

于奇地区中生界油气成藏条件及聚集规律

廖志勇, 康仁东, 曹远志

(中国石化西北油田分公司, 乌鲁木齐 830011)

摘要:以塔里木盆地北部于奇地区为例, 综合利用基础地质、地球物理、地球化学、测井等手段, 分析研究区内油气成藏条件及成藏模式。于奇地区成藏具有东、西及中分带的特点, 油气成藏规律东西差异较为明显; 结合已发现油气藏的解剖数据, 提出了于奇地区中生界油气富集的控制因素, 预测了于奇地区的有利勘探区, 为下一步油气勘探提供依据。

关键词:成藏条件; 成藏模式; 中生界; 于奇地区; 塔里木盆地

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

Reservoir formation conditions and accumulation laws in Mesozoic in Yuqi area

Liao Zhiyong, Kang Rendong, Cao Yuanzhi

(SINOPEC Northwest Company, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: Taking the Yuqi area in the northern Tarim Basin as an example, with fundamental geology, physical geography, geochemistry and logging data, the paper analyzed petroleum accumulation condition and reservoir model in the study area. Reservoirs can be divided into east, west and central blocks in the Yuqi area, showing significant difference between east block and west block in reservoir formation. Associated with the history data of this petroleum reservoir, some controlling factors of petroleum accumulation were proposed and the favorable exploration area of Yuqi areas was forecasted. The results can provide evidences for further petroleum exploration.

Key words: accumulation condition; reservoir model; Mesozoic; Yuqi area; Tarim Basin

近年来, 于奇地区油气勘探获得突破性进展, 相继在 X14 井白垩系、X15 井三叠系获得工业油气流, 展示了该区良好的勘探局面。该区整体钻探程度相对较低; 针对三叠系、白垩系喜马拉雅期成藏^[1]研究工作相对薄弱。受区域构造“跷跷板”运动和断裂输导体系控制, 研究区经历了比较复杂的油气成藏过程。由于油气成藏条件的特殊性和复杂性, 制约该区油气勘探的难题依然存在。通过对中生界油气成藏条件、油气成藏模式、油气成藏规律进行探讨, 以期在圈闭目标落实的基础上, 结合油气成藏规律的认识, 优选有利的钻探目标, 望能扩大于奇地区中生界碎屑岩油气勘探潜力。

1 地质背景

于奇地区位于新疆维吾尔自治区轮台县和库车县境内, 构造上位于塔里木盆地北部沙雅隆起中段阿克库勒凸起北部, 西邻哈拉哈塘凹陷, 东接草湖凹陷, 北与雅克拉断凸相接, 南邻塔河油区主体^[2], 面积约 2 350 km²(图 1)。于奇地区中生界

发育三叠系下统柯吐尔组、中统阿克库勒组、上统哈拉哈塘组, 侏罗系下统, 白垩系下统卡普沙良群、巴什基奇克组, 受燕山早期和燕山晚期运动影响, 缺失中、上侏罗统和上白垩统。已有研究表明, 于奇中三维工区处于阿克库勒凸起北部构造高部位, 奥陶系受加里东中期、海西早期、海西晚期多期古岩溶作用的改造, 岩溶缝洞发育^[3]; 中生界碎屑岩发育北东向雁列式断裂带, 沿断裂带分布有白垩系、三叠系构造、岩性圈闭。该地区为南部、东部海相油气和北部陆相油气的运移指向区, 油气供给充足, 在该区及周边已发现了多个油气田(藏)。

2 成藏条件

2.1 烃源岩条件

塔河油田及哈得逊油田的油气主要来源于其南部满加尔坳陷区寒武—奥陶系烃源岩, 以斜坡、盆地相暗色富含有机质泥岩、泥灰岩为主。于奇地区处于阿克库勒凸起北部, 是南部和东部草湖凹陷油气运移的指向区, 区域构造条件优越。同时, 三

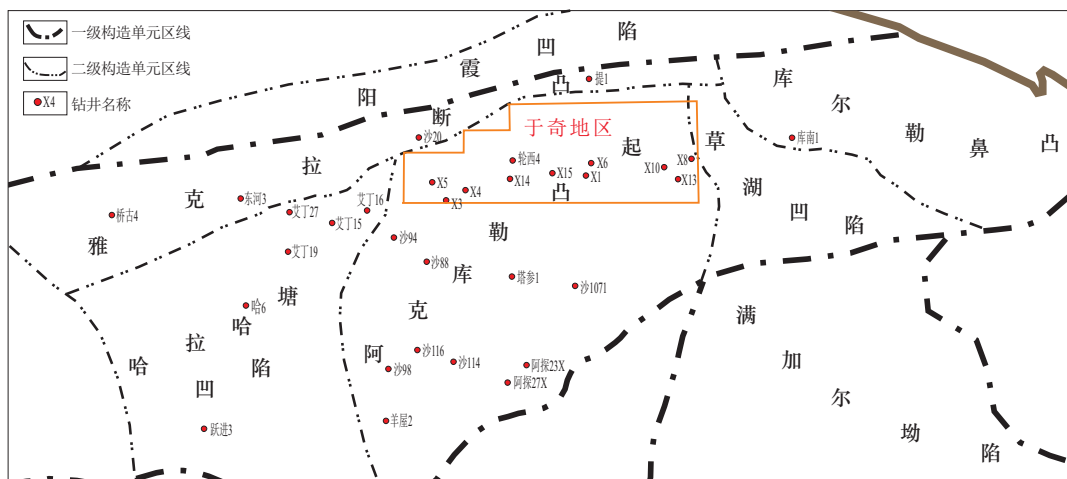


图 1 于奇地区构造位置

Fig.1 Tectonic location of Yuqi area

叠系及其上地层向南抬升,是库车坳陷侏罗系、三叠系陆相油气的指向区,LX1井白垩系原油的异构烷烃 Pr/Ph 值为 1.61,反映出具有成熟度较高的陆相油特征。X5、X9井原油与主体区奥陶系原油特征基本相同,为超重油、严重生物降解;X3井 T_3h 原油为成熟重油,成熟度和物性与塔河主体部位三叠系原油相似;X4井 T_3h 原油为过成熟轻质油,与塔河油田石炭系原油类似,反映出具有成熟度较高的海相油特征。

2.2 储层特征

研究区内储集层 570 个砂岩样品进行砂岩分类三角图分析(图 2),三叠系砂岩主要为中-细粒长石石英砂岩、长石岩屑砂岩和石英砂岩,岩屑长石砂岩和岩屑砂岩次之。碎屑颗粒分选中-好,磨圆以次棱、次圆为主,棱角状次之。填隙物以黏土杂基、方解石为主,胶结物为灰质、泥质,含量 5%~3%。颗粒支撑,孔隙式胶结。镜下观察见燧石等变质石英,长石多被风化,并见大量蚀变云母和火山岩岩屑,反映了一种急速沉降的活动构造单元,和较快堆积的沉积环境特征。较多碎屑来源可能与二叠系陆相喷发火山岩有关。三叠系各组样点分布相对较分散,物源母岩较复杂,反映多个物源的特点。

白垩系砂岩类型主要包括含长石石英砂岩、长石砂岩和岩屑长石砂岩,长石岩屑砂岩和含岩屑石英砂岩次之,很少发育石英砂岩和岩屑砂岩(图 3)。总的来说,白垩系砂岩岩屑含量降低,砂岩成分成熟度和结构成熟度较好,反映了较长距离搬运和相对稳定的沉积特征,白垩系样点分布相对较集中,物源母岩区较稳定。

研究区位于阿克库勒凸起的北部,是塔河油田

向北的外延,发育白垩系亚格列木组、舒善河组;三叠系上、中、下油组及哈二段等多套砂体储层。三叠系砂体储层规模大,横向变化较快,3个油组的储层物性均为中孔、中低渗储层,哈二段为中低孔、低渗储层。研究区与塔河主体区相比,中生界储层物性变差,推测因离物源较近,快速沉积导致。

白垩系亚格列木组储层发育在下统亚格列木组扇三角洲前缘,储集性能总体较好,测井孔隙度 10%~20%,出油层段渗透率均超过 $100 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$,渗透率最大可达 $239 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$ 。总体来说,于奇地区白垩系亚格列木组属于中孔、中渗储层,储集条件相对较好。

2.3 圈闭条件

印支-燕山期构造运动在本区表现比较微弱,未对下古生界古凸起产生重要影响,仅形成 T_4^6 、 T_4^0 等平行不整合界面,造成中上侏罗统缺失,但轮台断裂、阿克库木断裂带和阿克库勒断裂带仍继续活动。在喜山期构造运动中,由于印度板块向欧亚大陆俯冲、碰撞、楔入所产生的强大挤压,天山大幅度隆升,并向盆内产生强烈挤压,造成库车前陆盆地发生急剧沉降,使阿克库勒凸起 T_5^0 面以上地层总体转变为北倾单斜。

结合沉积体系类型、物源方向以及构造演化,研究认为于奇地区主要为低幅度圈闭类型。上倾尖灭岩性圈闭出现在哈二段,属于泥包砂的沉积特征。在沉积时期,于奇地区具有西北、北部高,南部低的特点,主要由北西方向提供物源。由于后期的构造反转,现今的构造面貌具有北低南高、中部及东西两侧低的特点。这样,哈二段三角洲前缘分流河道砂体容易形成向南东尖灭的岩性圈闭。在白垩系亚格列木组和三叠系上、中、下油组均发现多

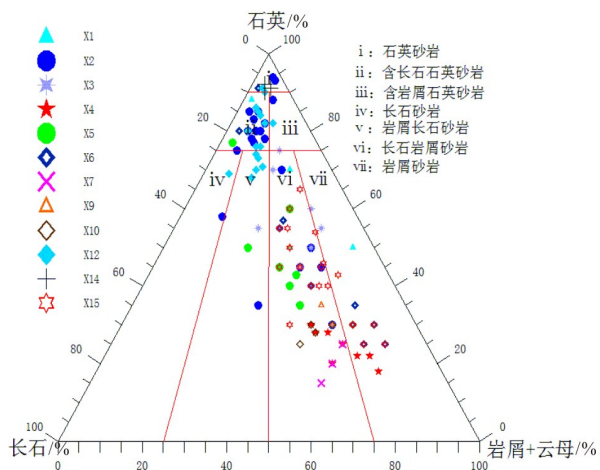


图 2 于奇地区三叠系砂岩分类三角图

Fig.2 Classification of Triassic sandstones in Yuqi area

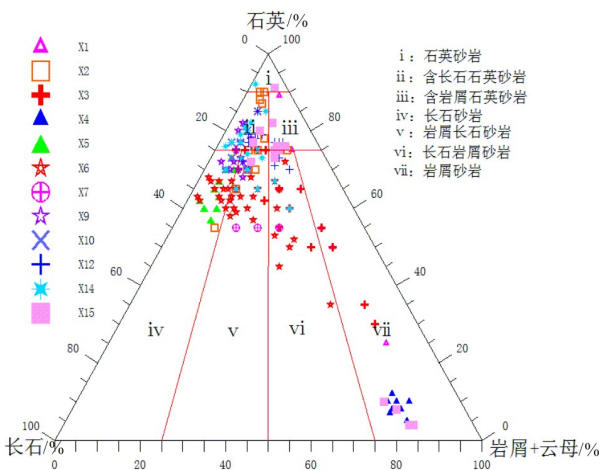


图 3 于奇地区白垩系砂岩分类三角图

Fig.3 Classification of Cretaceous sandstones in Yuqi area

个低幅度构造圈闭。其中白垩系亚格列木组自西向东沿 10 组北东向雁列式断裂带发现、落实了断背斜、构造-岩性复合圈闭。白垩系舒善河组属于泥包砂的组合,可形成砂岩透镜体或条带状砂体,形成有利的储盖组合。

2.4 保存条件

于奇地区现今地貌为南高北低,其油气藏主要为次生调整油气藏,原油性质与塔河奥陶系原油性质相同。研究区西北部地区三叠系多套砂体叠置,中间泥岩夹层较少,三叠系垂向上难以形成有利的储盖组合。研究区东部、中部及南部砂体之间泥岩厚度增大,垂向上储盖组合条件较好。白垩系亚格列木组与上覆的舒善河组泥岩可形成有利的储盖组合。

于奇地区主要发育 4 套有利组盖组合:白垩系舒善河组下部砂岩与上覆泥岩构成较好的储盖组合;白垩系亚格列木组砂岩与舒善河组底部的泥岩构成较好的储盖组合,依据 X14 井的油气发现,证明在于奇

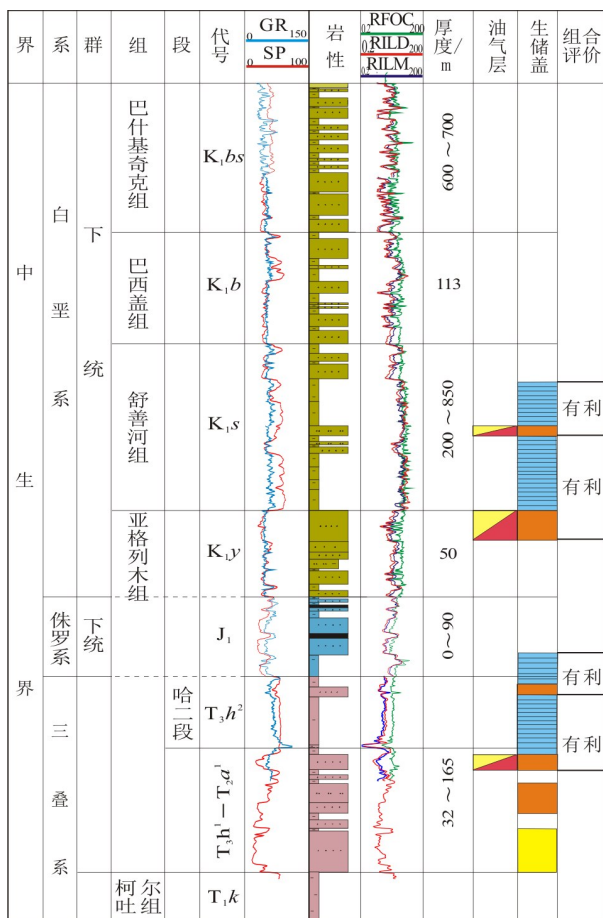


图 4 于奇地区南北向中生界储盖组合

Fig.4 Reservoir and cap assemblages of Mesozoic from south to north in Yuqi area

地区这套储盖组合具有较好的勘探潜力;三叠系哈二段砂体与三叠系哈拉哈塘组顶部的泥岩构成较好的储盖组合;三叠系上油组砂体与上部泥岩构成较好的储盖组合,且在 X15 井获得油气。三叠系中油组、下油组因砂体连通性较好,且砂体厚度较大,致使油气沿砂体横向运移,不利于油气成藏。

3 油气成藏模式及聚集规律

3.1 油气成藏模式

塔里木盆地浅层油气藏一般位于深层碳酸盐岩大型油气藏的上部,为次生调整油气藏^[4]。于奇地区中生界已经发现油气藏成藏模式受构造控制的低幅度油气藏。因此断裂是油气成藏的重要输导条件,喜马拉雅期圈闭定型与油气藏重建是重要的成藏机制^[5],构造圈闭和断裂是油气成藏的关键控制因素。研究认为该研究区的油气成藏模式可以分为 2 种。

3.1.1 轮台断裂+不整合(T₅⁰、T₄⁰)+K、T 输导层成藏模式

三叠系、白垩系砂体广泛发育,是主要的储集

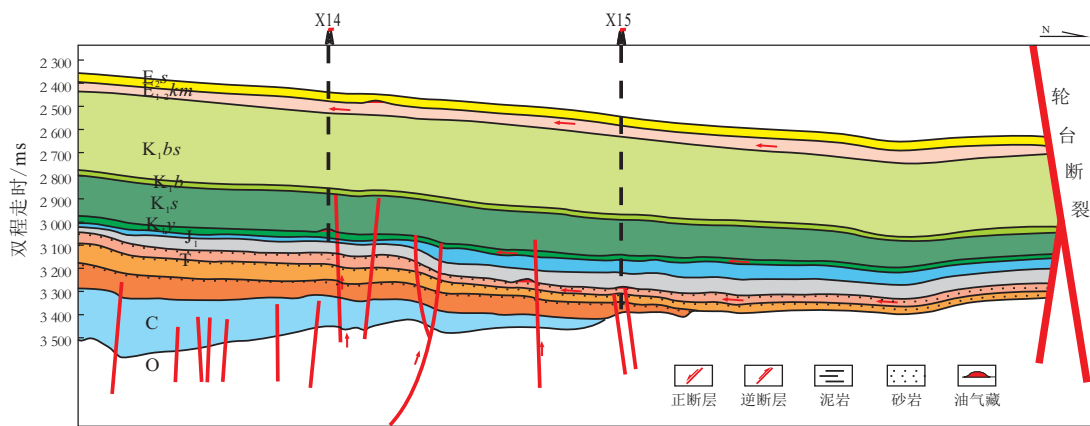


图 5 于奇地区中西部油气成藏模式

Fig.5 Hydrocarbon accumulation pattern in the central and western Yuqi area

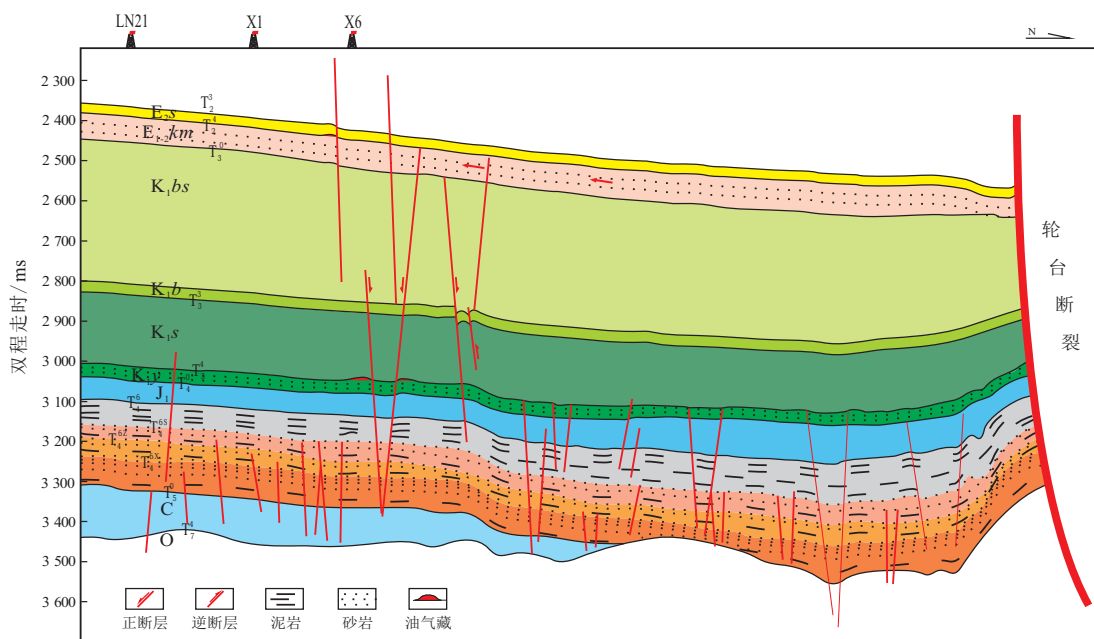


图 6 于奇地区东部中生界油气成藏模式

Fig.6 Hydrocarbon accumulation pattern of Mesozoic in the eastern Yuqi area

层,砂体上覆的泥岩可作为有利的盖层,古生界油气藏垂向调整(图 5),横向运移遇到局部构造高点则聚集成藏(如 X14、X15)。

3.1.2 轮台断裂+T₃⁰不整合+E、K 输导层

轮台断裂早期逆冲断层使于奇北部三叠系及白垩系下部地层发生严重挠曲,此挠曲不利于油气进入三叠系及白垩系下部地层。于奇东部三叠系及白垩系下部地层挠曲变形更加明显,轮台断裂仅能够为白垩系上部及白垩系以上地层提供油气来源。因此,于奇东部地区油气藏可能分布在白垩系及上部古近系。这也是目前于奇东部地区中生界砂体普遍为水层的原因。

3.2 油气聚集规律

于奇地区中生界发育 3 幕油气充注,且油气成藏时期为喜山期。第一幕油气充注介于 40~29

Ma;平均年龄 37.3~30.6 Ma;第二幕油气充注介于 25~18 Ma,平均年龄 24.5~18.4 Ma;第三幕油气充注介于 11~7 Ma,平均年龄 10.5~7.5 Ma;总体表现出不连续充注的特点^[6]。X4、X5、X15 井原油呈现相似特征,属于同一原油族群。而且与塔河油田白垩系凝析油、轻质油具有良好可比性,反映出其属于同源油。X4、X14、X15 井轻质油、重油均检测出一定丰度的 25-降藿烷。相比之下,X15 井原油 25-降藿烷丰度较高,且在气相色谱图上具有明显的“UCM”峰,反映出保存条件的差异。X15 井重油遭受过显著的生物降解或水洗作用。从各种表征成熟度图版可知,X4 井轻质油成熟度最高,处于临界过成熟状态,X14 井轻质油次之,处于高成

(下转第 91 页)

5 结论及认识

电泵井电流的运行情况直接反映了电泵机组状况。对于塔河稠油区电泵,造成电流波动的原因多种多样。

(1)对于电流周期性波动的井,供排不协调的及时调整泵型、混配差的下尾管悬挂装置加强稀稠油的混配。

(2)对于电流单向变化的井,能量导致的及时注水补充或措施释放能量,结垢导致的,针对目前采取的工艺暂时效果差,可以借鉴内地油田的方法,一是加强油田水水质的处理,二是尝试新工艺。

(3)引起电流异常波动的因素很多,通过地层、井筒、地面分别进行排查,分析出具体原因后,施行不同的对策。

(4)针对电流波动采用以及提出的新设计、新

方法,目前还在试验阶段,具体效果在后期的生产中继续跟踪总结。

参考文献:

- [1] 刘玉国. 稠油潜油电泵工作寿命影响因素分析及治理[J]. 石油钻采工艺,2014,36(4):75-78.
- [2] 纪树立,梁凤儒,周怀亮,等. 防垢潜油电泵研制及在渤海油田的应用[J]. 石油矿场机械,2016,45(4):88-91.
- [3] 黄俊,从慧阳,肖芳. 稠油生产胶质沥青质的危害及防治[J]. 中国石油和化工标准与质量,2013,33(21):271-272.
- [4] 吕红梅,朱霞. 油井中胶质沥青质沉积结垢的防治[J]. 石油化工应用,2013,32(11):105-109.
- [5] 睢芬,魏宏洋,程婷,等. 塔河油田稠油电泵电流变化原因分析[J]. 化工管理,2014,(18):123-124.
- [6] 朱益飞,淳永忠,张恒钰,等. 变频调速技术在油田潜油电泵中的应用[J]. 电力需求侧管理,2011,13(01):46-48.

(编辑 叶德燎)

(上接第 86 页)

熟状态,而 X15 井原油成熟度则相对略低,属于成熟油的范畴。3 口井原油成熟度的规律性依次降低,体现了油气从西向东充注,由 X4→X14→X15 的充注途径。

根据油气的运移路径,结合现今地层的沉积特征,轮台断裂南部三叠系地层挠曲变形,油气沿轮台断裂向上,很难发生倒灌,因此研究区西北部地区三叠系、白垩系整体油气显示差、未发现油气藏。在研究区的中部,中西部有轮台断裂的次生调整油气藏、及沟通深部的断裂的调整油气藏,是有利的油气成藏区。于奇地区中部,三叠系地层属于扭曲,因此勘探有利层位应为白垩系地层。

4 结论

(1)于奇地区中生界三叠系中下统砂岩储层发育稳定,横向连通性好,中生界断裂主要为喜山期活动形成,且断距较小,难以形成大型的有利圈闭。主要发育的储集层应为三叠系哈拉哈塘组上砂岩段、白垩系亚格列木组、白垩系舒善河组。解剖已知油藏可知,储集层主要为碎屑岩,盖层发育,

成藏条件较为优越。

(2)于奇地区中生界主要为下古生界次生调整油气藏,油气系统受断裂、构造等因素控制,在断裂、现今构造的控制下,形成了中西部、东部的 2 种油气成藏模式,其中中部地区则是中生界最为有利的勘探区。

参考文献:

- [1] 顾忆,邵志兵,陈强路,等. 塔河油田油气运移与聚集规律[J]. 石油实验地质,2007,29(3):224-237.
- [2] 康玉柱. 塔里木盆地塔河大油田形成的地质条件及前景展望[J]. 中国地质,2003,30(3):315-319.
- [3] 翟晓先. 塔里木盆地塔河特大型油气田勘探实践与认识[J]. 石油实验地质,2011,33(4):323-331.
- [4] 谢大庆,郑孟林,蒋华山,等. 塔里木盆地沙雅隆起形成演化与油气分布规律[J]. 大地构造与成矿学,2013,37(3):398-409.
- [5] 旷理雄,郭建华,刘辰生,等. 塔北于奇地区哈拉哈塘组储层特征与成藏规律[J]. 西南石油大学学报(自然科学版),2008,30(6):22-26.
- [6] 吕海涛,陈红汉,唐大卿,等. 塔河地区三叠系油气充注幕次划分与成藏时期确定[J]. 石油与天然气地质,2009,30(3):300-309.

(编辑 叶德燎)