

塔里木盆地塔东地区却尔却克组烃源岩的发现及其意义

王成林^{1,2} 卢玉红³ 邬光辉² 张立平² 桑洪³ 曹颖辉²

1. 中国石油大学(北京) 2. 中国石油勘探开发研究院 3. 中国石油塔里木油田公司

王成林等. 塔里木盆地塔东地区却尔却克组烃源岩的发现及其意义. 天然气工业, 2011, 31(5): 45-48.

摘要 过去的研究认为,塔里木盆地塔东地区中—上奥陶统却尔却克组不发育烃源岩,但近期通过钻井系统取样分析,在该组泥岩中发现了烃源岩,有机质含量高达8.59%,厚度达200 m,值得高度关注。为此,通过近年探井的系统取样分析,结合地震追踪与沉积相研究,探讨了该组烃源岩发育特征及其勘探潜力。沉积相分析表明,浊流发育的探井缺乏烃源岩,而盆地相泥岩发育区有烃源岩分布;井震标定发现,浊积岩发育井区通常表现为杂乱反射,而烃源岩发育区多呈中强振幅连续—较连续地震相;根据区域地震追踪结果,认为却尔却克组烃源岩有利分布面积达 $5 \times 10^4 \text{ km}^2$;油气源对比分析结果显示,塔东地区存在来自却尔却克组烃源岩的油气。结论认为:西北部的草湖、东北部的英东、西南部的古城等地区烃源岩较发育,热演化程度成熟度适中,是现今油气运聚的有利指向区。草湖地区、古城地区的寒武—奥陶系台缘带可勘探面积达8 000 km^2 ,发育大型礁滩型圈闭,其侧向与烃源岩直接接触,有利于形成大型碳酸盐岩岩性油气藏。东北部的英东地区志留系、侏罗系碎屑岩发育多套储盖组合,断背斜圈闭发育,油源断裂发育,是寻找中小型次生油气藏的有利方向。

关键词 塔里木盆地 中—晚奥陶世 烃源岩 分布特征 地震地层解释 热演化 油源对比 勘探潜力

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2011.05.011

塔里木盆地塔东地区面积达 $8 \times 10^4 \text{ km}^2$,寒武系—下奥陶统优质烃源岩发育^[1-4],已有多口探井获得油气流^[5],但由于这套古老烃源岩在加里东期已快速深埋进入过成熟期,油气大量散失^[6-7],油气勘探处于停滞状态。正因如此,过去认为塔东地区中—上奥陶统却尔却克组也不发育烃源岩,但新井的系统取样表明,却尔却克组有烃源岩发育,值得高度关注。

塔东地区中上奥陶统却尔却克组主要由灰色、灰绿色泥岩、粉砂质泥岩、长石岩屑砂岩与粉砂岩组成^[8],发育来自多物源区的陆源碎屑浊积岩^[9],钻进厚度超过1 000 m,至盆地中心达4 000 m。前期认为这套巨厚盆地相泥岩“黑被子”缺乏烃源岩^[1-3]。笔者通过近年探井的系统取样,结合地震追踪与沉积相分析,探讨却尔却克组烃源岩发育特征及其勘探潜力。

1 烃源岩发育、分布特征

1.1 单井烃源岩发育特征

近年来塔东地区新钻探3口探井,通过系统取样分析表明(表1、图1):米兰1井样品数192个,有机碳含量最高可达1.93%,其中79.2%的样品 $TOC > 0.5\%$,平均值达0.87%;罗西1井样品数29个,有机碳含量最高可达3.6%,79.3%的样品 $TOC > 0.5\%$,平均值达1.77%;英东2井样品数108个,有机碳含量最高可达8.59%,38%的样品 $TOC > 0.5\%$,平均值达0.65%。

根据烃源岩氢指数—氧指数关系分析,有机质类型为混合型、部分为腐殖型。 T_{\max} 值为450~500℃,处于中等—高成熟阶段。由于烃源岩热成熟作用影

基金项目:国家科技重大专项“四川、塔里木等盆地及邻区海相碳酸盐岩大油气田形成条件、关键技术及目标评价”(编号:2008ZX05004-04)。

作者简介:王成林,1975年生,高级工程师,博士;从事油气综合勘探与石油地质研究工作。地址:(100083)北京市海淀区学院路20号910信箱塔里木分院。电话:(010)83598199。E-mail:wangchenglin@petrochina.com.cn

表 1 塔东地区却尔却克组钻井烃源岩样品有机质丰度统计表

井号	深度/m	TOC			$S_1 + S_2 / \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$			$HI / \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$		
		最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
罗西 1	3 462.5~3 725.0	3.60%	0.55%	1.77%	3.71	0.48	1.74	178.96	44.40	85.29
英东 2	3 063.5~4 233.0	8.59%	0.09%	0.65%	32.63	0.04	0.95	374.27	12.19	119.00
米兰 1	3 400.0~4 920.0	1.93%	0.01%	0.87%	1.23	0.07	0.47	926.78	8.49	46.77

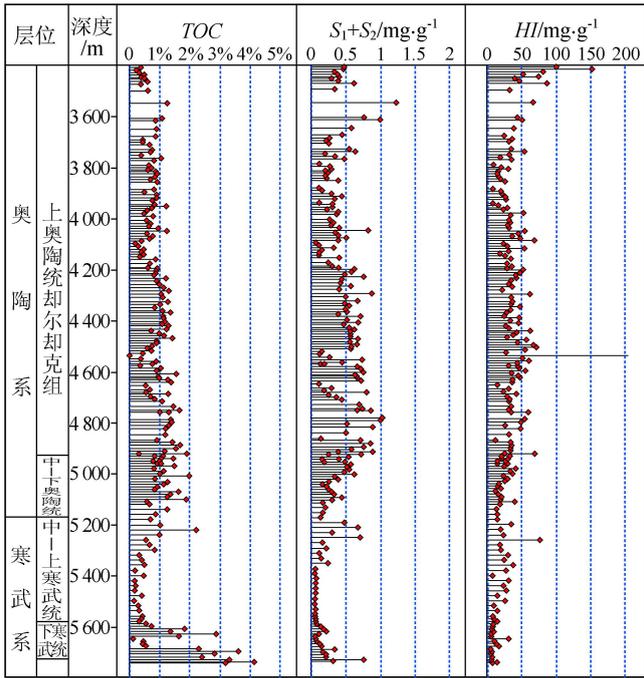


图 1 米兰 1 井却尔却克组烃源岩样品分析综合评价图

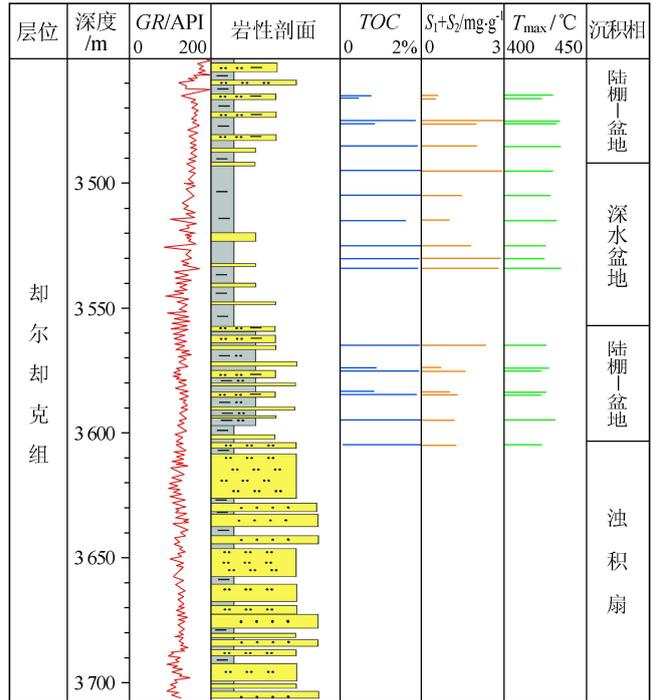


图 2 罗西 1 井却尔却克组烃源岩综合柱状图

响,该区烃源岩生烃潜力 $S_1 + S_2$ 值较低(多小于 2 mg/g),均值在 $0.47 \sim 1.74 \text{ mg/g}$;氢指数(HI)一般都小于 150 mg/g ,均值在 $46 \sim 119 \text{ mg/g}$ 。综合评价却尔却克组泥岩达到烃源岩标准,部分泥质烃源岩为中等—好生油岩。

通过单井标定,TOC的高值区主要发育在测井资料自然伽马(GR)较高的泥岩井段,因此利用自然伽马曲线的对比分析,可以推断单井烃源岩的厚度(图2)。由此计算,罗西1、英东2和米兰1井达到好生油岩标准($TOC > 1\%$)烃源岩厚度分别为63 m、146 m和206 m,可见这套烃源岩相当厚。

1.2 烃源岩分布特征

塔东地区奥陶系却尔却克组主要发育深水盆地相和浊积相沉积^[8-11],通过钻井分析表明,烃源岩主要发育在盆地相泥岩中(图2)。盆地相泥岩厚度较大的井段,浊流欠发育,仅有薄层的粉砂岩,GR值整体较高,TOC值高,烃源岩发育。而早期钻探的塔东1、塔东2等井浊流发育^[9-10],多形成砂泥岩互层,或是在泥岩中

夹砂岩,受浊流影响,烃源岩不发育。

通过地震标定表明,却尔却克组深水盆地相沉积以中强振幅、中等连续地震相为特征,浊积相以杂乱充填地震相为主要特征。地震相追踪发现(图3),东南

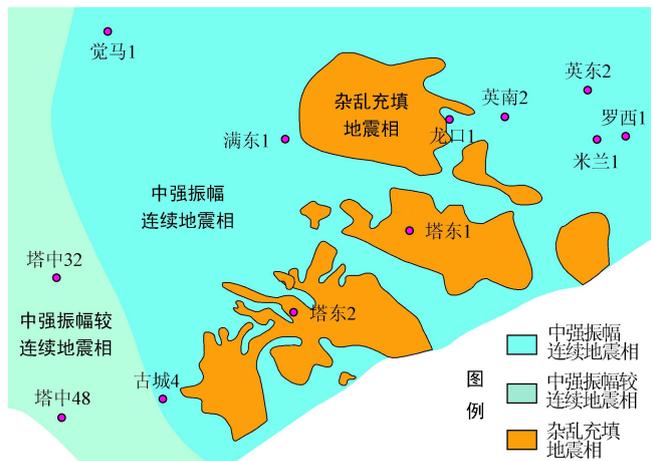


图 3 塔东地区奥陶系井却尔却克组地震相平面图

部的塔东 1—塔东 2 井区以杂乱充填地震相为主, 烃源岩不发育, 与钻井吻合。东部的米兰 1、罗西 1 井区中强振幅、中等连续地震相发育, 烃源岩厚度大。近期钻探的古城 4 井却尔却克组为斜坡—盆地沉积^[12], 缺少浊积砂岩, 为中强振幅较连续地震相, 钻探证实也有较好的烃源岩发育。

通过井震追踪表明, 却尔却克组巨厚盆地相泥岩中烃源岩发育, 主要分布在塔东地区的西部与东北部, 烃源岩厚度介于 100~700 m, 面积达 $5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

2 油源对比与热演化特征

2.1 油气源对比

油气源对比表明龙口 1 井志留系原油与罗西 1 井中奥陶统烃源岩在三芳甾烷的分布上具有相似的特征, 如图 4 所示。

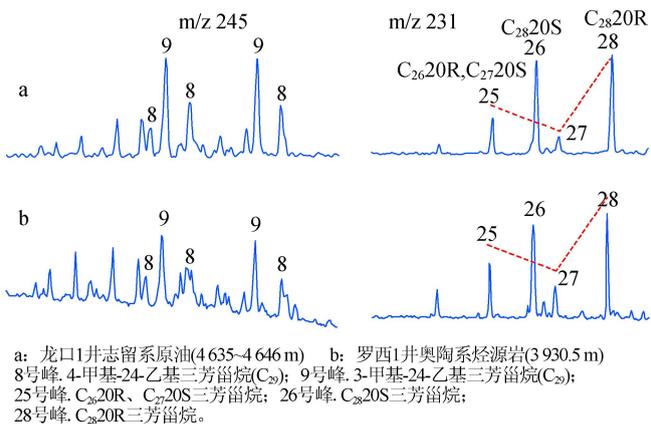


图 4 龙口 1 井原油、罗西 1 井烃源岩 m/z 245 和 m/z 231 三芳甾烷质量色谱图

在 m/z 245 三芳甾烷质量色谱图上, 龙口 1 井志留系原油中 4-甲基-24-乙基- C_{29} 三芳甾烷(8 号峰)和 3-甲基-24-乙基- C_{29} 三芳甾烷(9 号峰)含量高; 在芳烃

m/z 231 三芳甾烷质量色谱图上, 志留系原油 $C_{28}20R$ 三芳甾烷(28 号峰)的丰度明显高于 C_{26} 和 C_{27} 三芳甾烷(25 号峰); 此外, $C_{28}20S$ (26 号峰)三芳甾烷含量也较高(图 4-a)。罗西 1 井中奥陶统烃源岩 m/z 245 和 m/z 231 三芳甾烷的分布都与志留系原油相似(图 4-b), 二者可比性较好。

2.2 热演化特征

通过热演化史分析, 塔东地区却尔却克组烃源岩热演化差异较大(图 5)。

志留系沉积前, 除盆地中心 R_o 为 0.7%~1.0% 外, 大部分地区 $R_o < 0.7%$, 处于未成熟—低成熟阶段。侏罗系沉积前盆地中部达到了高一过成熟演化阶段($R_o > 1.8%$); 塔东 1、塔东 2 井区 R_o 介于 1.2%~1.4%, 盆地东部烃源岩也达到了成熟阶段。古近系沉积前盆地中心 $R_o > 3%$, 塔东 1、塔东 2 井区受到异常热事件的影响, R_o 为 1.6%~1.8%; 盆地东部 R_o 变化不大。现今盆地内大部分地区已进入高一过成熟演化阶段, R_o 介于 1.8%~3%; 盆地东部英东 2、罗西 1 井区热演化程度仍然相对较低, 等效镜质体反射率在 1.2% 左右。

因此可见, 却尔却克组烃源岩中新世代以来具有持续生烃、大面积供烃的条件, 盆地西南部、西北部与东北部的古隆起斜坡区是油气运聚成藏的有利方向。

3 勘探的启示

近年来不同角度的研究表明, 塔里木盆地中西部中—晚奥陶世具有广泛发育烃源岩的地质条件^[13-21], 为何塔东数千米的中上奥陶统盆地相泥岩中不能存在局部区域、局部井段的烃源岩发育呢? 近期新井的系统取样表明, 塔东地区中上奥陶统有烃源岩发育, 值得高度关注。

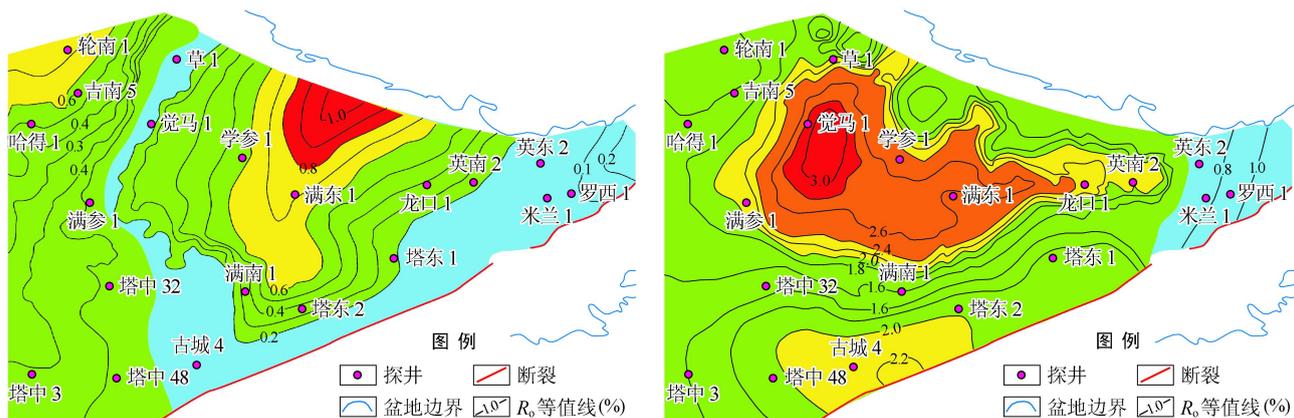


图 5 塔东地区志留系沉积前(左)与现今(右)却尔却克组中部 R_o 热演化图

塔东地区寒武—下奥陶统烃源岩在奥陶纪末已进入高过成熟,以寻找有古构造背景的残余油藏及喜山期裂解气为主^[13]。而中—上奥陶统却尔却克组泥质烃源岩在盆地西部与东部有广泛的分布,在喜山期进入大量生排烃期,初步估算其生烃强度超过 100×10^8 t/km²,油气资源量达 20×10^4 t。在龙口1、英南2等井已发现可能存在来自却尔却克组烃源岩生成的油气,其有效性高于寒武—下奥陶统烃源岩,勘探评价工作更容易展开。

从烃源岩的分布与演化程度分析,现今对油气有贡献的区域主要分布在西北部的草湖、东北部的英东、西南部的古城等地区,这3块地区烃源岩较发育,热演化程度成熟度适中,是现今油气运聚的有利指向区。草湖地区、古城地区的寒武—奥陶系台缘带可勘探面积达 8 000 km²,发育大型礁滩型圈闭,其侧向与烃源岩直接接触,有利于形成大型的碳酸盐岩岩性油气藏。东北部的英东地区志留系、侏罗系碎屑岩发育多套储盖组合,断背斜圈闭发育,油源断裂发育,是寻找中小型次生油气藏的有利方向。

4 结论

1)根据区域地震追踪结果,认为却尔却克组烃源岩有利分布面积达 5×10^4 km²;油气源对比分析结果显示,塔东地区存在来自却尔却克组烃源岩的油气。

2)西北部的草湖、东北部的英东、西南部的古城等地区烃源岩较发育,热演化程度成熟度适中,是现今油气运聚的有利指向区。草湖地区、古城地区的寒武—奥陶系台缘带可勘探面积达 8 000 km²,发育大型礁滩型圈闭,具有形成大型碳酸盐岩岩性油气藏的有利条件。东北部的英东地区志留系、侏罗系碎屑岩发育多套储盖组合,断背斜圈闭发育,油源断裂发育,是寻找中小型次生油气藏的有利方向。

参 考 文 献

[1] 梁狄刚,张水昌,张宝民,等.从塔里木盆地看中国海相生油问题[J].地学前缘,2000,7(4):534-547.
 [2] 张水昌,王飞宇,张保民,等.塔里木盆地中上奥陶统油源层地球化学研究[J].石油学报,2000,21(6):23-28.
 [3] 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.
 [4] 何君,王天祥,朱卫红,等.安全、平稳、高效开发塔里木盆地天然气[J].天然气工业,2008,28(10):5-10.

[5] 司学强,张金亮,谢俊.成岩圈闭对气藏的影响——以英吉苏凹陷英南2气藏为例[J].天然气工业,2008,28(6):27-30.
 [6] 吕宝凤,王核,夏斌.新疆塔东地区含油气系统建设与改造[J].天然气工业,2006,26(2):26-28.
 [7] 杨永才,常象春,张枝焕.英吉苏凹陷石油地球化学特征及油源对比[J].新疆石油地质,2006,27(4):410-413.
 [8] 刘忠宝,于炳松,陈晓林,等.塔里木盆地塔东地区中—上奥陶统海底扇浊积岩层序地层格架及沉积特征[J].现代地质,2003,17(4):408-414.
 [9] 赵宗举,潘懋,杨海军,等.塔里木盆地中—上奥陶统浊积岩物源分析及大地构造意义[J].地质科学,2010,45(3):681-697.
 [10] 王恕一,黄继文,蒋小琼.塔里木盆地上奥陶统沉积及古地理特征[J].石油实验地质,2006,28(3):236-248.
 [11] 钟广法,刘学锋,邓常念,等.塔里木盆地塔东凸起西部中上奥陶统地震层序与海底扇沉积[J].地球科学,2006,31(3):366-371.
 [12] 朱长见,肖中尧,张宝民,等.塔里木盆地古城4井区上寒武统一奥陶系储集层特征[J].石油勘探与开发,2008,35(2):175-181.
 [13] 唐友军.塔里木盆地塔东2井寒武系稠油地球化学特征与成藏[J].沉积学报,2009,27(6):1208-1215.
 [14] 李艳霞.塔里木盆地塔东英南2气藏气源分析[J].西安石油大学学报,2007,22(4):27-30.
 [15] 肖中尧,卢玉红,吴懿,等.塔里木东部满东1井志留系天然气成因与成藏期初步分析[J].地质科学,2005,40(2):262-273.
 [16] 卫平生,张虎权,王宏斌,等.塔中地区缝洞型碳酸盐岩储层的地球物理预测方法[J].天然气工业,2009,29(3):38-40.
 [17] 康玉柱.中国古大陆形成及古生代演化特征[J].天然气工业,2010,30(3):1-7.
 [18] 赵宗举,周新源,郑兴平,等.塔里木盆地主力烃源岩的诸多证据[J].石油学报,2005,26(3):10-15.
 [19] 邬光辉,陈利新,徐志明,等.塔中奥陶系碳酸盐岩油气成藏机理[J].天然气工业,2008,28(6):20-22.
 [20] 丁云宏,程兴生,王永辉,等.深井超深井碳酸盐岩储层深度改造技术——以塔里木油田为例[J].天然气工业,2009,29(9):81-84.
 [21] 张水昌, WANG R L,金之钧,等.塔里木盆地寒武纪—奥陶纪优质烃源岩沉积与古环境变化的关系:碳氧同位素新证据[J].地质学报,2006,80(3):459-466.

(修改回稿日期 2011-03-10 编辑 罗冬梅)