

松辽盆地齐家—古龙凹陷凝析油气藏成因

卢双舫¹, 许凤鸣¹, 申家年¹, 方伟², 薛海涛¹

1. 大庆石油学院地球科学学院, 黑龙江大庆 163318

2. 大庆油田勘探开发研究院地球化学研究室, 黑龙江大庆 163712

摘要: 为了阐明齐家—古龙凹陷所发现的凝析油气藏的成因, 结合研究区凝析油气藏所处的地质背景、油油对比认识, 设计进行了原油的热蒸发模拟实验。结果表明, 区内凝析油与下伏的黑油同源, 这暗示了其二次成因; 实验室热蒸发模拟实验支持上部的凝析油为下部黑油的热蒸发作用所产生。这种热蒸发作用可能是通过断层或微裂缝实现的。热蒸发成因将使区内形成大规模的凝析气藏的可能性减小, 勘探的有利目标应该在有利于蒸发作用发生的通道, 但目前埋深仍然较大、温压较高的地区。

关键词: 凝析油; 凝析气; 热蒸发作用; 齐家—古龙凹陷; 模拟实验。

中图分类号: P618

文章编号: 1000-2383(2007)02-0209-04

收稿日期: 2006-08-26

Origin of Condensate Oil/Gas Reservoir: A Case Study in Qijia Gulong Depression of Songliao Basin

LU Shuang fang¹, XU Feng ming¹, SHEN Jia nian¹, FANG Wei², XUE Hai tao¹

1. Faculty of Earth Science, Daqing Petroleum Institute, Daqing 163318, China

2. Geochemistry Laboratory, Research Institute of Daqing Petroleum Exploration and Development, Daqing 163712, China

Abstract In order to elucidate the origin of condensate oil gas reservoir discovered in Qijia Gulong depression, a thermal evaporation experiment was designed and carried out based on the knowledge of the geological background of condensate oil gas reservoir and the oil oil correlation. The result indicates that the condensate oil and the underlying black oil are from the same source rock, which hints their secondary origin. The thermal evaporation experiment supports that the condensate oil is from the underlying black oil by thermal evaporation. This kind of thermal evaporation is possibly realized through faults or micro fractures. The possibility of forming large scale condensation gas reservoirs in this area is discounted because of the thermal evaporation origin. Therefore, the advantaged exploration target should be focused on such areas as where there are pathways propitious to thermal evaporation, with deeper bury depth and higher temperature and pressure.

Key words: condensate oil; condensate gas; thermal evaporation; Qijia Gulong depression; simulation experiment.

0 引言

大庆油田先后在古 109 井(许运新, 1989)和英 51 井(申家年等, 2005)发现凝析气藏, 之后引起了大庆油田有限责任公司对松辽盆地齐家—古龙凹陷区凝析油气勘探前景的重视。凝析气藏的成因在相

当的程度上决定着其成藏规模和分布规律。但目前对区内凝析油气藏成因的认识还有分歧。许运新(1989)认为古 109 井凝析油是古龙凹陷青山口组高成熟烃源岩烃类生成物直接聚集而成, 即所谓的原生型(黄汝昌等, 1997)或称初始型(周兴熙等, 1998)凝析气藏。这一观点也为其他学者所接受(陈义才和

基金项目: 教育部新世纪优秀人才支持计划(No. NCET 04 0345); 高等学校博士学科点专项科研基金项目(No. 20050220001); 中国石油风险基金项目(No. 2005 01-02)。

作者简介: 卢双舫(1962—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事油气地质学和油气地球化学方面的教学和研究工作。

E-mail: lushuangfang@dqpi.edu.cn

杨远聪, 1997; 李延均和陈义才, 1997), 并作为腐泥型烃源岩高成熟阶段原生型凝析气藏的代表(黄汝昌等, 1997). 但我们近期的研究显示, 凝析油气藏主要烃类组分与下伏油层组分之间的关系与理论计算的相对挥发度十分吻合, 因此认为古龙凹陷凝析气并非原生型, 而是下部油藏烃类热蒸发向上运移聚集而成(申家年等, 2005). 本文则主要试图从热蒸发模拟实验来论证这一认识.

1 凝析油气藏发育的地质背景

齐家-古龙凹陷位于大庆长垣以西, 英 51 井位于古龙凹陷内的西部斜坡区, 共有 5 个产油层. 顶部的葡萄花油层(P, 位于姚一段地层中)为岩性圈闭凝析气藏, 下部的 4 个油层为断层圈闭, 其中高台子油层(对应青二三段)下部(G_F)油层含有大量溶解气(图略). 古 109 井位于古龙凹陷腹部, 钻井共揭示 3 个油气层. 最上面的黑帝庙油层(H, 对应嫩江组三、四段)为低产油层, 之下的 P 油层有 2 个油气层; 上部为背斜型凝析气藏, 下部是含溶解气的岩性油气藏(图略).

区内主要源岩层是青一段(K_1qm_1)、青二、三段(K_1qn_{2+3})、嫩一段(K_1n_1), 均为淡水湖相沉积, 以 I、II_A型有机质为主, 是我国典型的以成油为主的源岩层. qm_1 、 qn_{2+3} 、 n_1 的 R_o 值分别在 1.1%~1.8%、0.9%~1.7%、0.5%~1.0%之间, 处于成熟-高成熟演化阶段, 但绝大部分源岩层位于成熟阶段. 产物以 C_{14}^+ 组分为主(卢双舫等, 2007), 加上由于地温梯度高, 成藏深度浅, 压力较低(相对于有利于凝析油气大量成藏的塔里木盆地低得多), 并不太有利于原生凝析气藏的形成.

2 凝析气藏分布在同源黑油油层上部表明蒸发作用存在的可能性

如果利用正构烷烃百分含量来进行对比(图 1), 则英 51 井的凝析油与同井的下伏 4 层油层差别甚远, 但从单体烃同位素对比图(图 2)和色谱指纹(Kaufman *et al.*, 1987)(色谱指纹的选取方法: 选择在气相色谱图上分离较好, 含量适中, 2 个峰在图上的出峰位置较为接近的、位于正构烷烃之间的相邻非正构化合物对计算的比值)对比图上(图 3)

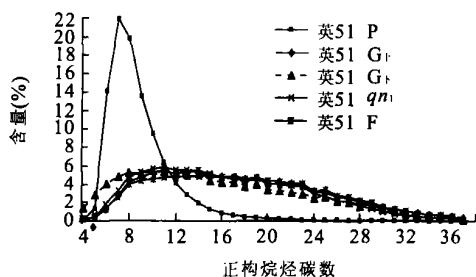


图 1 英 51 井不同油层正构烷烃含量对比

Fig. 1 n alkane distribution correlation of different reservoirs in well Ying 51

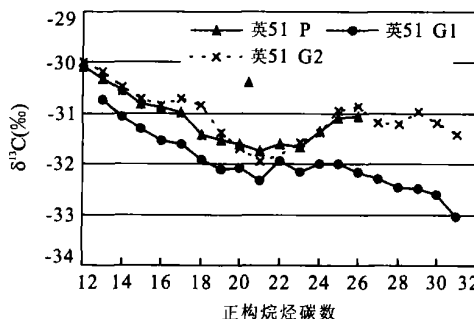


图 2 英 51 井不同油层正构烷烃单体烃碳同位素对比

Fig. 2 Correlation of single hydrocarbon carbon isotope of n alkane for different reservoirs in well Ying 51

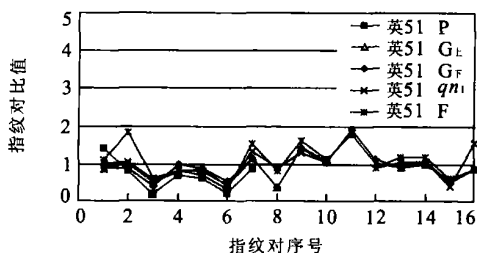


图 3 英 51 井不同油层色谱指纹对比

Fig. 3 GC fingerprint correlation of different reservoirs in well Ying 51

来看, 它显然与下伏油同源. 尤其是葡萄花油层(P)与高台子油层下部油(G_F 样)在单体烃碳同位素分析数据上极好的一致性, 显示出二者的同源性, 甚至可能葡萄花油(P)就是来自 G_F 油样. 凝析气藏分布在同源黑油油层上部强烈地暗示着它很可能并非原生成因的, 否则, 下部的成熟度及温压条件应该更为有利于凝析油气藏的形成.

关于古 109 井凝析油的油源问题已有学者做过研究, 认为是来自青山口组, 与下伏油同源(许运新, 1989; 李延均和陈义才, 1997). 在此不再重复讨论.

3 热蒸发模拟实验支持区内凝析油气的热蒸发成因

3.1 样品与实验

为了进行油样的热蒸发实验, 本文设计了一套加热装置(图略), 实验装置由加热器、装样管、冷凝器、气体收集器和真空泵组成. 实验步骤如下: (1) 将样品置于装样管中; (2) 将整个装置快速抽真空; (3) 利用控温装置将样品加热到给定温度恒温 4 h; (4) 装样管中的残留油、凝析物收集管中的凝析物、气体收集器中的气体可分别进行计量和 GC 分析; (5) 重复(1)~(4)步进行下一个温度点的加热蒸发实验.

实验所用样品为英 51 井高台子油层(G_T)原油(位于凝析油层之下并与凝析油同源的正常油), 分别加热到 150 °C、200 °C、250 °C、300 °C、450 °C.

3.2 结果与讨论

图 4 对比列出了英 51 井 P 油层凝析油与 G_T 原样及其在不同受热温度下热蒸发所得冷凝油的 GC 谱图. 从图 4 中可以看出, 虽然 P 凝析油与 G_T 原样差别甚远, 与 450 °C 高温蒸发样的差别也较大(此时样品中已检测出烯烃), 但与相对较低温度下所得热蒸发产物有明显的相似性. 尽管区内油层的实际温度(约 90 °C)明显低于实验室热蒸发实验所采用的加热温度(> 150 °C), 但地质条件下的蒸发作用是在漫长的地史时间下进行的, 故仍然能够达到实验室较高温度下所能到达的蒸发效果. 热蒸发作用既可通过升高温度来实现, 也可通过降低压力来实现. 如果有断层断至富含气体的 G_T 油层, 则压力的降低可导致相对轻质组分的蒸发(Thompson, 1987). 这种蒸发作用也可通过有微裂缝或孔渗相对较高的盖层部分来实现.

显然, 这一认识与前人有关区内凝析油是腐泥型有机质及其所生成的原油在高成熟度下经强烈裂解后形成的轻质组分直接聚集而成的观点不一致. 这对区内的凝析油气藏的勘探潜力及方向的影响体现在: 按原生成因的观点, 区内埋深在英 51 井和古 109 井凝析油藏之下的广大地区都有找到凝析油气藏的巨大潜力, 且勘探方向应该在目前发现的黑油油层之下、埋深更大、成熟度更高的地区和层位; 但若按次生热蒸发成因的观点, 则区内凝析油气的勘探潜力会相应减小, 勘探的有利目标应该在有利于蒸发作用发生的通道(如沟通下部黑油与上部圈闭

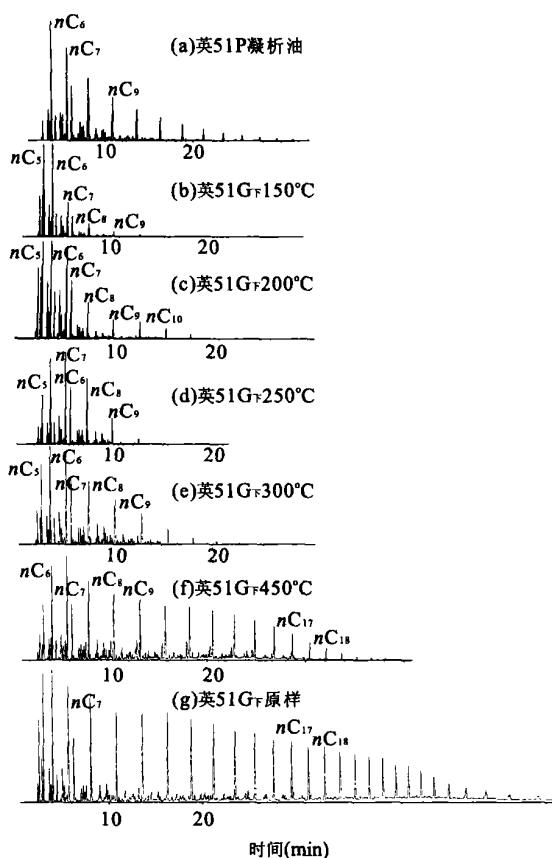


图 4 英 51 井凝析油与 G_T 原样及其不同受热温度下热蒸发冷凝油的 GC 谱

Fig. 4 Comparison of GC trace between condensate and condensation of thermal evaporation of crude oils with common source in well Ying 51

的断层), 但目前埋深仍然较大、温压较高的地区. 这一要求对以腐泥型有机质为主, 且成熟度不是太高, 产物以 C_{14}^{+} 组分为主的齐家-古龙凹陷有些过于严格. 加上由于地温梯度高, 成藏深度浅, 压力较低(相对于有利于凝析油气大量成藏的塔里木盆地低得多), 区内并不太有利于原生凝析气藏的大规模形成, 这与我们对区内凝析油气资源所做的定量评价认识一致^①.

4 结语

(1) 油油对比证实, 松辽盆地齐家-古龙凹陷区(英 51 井)所发现的凝析油与下伏的黑油同源, 这强

①卢双舫, 许凤鸣, 王跃文, 等. 2007. 腐泥型有机质发育区凝析油(气)、轻质油资源评价方法探讨及其应用(待刊).

烈地暗示了凝析油藏的次生成因; (2) 实验室热蒸发模拟实验支持区内所发现的上部油层的凝析油为下部黑油的热蒸发作用所产生. 这种热蒸发作用可能是通过断层或微裂缝沟通富含气体的油层导致压力降低发生的; (3) 凝析油气的热蒸发成因将使区内形成大规模的凝析气藏的可能性减小, 勘探的有利方向应该在有利于蒸发作用发生的通道(如沟通下部黑油与上部圈闭的断层、微裂缝)、但目前埋深仍然较大、温压较高的地区.

References

- Chen, Y. C., Yang, Y. C., 1997. Discrimination of condensate gas reservoir and its favourable area in Gulong sag, Songliao basin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 18(4): 313 – 318 (in Chinese with English abstract).
- Hou, D. J., Zhu, J. Z., Tang, Y. J., et al., 2005. Evaluating fault sealing using geochemical techniques. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 30(1): 97 – 101 (in Chinese with English abstract).
- Huang R. C., Wang T. G., Wang T. D., et al., 1997. Formation and distribution of immature oil and condensate oil in China. Petroleum Industry Press, Beijing, 165 – 169 (in Chinese).
- Kaufman, R. L., Ahmed, A. S., Hemphkins, W. B., 1987. A new technique for the analysis of commingled oils and its application to production allocation calculations. 16th Annual Indonesian Petroleum Assoc. Paper IPA 87 – 23/21, Djakarta.
- Li, S. M., Pang, X. Q., Qiu, G. Q., et al., 2005. Origin and significance of the Ordovician oil from well WG 1, Dongying depression, Bohai bay basin. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 30(4): 451 – 458 (in Chinese with English abstract).
- Li, Y. J., Chen, Y. C., 1997. Genesis of oil and gas and distribution of gas condensate reservoirs in Putaohua formation in Gulong area, Songliao basin. *Jour. of Southwest China Petroleum Institute*, 19(3): 14 – 19 (in Chinese with English abstract).
- Shen, J. N., Lu, S. F., Li, J. K., et al., 2005. Analyzing the phase state genesis of condensate gas by use of relative volatility—By taking the Gulong sag in Songliao basin as an example. *Natural Gas Industry*, 25(9): 3 – 7 (in Chinese with English abstract).
- Thompson, K. F. M., 1987. Fractionated aromatic petroleum and the generation of gas condensates. *Org. Geochem.*, 11(6): 573 – 590.
- Xu, Y. X., 1989. Analysis of oil gas formation & its characteristics in Gu 109 well. *Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing*, 8(4): 29 – 35 (in Chinese with English abstract).
- Zhou, X. X., Liu, G. D., Li, S. J., 1998. Natural gas formation condition and distribution pattern in Taim basin. Petroleum Industry Press, Beijing, 127 – 130 (in Chinese).

附中文参考文献

- 陈义才, 杨远聪, 1997. 松辽盆地古龙凹陷凝析气藏判断及分布. 新疆石油地质, 18(4): 313 – 318.
- 侯杰杰, 朱俊章, 唐友军, 等, 2005. 应用地球化学方法评价断层的封闭性. 地球科学——中国地质大学学报, 30(1): 97 – 101.
- 黄汝昌, 王铁冠, 王廷栋, 等, 1997. 中国低熟油及凝析油形成与分布规律. 北京: 石油工业出版社: 165 – 169.
- 李素梅, 庞雄奇, 邱贵强, 等, 2005. 王古 1 井奥陶系油气成因及其意义. 地球科学——中国地质大学学报, 30(4): 451 – 458.
- 李延均, 陈义才, 1997. 松辽盆地古龙地区葡萄花油层油气成因与凝析气藏形成分布. 西南石油学院学报, 19(3): 14 – 19.
- 申家年, 卢双舫, 李景坤, 等, 2005. 用相对挥发度探讨凝析气的相态成因—以松辽盆地古龙凹陷为例. 天然气工业, 25(9): 3 – 7.
- 许运新, 1989. 古 109 井凝析气藏油气特征及其形成条件分析. 大庆石油地质与开发, 8(4): 29 – 35.
- 周兴熙, 柳广弟, 李绍基, 1998. 塔里木盆地天然形成条件及分布规律. 北京: 石油工业出版社: 127 – 130.