WU You,FENG Yong,et al.Timing and chronology of hydrocarbon charging in the Ordovician of Tahe oilfield,Tarim Basin,NW China[J].Oil & Gas Geology,2014,35(6):806-819.
- [12] 高志勇,张水昌,李建军,等.塔里木盆地西部中上奥陶统萨干页岩与印干页岩的空间展布与沉积环境[J].古地理学报,2010,12(5):599-608.  
GAO Zhiyong,ZHANG Shuichang,LI Jianjun,et al.Distribution and sedimentary environments of Salgan and Yingan shales of the Middle-Upper Ordovician in western Tarim Basin[J].Journal of Palaeogeography,2010,12(5):599-608.
- [13] 乔锦琪,刘洛夫,申宝剑,等.塔里木盆地奥陶系页岩气形成条件及有利区带预测[J].新疆石油地质,2016,37(4):409-416.  
QIAO Jinqi,LIU Luofu,SHEN Baojian,et al.Formation of Ordovician shale gas and prediction of favorable zones in Tarim Basin[J].Xinjiang Petroleum Geology,2016,37(4):409-416.
- [14] 胡文革.塔里木盆地顺北地区不同断裂带油气充注能力表征研究与实践[J].石油与天然气地质,2022,43(3):528-541.  
HU Wenge.Study and practice of characterizing hydrocarbon charging capacity of different fault zones,Shunbei area,Tarim Basin[J].Oil & Gas Geology,2022,43(3):528-541.
- [15] 谷草,云露,朱秀香,等.塔里木盆地顺北油田油气来源研究[J].石油实验地质,2020,42(2):248-254.  
GU Rong,YUN Lu,ZHU Xiuxiang,et al.Oil and gas sources in Shunbei Oilfield,Tarim Basin[J].Petroleum Geology & Experiment,2020,42(2):248-254.
- [16] 何向阳,滨怀玉.塔里木盆地北部地区油气富集规律及成藏模型[J].石油与天然气地质,1992,13(3):303-313.  
HE Xiangyang,YAN Huaiyu.Enriching regularity and pool-forming model of hydrocarbon in North Tarim region[J].Oil & Gas Geology,1992,13(3):303-313.
- [17] 毛庆言,祝道平,吕海涛,等.塔里木盆地塔北地区油气富集规律[J].内蒙古石油化工,2014(5):145-148.  
MAO Qingyan,ZHU Daoping,LY Haitao,et al.Hydrocarbon enrichment rule in northern Tarim Basin[J].Inner Mongolia Petrochemical Industry,2014(5):145-148.
- [18] 马永生,黎茂稳,蔡勋育,等.中国海相深层油气富集机理与勘探开发:研究现状、关键技术瓶颈与基础科学问题[J].石油与天然气地质,2020,41(4):655-672.  
MA Yongsheng,LI Maowen,CAI Xunyu,et al.Mechanisms and exploitation of deep marine petroleum accumulations in China: advances, technological bottlenecks and basic scientific problems[J].Oil & Gas Geology,2020,41(4):655-672.