

文章编号:0253-9985(2010)02-0187-06

准噶尔盆地克拉美丽气田油气源特征及成藏分析

达江^{1,2}, 胡咏³, 赵孟军^{1,2}, 宋岩^{1,2}, 向宝力⁴, 秦胜飞¹

(1. 中国石油天然气股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石油天然气股份有限公司 盆地构造与油气成藏重点实验室, 北京 100083; 3. 康菲石油中国有限公司, 北京 100027; 4. 中国石油天然气股份有限公司 新疆油田分公司, 新疆 克拉玛依 846000)

摘要:通过对新疆准噶尔盆地克拉美丽气田烃源岩特征、油气来源以及天然气成藏过程的分析, 并利用烃源岩分析技术、油气源对比技术和成藏综合分析技术等方法解释了克拉美丽气田的主力气源岩, 初步明确了气田的成藏过程和形成主控因素。研究认为克拉美丽气田主力气源岩为石炭系烃源岩, 油气成藏以近源为主, 具有“早期聚集、晚期保存”的成藏过程, 油气成藏经历了海西晚期、印支晚期和燕山中期的多期油气充注, 不同地区油气成藏具有时序性。石炭系烃源岩展布、火山岩体展布和二叠系乌尔禾组区域盖层是克拉美丽大气田成藏的主控因素。

关键词:火山岩; 主控因素; 成藏过程; 克拉美丽气田; 准噶尔盆地

中图分类号: TE122.1

文献标识码: A

Features of source rocks and hydrocarbon pooling in the Kelameili gasfield, the Junggar Basin

Da Jiang^{1,2}, Hu Yong³, Zhao Menjun^{1,2}, Song Yan^{1,2}, Xiang Baoli⁴, and Qin Shenfei¹

(1. PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing 100083, China; 2. Key Lab of Basin Structure and Hydrocarbon Accumulation, PetroChina, Beijing 100083, China; 3. ConocoPhillips China Inc., Beijing 100027, China; 4. PetroChina Xinjiang Oilfield Company, Karamay, Xinjiang 846000, China)

Abstract: In this paper, an analysis is made on the source rock features, source of hydrocarbons and gas pooling process in the Kelameili gas field of the Junggar Basin in Xinjiang. Using techniques such as source rock analysis, hydrocarbon-source correlation and comprehensive analysis of hydrocarbon pooling, we describe the main source rocks of the Kelameili gas field and preliminarily determine the gas accumulation process and its main controlling factors. According to the study, it is believed that: 1) the main source rock of the Kelameili gas field is the Carboniferous source rock; 2) hydrocarbons mainly accumulate in reservoirs near the source rocks and the pooling process is characterized by “early accumulation and late preservation”; 3) multi-stages of charging happened in the Late Hercynian, Late Indosinian and Middle Yanshanian; 4) hydrocarbon pooling in different areas has a temporal sequence. The main controlling factors for gas pooling in the Kelameili gas field are the distribution of Carboniferous source rocks and volcanic rocks as well as the regional seals in the Permian Urho Formation.

Key words: volcanic rock, controlling factor, hydrocarbon pooling process, Kelameili gasfield, Junggar Basin

陆东-五彩湾地区位于准噶尔盆地东道海子北凹陷以北、莫北凸起以东、克拉美丽山以西、乌伦古拗陷以南的广大地区(图1)。自从2005年进行火山岩勘探以来取得了重大成果,2008年发现了新疆油田第一个千亿方级的大气田——克拉美丽气田,揭开了克拉美丽天然气大发现的序

幕^[1~3]。该地区天然气勘探以石炭系火山岩为主,由于石炭系基底埋藏深,地震反射条件差,加之火山岩相变快,因此该地区油气来源、烃源岩分布与演化、火山岩储层展布以及油气成藏都还有诸多问题有待解决。本文尝试对克拉美丽气田石炭系油气源特征进行分析,并分析油气成藏主控因素。

收稿日期:2009-04-10。

第一作者简介:达江(1977—),男,工程师,油气成藏综合分析数值模拟。

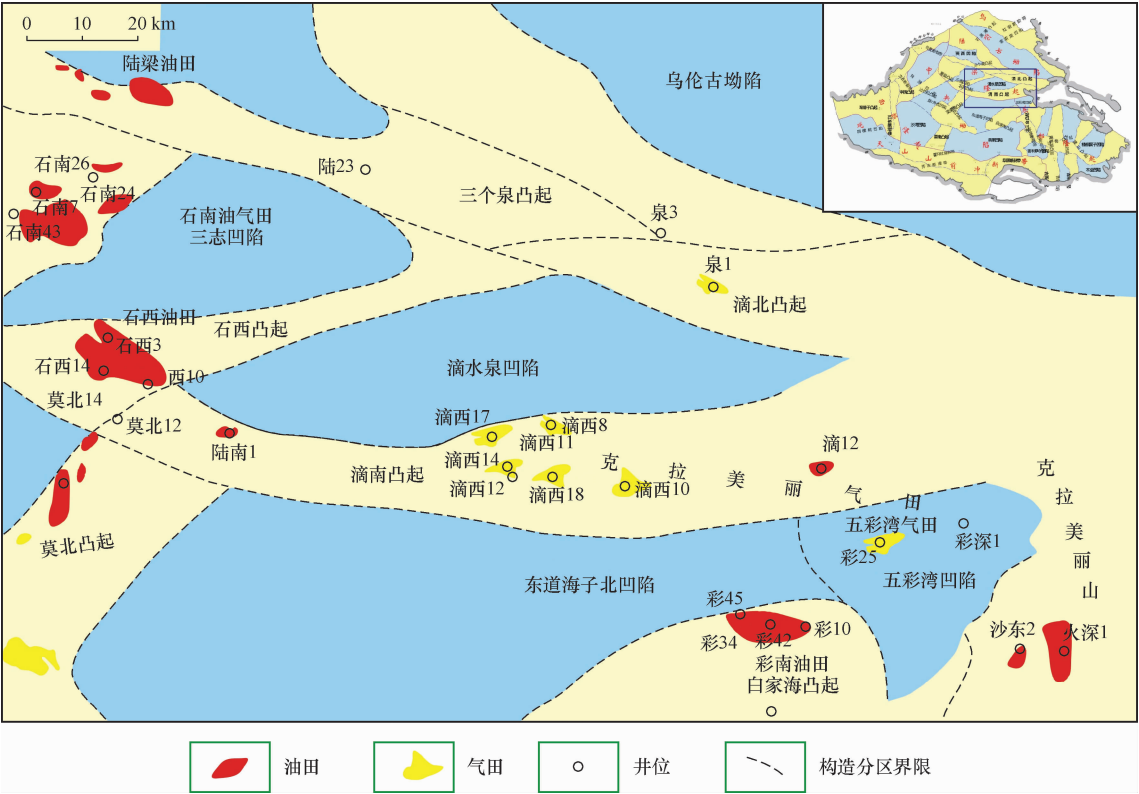


图 1 陆东-五彩湾研究区位置

Fig. 1 Location of the study area(Ludong-Wucuiwan)

1 烃源岩特征

克拉美丽气田烃源岩主要是石炭系烃源岩^[4],下石炭统滴水泉组烃源岩主体厚度为 100 ~ 400 m,上石炭统巴山组烃源岩主体厚度为 50 ~ 200 m,烃源岩分布具有滴水泉-三南凹陷和五彩湾凹陷两个沉积中心,沿沉积中心呈北西向展布,向南向北凸起带烃源岩厚度逐渐减小。烃源岩类型主要为泥岩和凝灰岩,夹少量煤层,上下石炭统泥质烃源岩 TOC 分别为 1.06% 和 4.07%,凝灰质烃源岩 TOC 分别为 1.01% 和 1.75%,巴山组烃源岩煤系和泥质有机质丰度高。

从烃源岩的类型来看,下石炭统滴水泉组为一套海陆过渡相沉积^[4,5],干酪根碳同位素值为 -21.98‰ ~ -27.21‰,表现出 II 型腐泥型和 III 型腐殖型有机质的特征。上石炭统巴山组为一套陆相沉积,上石炭统巴山组烃源岩干酪根碳同位素值为 -21.00‰ ~ -25.96‰,烃源岩有机质类型主要以 III 型腐殖型为主,巴山组烃源岩比滴水泉组烃源岩更加偏向于 III 型腐殖型有机质的特征。

克拉美丽气田石炭系烃源岩现今成熟度具有两个中心,分别为滴南凸起西段和五彩湾凹陷,石炭系烃源岩处于高成熟阶段, R_o 介于 1.25% ~ 1.83% 之间,沿这两个中心,向南向北石炭系烃源岩的成熟度降低, R_o 值降低,南部东道海子北凹陷-白家海一带 R_o 值为 0.84% ~ 1.04%,处于成熟阶段,北部滴北凸起-三个泉凸起一带 R_o 值为 0.60%,处于低成熟阶段。

石炭系烃源岩热演化存在明显的差异,通过区域地质分析和盆地模拟研究表明,五彩湾凹陷石炭系烃源岩在海西晚期进入成熟阶段(图 2),滴南凸起西段石炭系烃源岩印支晚期进入成熟阶段,滴南凸起东段石炭系烃源岩在燕山中期进入成熟阶段,滴北地区石炭系烃源岩在燕山中期进入低成熟-成熟阶段,总体上燕山中期是决定石炭系烃源岩最终成熟程度的关键演化时期。

研究认为石炭系烃源岩具有 3 个生烃高峰期,分别为二叠纪、中侏罗世末、早白垩世末。五彩湾凹陷石炭系烃源岩有 3 个生烃高峰期,烃源岩最早成熟。滴南凸起西段石炭系烃源岩有中侏罗世末、早白垩世末 2 个生烃高峰期;滴南凸起东

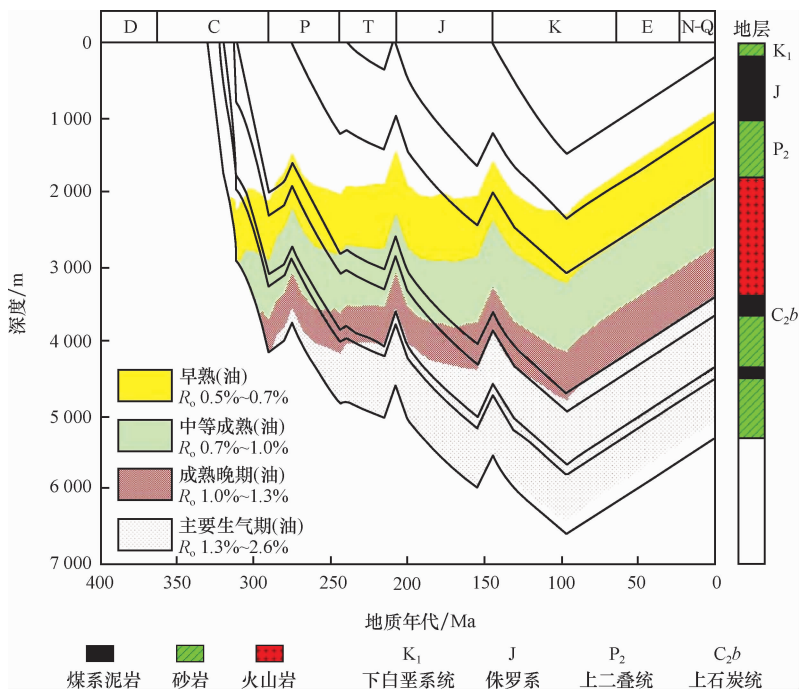


图2 彩深1井成熟度演化史

Fig. 2 Maturity of source rocks in the Caishen-1 well

段石炭系烃源岩有早白垩世末1个生烃高峰;滴北凸起石炭系烃源岩有晚白垩世末—古近纪1个生烃高峰期,石炭系烃源岩成熟最晚。

2 油气特征

克拉美丽气田原油以密度小于0.85 g/cm³的轻质油和凝析油为主,主要分布在滴南凸起,原油以中-低含蜡量为主,均值为5%,在滴南凸起西部,以低含蜡为主,但是存在高含蜡量的样品,一般以高等植物为主的偏腐殖型烃源岩生成的产物,则以中低含蜡为主,但会出现极高的含蜡量数据。原油碳同位素偏重,一般小于-30‰,为石炭系偏腐殖型烃源岩的产物。

天然气以烃类气体占绝对优势,非烃气体含量较低。其中石炭系气藏天然气甲烷含量为72.00%~92.32%,干燥系数为0.88~0.98,平均为0.92,天然气以湿气为主。天然气碳同位素较重,甲烷碳同位素值为-29.37‰~-30.68‰,平均为-29.87‰,具有较高的成熟度, $\delta^{13}\text{C}_2$ 值为-23.72‰~-27.73‰,均值为-26.40‰,具有腐殖型天然气特征。

侏罗系气藏天然气干燥系数为0.90~0.96,平

均为0.95,天然气甲烷碳同位素值为-33.54‰~-48.4‰,平均为-35.49‰, $\delta^{13}\text{C}_2$ 值为-23.79‰~-27.68‰,平均为-25.67‰。白垩系气藏天然气干燥系数为0.90~0.97,平均为0.95,天然气甲烷碳同位素值为-31.05‰~-41.79‰,平均为-33.78‰, $\delta^{13}\text{C}_2$ 值为-25.09‰~-30.67‰,平均为-27.17‰。总体来看侏罗系气藏和白垩系气藏天然气与石炭系气藏天然气同源,均来自石炭系偏腐殖型烃源岩。天然气组分的差异主要是由于油气从下部石炭系向上部层位侏罗系和白垩系运移的分馏效应造成的。

滴北凸起泉1井侏罗系气藏天然气干燥系数为0.94,氮气含量为6.95%~7.40%,甲烷碳同位素较轻,为-35.81‰~-48.40‰,乙烷碳同位素为-23.72‰~-24.54‰,表现为腐殖型气特征,主要是由于石炭系偏腐殖型滴水泉组烃源岩在燕山中期低成熟和成熟阶段生成的凝析油气,并沿着断裂向上运移至侏罗系中聚集成藏的结果。

五彩湾地区石炭系气藏天然气 $\delta^{13}\text{C}_2$ 值稍偏重,为-24.24‰~-25.11‰,均值为-24.79‰。滴南凸起西部地区石炭系气藏天然气 $\delta^{13}\text{C}_2$ 值为-26.11‰~-27.73‰,均值为-26.85‰,天然气 $\delta^{13}\text{C}_2$ 值的差异反映了成藏过程上的差异。五

彩湾地区聚集石炭系烃源岩 R_o 为 1.2% 之后的产物,滴南凸起西部主要聚集石炭系烃源岩 R_o 为 0.8% ~ 1.0% 之后的产物。

3 成藏过程

克拉美丽气田油气成藏具有多期特征,不同地区油气成藏具有时序性。滴南凸起西段滴西 17,滴西 18 气藏石炭系火山岩储层均发现两期烃类包裹体,早期包裹体均一温度主要分布在 100℃ 左右,反映了印支期源自石炭系油气充注;晚期烃类包裹体以气态烃类包裹体为主,均一温度主要分布在 140 ~ 150℃ 之间,代表了燕山期中期天然气为主的烃类充注(图 3)。

滴北凸起油气显示较少,该地区泉 1 井盐水包裹体均一温度为 123.6 ~ 163.4℃,但是由于样品砂石英颗粒包裹体主要分布在石英颗粒内部,不是晚期次生加大边或裂隙中粘土矿物胶结物中的包裹体,因此不能反映油气充注时的地层温度。根据埋藏史和烃源岩热演化史分析,燕山中期沉积后下侏罗统的古地温为 50 ~ 60℃,尚未出现由于成岩作用形成的包裹体,油气聚居时期主要自燕山中晚期开始。

五彩湾凹陷石炭系储层包裹体主要有 3 期,

一期包裹体均一温度为 70 ~ 78℃,反映海西晚期石炭系源岩生成的成熟阶段的油气的聚集;一期包裹体均一温度为 96.6 ~ 105.6℃,反映了印支晚期石炭系烃源岩进入高成熟凝析油阶段;晚期包裹体均一温度为 133.9 ~ 139.6℃,代表了燕山中期石炭系烃源岩高成熟湿气的聚集期。

由于克拉美丽火山岩气田储层和烃源岩沉积的特点,油气聚集以近源运移为主^[1]。油气成藏经历了海西晚期、印支晚期和燕山中期的多期油气充注和成藏,具有“早期聚集、晚期保存”的天然气成藏过程,不同区块在成藏时间上存在明显的差异(表 1)

海西晚期,五彩湾凹陷石炭系烃源岩成熟、并开始五彩湾地区充注。印支晚期,五彩湾地区石炭系烃源岩进入成熟阶段的末期或高成熟阶段的初期,滴南凸起的西段进入成熟阶段,开始第一次充注,东段进入低成熟阶段。燕山中期,白垩纪地层的巨厚沉积,决定了石炭系烃源岩的最终成熟度。五彩湾地区石炭系烃源岩进入高成熟湿气阶段,开始第三次充注;滴南凸起的西段进入高成熟凝析油-湿气阶段,开始第二次充注成藏,东段进入成熟阶段,开始第一次充注成藏;滴北凸起进入了低成熟阶段,开始第一次充注成藏。

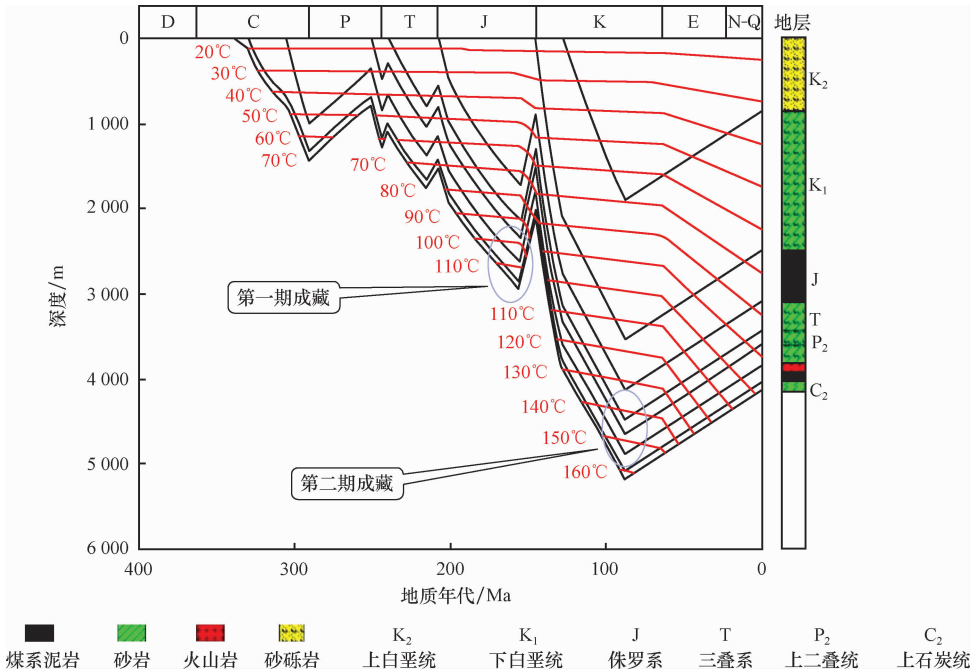


图 3 滴西 17 井埋藏史与古地温演化

Fig. 3 Burial history and paleogeotherm evolution in the Dixi-17 well

主;滴南凸起西段石炭系烃源岩处于高成熟凝析油-湿气阶段,油气藏相态则以湿气和轻质油为主;滴南凸起东段石炭系烃源岩处于成熟阶段,油气藏相态则以正常油为主;滴北地区处于低成熟-成熟阶段,油气藏相态则以低成熟天然气为主。

4.2 石炭系火山岩体展布控制了油气的分布

克拉美丽气田储层以石炭系火山岩为主,石炭系火山岩具有多期喷发、岩类众多、结构复杂、厚度横向变化快的特点^[6,7],并且火山岩岩性、岩相、成岩相的时空分布和配置关系控制了火山岩岩性圈闭的发育与分布^[8,9]。后期的改造作用是火山岩成为有效储层的重要条件^[10]。气田主要受火山岩岩性控制^[11],储层岩性有玄武岩、安山岩和流纹岩(包括角砾岩)。而且火山岩平面上表现为分区发育的特点,进而控制了气藏的分布^[12]。滴南凸起西段滴西17、滴西18气藏均为受火山岩岩性控制的岩性气藏;滴西17气藏石炭系火山岩储层向上尖灭,天然气聚集于岩性圈闭之中,形成上倾岩性气藏。

4.3 二叠系乌尔禾组区域盖层控制了油气的分布

克拉美丽气田油气成藏具有“平面上分区、纵向上分段”的特征。平面上分区主要表现为陆东-五彩湾地区不同区块成藏时序和最终成藏相态上的差异。纵向上存在两大成藏体系,即以二叠系乌尔禾组泥岩区域盖层为界,下部石炭系地层压力系数为1.15~1.50,为异常高压原生成藏体系,主要是石炭系烃源岩生成的油气在石炭系火山岩储层中的聚集;上部为正常压力系统,为常压次生成藏体系,主要是由于石炭系油气沿断裂向上发生调整和扩散后运移至侏罗系和白垩系储层中聚集^[13]。缺失二叠系乌尔禾组区域性泥岩盖层并且深部沟通断裂发育的地区,上部侏罗系和白垩系地层油气显示丰富。

5 结论

1) 准噶尔盆地克拉美丽气田天然气以湿气为主,主力气源岩是石炭系烃源岩;烃源岩热

演化在不同区带存在明显的先后差异,总体具有二叠纪、中侏罗世末、早白垩世末3个生烃高峰期。

2) 克拉美丽气田油气成藏以近源为主,油气成藏经历了海西晚期、印支晚期和燕山中期的多期油气充注和成藏,不同地区油气成藏具有时序性。

3) 克拉美丽气田油气成藏具有“平面上分区、纵向上分段”的特征,平面上不同构造带成藏具时序差异。纵向上存在两大成藏体系,以二叠系乌尔禾组泥岩区域盖层为界,下部为异常高压原生成藏体系,上部为常压次生成藏体系。石炭系烃源岩与火山岩体的展布和二叠系乌尔禾组区域盖层是克拉美丽大气田成藏的主要控制因素。

参 考 文 献

- 1 王庭斌. 中国大中型气因成藏的主控因素及勘探领域[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(5): 572~583, 589
- 2 赵海, 黄微, 王成, 等. 火山岩中脱玻化孔及其对储层的贡献[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(1): 47~52
- 3 张文鸣. 新疆克拉美丽气田勘探开发快速突破纪实[N]. 中国石油报, 2009-01-10(5)
- 4 徐兴友. 准噶尔盆地东部克拉美丽地区石炭系烃源岩研究[J]. 油气地质与采收率, 2005, 12(1): 38~41
- 5 张义杰, 齐雪峰, 程显胜, 等. 准噶尔盆地晚石炭世和二叠纪沉积环境[J]. 新疆石油地质, 2007, 28(6): 673~675
- 6 解宏伟, 田世澄, 胡平, 等. 准噶尔盆地东部石炭系火山岩成藏条件[J]. 特种油气藏, 2008, 15(3): 29~32
- 7 张朝军, 石昕, 吴晓智, 等. 准噶尔盆地石炭系油气富集条件及有利勘探领域预测[J]. 中国石油勘探, 2005, 10(1): 10~13
- 8 张明洁, 杨品. 准噶尔盆地石炭系(油)气藏特征及成藏条件分析[J]. 新疆石油学院学报, 2000, 12(2): 8~12
- 9 王仁冲, 徐怀民, 邵雨, 等. 准噶尔盆地陆东地区石炭系火山岩储层特征[J]. 石油学报, 2008, 29(3): 350~355
- 10 康玉柱. 新疆两大盆地石炭-二叠系火山岩特征与油气[J]. 石油实验地质, 2008, 30(4): 332~327
- 11 杨辉, 文百红, 张研. 准噶尔盆地火山岩油气藏分布规律及区带目标优选—以陆东-五彩湾地区为例[J]. 石油勘探与开发, 2009, 36(4): 419~427
- 12 贺凯, 王菁, 谭强, 等. 五彩湾凹陷石炭系油气成藏控制因素及勘探建议[J]. 新疆石油学院学报, 2002, 23(4): 427~432
- 13 张达景, 刘金侠, 邵志兵, 等. 西部新勘探区油气资源勘探潜力评价[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(5): 605~612

(编辑 张亚雄)