

# 海拉尔盆地呼和湖凹陷热演化史与油气关系

崔军平 任战利 肖 晖

(西北大学地质学系, 陕西 西安 710069)

**摘要:**呼和湖凹陷现今地温梯度为 3.54°C/100 m, 属于中温型地温场。根据镜质体反射率、包裹体测温和磷灰石裂变径迹法恢复了呼和湖凹陷古地温演化史, 研究表明呼和湖凹陷早白垩世古地温梯度可达 3.7~6.5°C/100 m, 古地温梯度高于现今地温梯度, 古地温高于今地温。古地温恢复及热史模拟表明最高古地温是在早白垩世晚期达到的, 下白垩统烃源岩热演化程度主要受古地温场控制。热演化史与油气关系研究表明呼和湖凹陷油气生成期主要有两期, 分别是早白垩世晚期及古近纪以来, 且以早白垩世晚期为主要成藏期, 古近纪以来由于目的层温度降低生烃强度减弱。

**关键词:**海拉尔盆地; 呼和湖凹陷; 地温梯度; 磷灰石裂变径迹; 热演化史

**中国分类号:** P618.130.1 **文章标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2007)03-0522-06

含油气盆地内蕴藏着丰富的石油、天然气、地热等资源, 热演化史在油气生成、运移、聚集方面有着密切的关系, 热演化史不仅直接制约和影响油气的生成、运移和聚集, 而且对于盆地油气资源评价及寻找有利的生油区有很重要的意义<sup>[1-3]</sup>。

海拉尔盆地作为大庆油田第二大含油气盆地, 油气资源丰富。呼和湖凹陷为海拉尔盆地中的一个重要凹陷, 已在和 1 井与和 2 井见到油气显示和低产油流, 生油条件优越, 然而尚未对呼和湖凹陷热演化史进行过系统细致的分析研究。过去虽然对呼和湖凹陷进行大量的镜质体反射率测定和分析, 但未能给出古地温梯度。因此加强热演化史研究对深层油气评价具有重要的现实意义。笔者通过多种古地温研究方法及新的思路研究海拉尔盆地呼和湖凹陷热演化史, 探讨热演化史与油气生成的关系, 这对进一步指导油气勘探及油气成藏条件研究具有重要意义。

## 1 区域地质概况

海拉尔盆地位于内蒙古自治区呼伦贝尔盟境内, 为中新生的多旋回、叠合式、断陷-拗陷型盆地, 盆地基底为海西印支期花岗岩以及三叠系布达特群、侏罗系兴安岭群地层。盆地内充填白垩系、古近系和新近系。白垩系为盆地主体沉积, 从下至上为: 铜钵庙组(K<sub>1t</sub>)、南屯组(K<sub>1n</sub>)、大磨拐河组

(K<sub>1d</sub>)、伊敏组(K<sub>1y</sub>)及青元岗组(K<sub>2q</sub>)。

海拉尔盆地的发育演化主要经历了地壳隆起、断陷阶段、拗陷阶段、萎缩 4 个阶段。盆地现今具有两隆三拗的构造格局。呼和湖凹陷位于海拉尔盆地南部, 为海拉尔盆地二级构造单元, 面积为 2500 km<sup>2</sup>, 盖层厚度较大, 为 3000 m, 是一个半地堑式断陷, 生油条件优越, 是海拉尔盆地一个重要凹陷, 烃源层主要为南屯组, 其次为大磨拐河组。

## 2 地温场特征

地温条件与油气具有十分密切的关系<sup>[4-7]</sup>, 现今地温场是古地温场演化的最后一幕, 是盆地古地温恢复的基础, 笔者利用呼和湖凹陷地层测温资料, 对呼和湖凹陷现今地温场作了进一步深入研究。

从呼和湖凹陷温度-深度关系图(图 1), 可以看出测温数据的总趋势是温度随深度的增加而线性升高, 表现出典型的传导型地温场特征。

通过对地层温度(*T*)与深度(*H*)关系作回归分析, 回归关系式

$$T=0.0354 \times H+8.2$$

式中:*T*为地层温度(°C);*H*为深度(m);8.2为地表温度(°C)。

由回归关系式可知呼和湖凹陷代表性地温梯度为

收稿日期:2007-04-03; 改回日期:2007-05-08

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973)项目(2003CB214605)、高等学校全国优秀博士学位论文作者专项资金项目(200347)和教育部长江学者和创新团队发展计划项目(IR T0599)资助。

作者简介:崔军平,男,1978年生,博士生,从事盆地热演化史与油气成藏研究;E-mail:cuijp78@sohu.com。

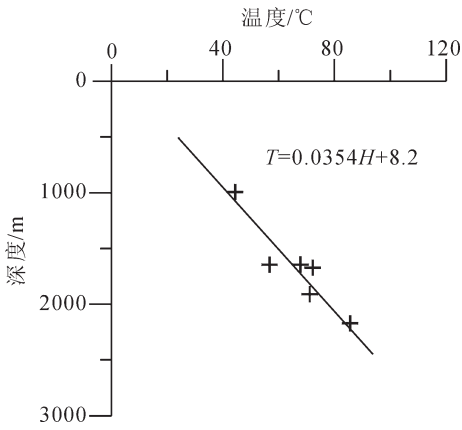


图 1 呼和湖凹陷油层测温与深度关系

Fig.1 Relation of reservoir temperature measurements and depths in the Huh Lake depression

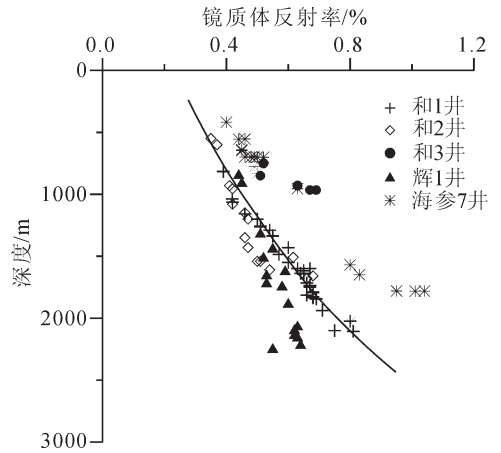


图 2 呼和湖凹陷镜质体反射率(Ro)与深度关系

Fig.2 Relation of the vitrinite reflectance and depths in the Huh Lake depression

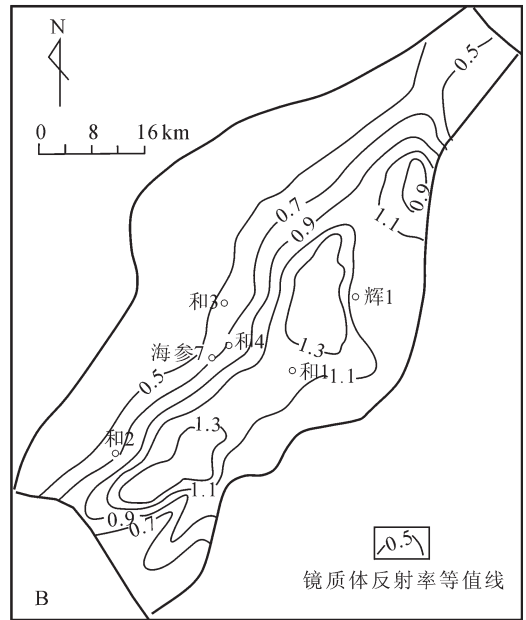
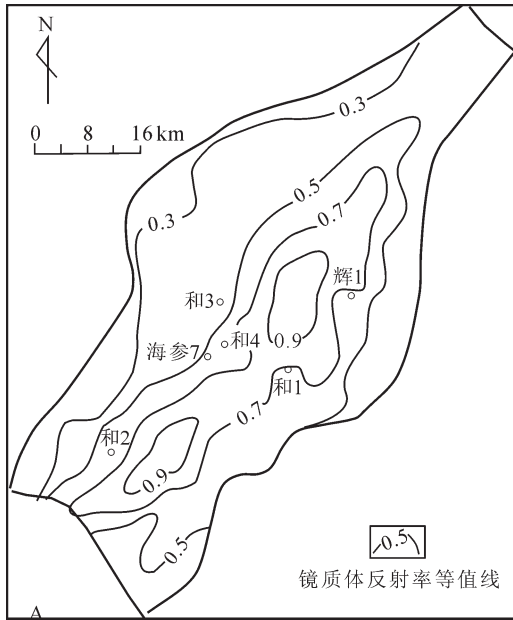


图 3 呼和湖凹陷镜质体反射率(Ro)平面分布图

A—大磨拐河组;B—南屯组

Fig.3 Distribution of vitrinite reflectance (Ro) in the Huh Lake depression

A—Damoguaihe Formation;B—Nantun Formation

3.54°C/100 m, 高于全球平均地温梯度(3.0°C/100 m), 小于松辽盆地现今平均地温梯度(3.7°C/100 m)。与全国各含油气盆地的地温梯度相比, 呼和湖凹陷的地温梯度值处于高温值与低温值之间, 属于中温型地温场<sup>[8-9]</sup>。

### 3 热演化史研究

#### 3.1 热演化程度

镜质体反射率作为有机质成熟度指标被广泛应用于盆

地分析和油气地质研究中。呼和湖凹陷做了大量的镜质体反射率测定工作, 笔者在系统收集了呼和湖凹陷各井镜质体反射率数据的基础上, 对镜质体反射率与深度的关系进行了分析, 镜质体反射率值随深度的增大而增加, 呈明显的线性变化趋势(图 2)。表明呼和湖凹陷古地温主要以传导型为主, 无明显的热对流存在。

根据实测的镜质体反射率和镜质体反射率与深度关系求解的镜质体反射率, 绘制了呼和湖凹陷下白垩统南屯组和

大磨拐河组的镜质体反射率平面分布图(图3),可以看出呼和湖凹陷热演化程度具有中间高、四周低的特点。其中大磨拐河组镜质体反射率值整体较低,和3井以西地区镜质体反射率未超过0.5%,仅在凹陷中心部位达到0.9%,成熟面积较小;南屯组镜质体反射率值较高,海参7井以东地区镜质体反射率超过0.7%,在凹陷中心部位达到1.3%。相同层位热演化最高的是和1井,和1井位于凹陷的中心部位,南屯组镜质体反射率超过1.1%,烃源岩现今处于高成熟生烃阶段。

### 3.2 古地温恢复

#### 3.2.1 镜质体反射率反映的古地温信息

镜质体反射率与深度关系主要反映了早白垩世在达到或接近最大埋深时的古地温场状况,因此可应用呼和湖凹陷镜质体反射率与深度关系求取古地温梯度及剥蚀厚度。

呼和湖凹陷镜质体反射率与深度关系图很有规律性(图2)。海参7井和和3井位于凹陷的高部位,相同深度的 $R_o$ 值最高,代表该井区剥蚀厚度最大,和1井位于凹陷的较深部位,相同深度的 $R_o$ 值最低,代表该井区剥蚀厚度也最小。剥蚀厚度是根据 $R_o$ 外推法求取的,据Dow<sup>[10]</sup>, $R_o$ 最低值取0.2%,计算的早白垩世伊敏组沉积之后的剥蚀厚度具有西大东小、北大南小的特点,剥蚀厚度总体较小,一般不超过1000 m。

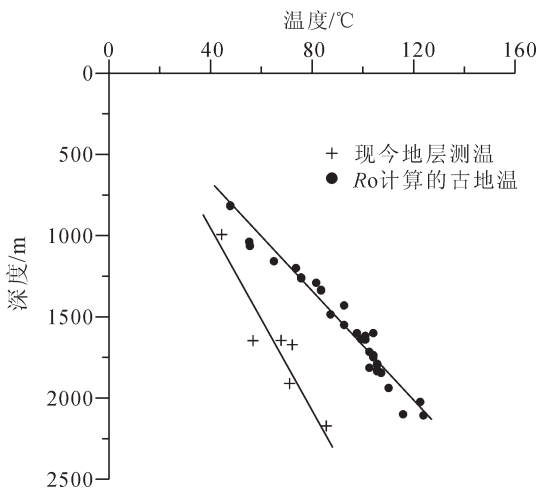


图4 和1井古今地温对比

Fig.4 Comparison of present and ancient subsurface temperatures in well He 1

根据呼和湖凹陷镜质体反射率与深度关系,利用Barker和Pawlewicz建立的最大埋藏温度( $T_{max}$ )与平均镜质体反射率( $R_o$ )之间的关系式 $\ln(R_o)=0.0096T_{max}-1.4$ ,近似求得区内地层经历的最大古地温表明<sup>[11]</sup>:根据镜质体反射率恢复的呼和湖凹陷古地温与深度基本上为线性关系,古地温随深度增加而增大,古地温高于现今地温(图4)。

根据镜质体反射率计算的最大埋藏温度与深度进行回归计算,求得和1井古地温梯度为 $6.2^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ,和2井古地温梯度为 $6.0^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ,海参7井最大,为 $6.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 。

#### 3.2.2 包裹体测温结果反映的古地温信息

包裹体测得均一温度是捕获流体的最低形成温度。在包裹体的地质应用中,一般可用矿物流体包裹体的均一温度加上一定的校正值得来代表包裹体形成的温度,即矿物结晶时的温度。在沉积成岩作用中形成的包裹体,其压力校正值都较小,因此笔者测得的贝尔凹陷包裹体的均一温度数据都未经压力校正,所以由包裹体给出的古地温数据基本可以作为地质历史上真实古地温的下限温度<sup>[12]</sup>。

在呼和湖凹陷选取3块包裹体发育较好的含油砂岩样品,对其中与烃类包裹体同期形成的盐水包裹体进行了均一温度测定。包裹体主要分布于石英微裂隙中、石英脉中和胶结物方解石中,主要为液烃、气液烃和气烃包裹体,大小 $1\sim 4\mu\text{ m}$ 。包裹体测温结果表明:均一温度范围主要分布在 $88\sim 100^{\circ}\text{C}$ (表1)。

呼和湖凹陷和1井1640~2170 m 现今温度为 $55\sim 85^{\circ}\text{C}$ ,和1井1634~1854 m 包裹体均一温度为 $88\sim 98^{\circ}\text{C}$ ;和2井1645~1672 m 现今温度为 $67\sim 72^{\circ}\text{C}$ ,其1637~1655 m 包裹体均一温度为 $91\sim 100^{\circ}\text{C}$ 。古今地温对比表明,古地温高于现今地温。和1井剥蚀厚度为292 m及和2井剥蚀厚度为357 m,用求出的剥蚀厚度恢复了最大古埋深,结合包裹体均一温度估算和1井的平均古地温梯度为 $3.7\sim 4.2^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ,和2井为 $4.2^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ,低于镜质体反射率计算的古地温梯度值。

#### 3.2.3 磷灰石裂变径迹反映的古地温信息

该方法的原理是磷灰石中所含的 $\text{U}^{238}$ 裂变时产生的碎片在磷灰石中会形成裂变径迹,在地质时间内随温度升高,径迹长度减小,密度降低。在 $1\sim 100\text{ Ma}$ ,磷灰石裂变径迹的退火温度为 $60\sim 150^{\circ}\text{C}$ ,此温度正好与生油窗温度( $60\sim 130^{\circ}\text{C}$ )比较接近,故其被广泛地用于盆地古地温场研究。磷灰石裂变径迹分析主要包括径迹年龄和长度分析,通过以上参数的

表1 呼和湖凹陷包裹体测温结果

Table 1 Microthermometric measurements of fluid inclusions in the Huh Lake depression

编号	井深/m	层位	岩性	均一温度/ $^{\circ}\text{C}$		
				温度范围	平均温度	测点数目/个
H1-1	1634.81~1641.18	大磨拐河组	含油细砂岩	90~98	93.4	5
H1-2	1845.13~1853.7	南屯组	砂岩	88~98	93.3	7
H2	1637.24~1655.1	南屯组	油浸粗砂岩	91~100	96	6

分析可以获得盆地地热史方面的许多信息<sup>[13-19]</sup>。

Duddy 等<sup>[20]</sup>已对地下和实验室条件下磷灰石自发裂变径迹退火的温度-时间的关系做了研究, 在实验室和地质条件下, 磷灰石径迹退火的特征基本是一致的, 所不同的是, 在地质条件下, 退火持续时间会很长, 且一次退火后至今的时间区段内, 仍会有新生长径迹产生。在实验室条件下控制径迹退火的主要因素仍然是温度, 而时间因素是次要的。当时间因素改变两个数量级(1~100 Ma)时, 相应退火带位置改变仅相差 25°C<sup>[21]</sup>。

和 1 井 1634.81 m 样品层位为大磨拐河组, 1853.7 m 样品层位为南屯组。呼和湖凹陷裂变径迹年龄及裂变径迹长度随深度增加而减小, 和 1 井这两个样品裂变径迹年龄为 65.4~67.2 Ma, 小于其地层年龄 135~125 Ma, 已受到退火作用, 在深度 2300 m 左右, 裂变径迹年龄减小到零。因此小于 1000 m 为未退火带, 1000~2300 m 为部分退火带, 2300 m 以下为完全退火带, 估算的退火温度为 70~125°C(图 5)。和 1 井 1000~2300 m 现今温度为 43~90°C, 古地温高于现今温度。和 1 井裂变径迹长度图表明后期为抬升冷却过程。根据裂变径迹资料估算的古地温梯度约为 4.2°C/100 m, 接近包裹体测温恢复的古地温梯度值。

### 3.3 3 种方法确定的古地温梯度对比

以上 3 种方法恢复的呼和湖凹陷古地温明显高于现今地温, 恢复的古地温梯度值都高于凹陷的现今地温梯度值。其中包裹体测温和磷灰石裂变径迹法恢复的古地温梯度一致性很好, 而镜质体反射率法恢复的古地温梯度值较高, 高于其他两种方法确定的地温梯度值 3.7~4.2°C/100 m, 可作为呼和湖凹陷古地温梯度的上限值。因此, 呼和湖凹陷早白垩世古地温梯度值在 3.7~6.5°C/100 m。

3 种方法恢复的古地温梯度值高于现今值, 与早白垩世东北地区岩石圈处于伸展拉张减薄的构造背景相一致<sup>[22]</sup>。早白垩世海拉尔盆地处于断陷发育时期, 主要表现为强烈的断陷拉张作用, 伴随有火山岩喷发, 形成了很高的地温场背景, 提高了下白垩统烃源岩的热演化程度。

## 4 热演化史与油气关系

根据 3 种方法恢复的呼和湖凹陷古地温梯度高于现今地温梯度, 烃源岩的热演化程度主要受古地温场控制。热演化史模拟结果表明最大古地温是在伊敏组末期达到的。伊敏组沉积末期盆地经历抬升剥蚀降温的过程, 目的层温度逐渐降低, 烃源岩生烃强度减弱。

从热演化程度来看, 南屯组烃源岩热演化程度高, 成熟面积大, 为呼和湖凹陷主要的油气来源, 大磨拐河组烃源岩热演化程度相对较低, 成熟面积小, 生油规模较小。从古地温恢复结果看来, 海拉尔盆地呼和湖凹陷早白垩世古地温梯度较高, 为 3.7~6.5°C/100 m, 古近纪以来地温梯度逐渐降低到 3.54°C/100 m。呼和湖凹陷现今生油门限在 1500 m, 其生油高峰在 2400 m。呼和湖凹陷热演化史表明南屯组烃源层在大

磨拐河组末期进入生油门限, 在伊敏组 2、3 段沉积时期进入生烃高峰; 大磨拐河组烃源层只有下段的中下部烃源岩进入生油门限, 大部分烃源岩处于未成熟阶段(图 6)。海拉尔盆地在伊敏组沉积之后发生抬升剥蚀, 目的层温度开始降低, 青元岗组沉积以来呼和湖凹陷处于欠补偿状态, 南屯组烃源岩由于埋藏深, 仍然处于高成熟阶段, 但生烃强度较第一次减

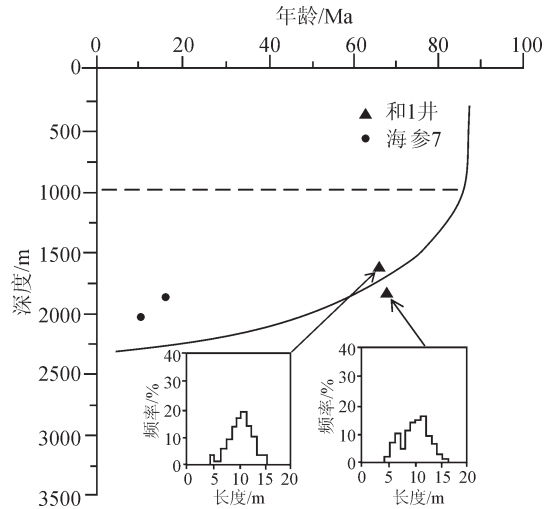


图 5 呼和湖凹陷磷灰石裂变径迹年龄与深度关系  
Fig.5 Diagram of apatite fission-track ages vs. depths in the Huh Lake depression

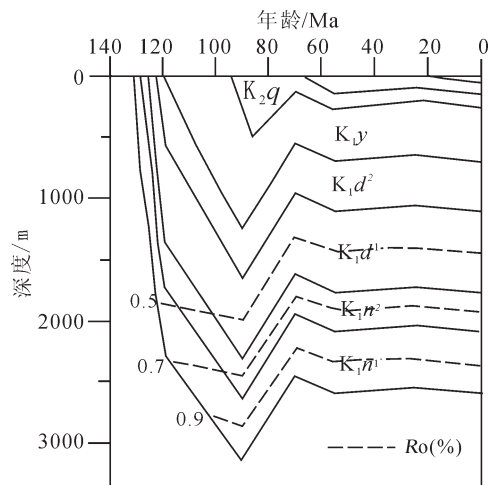


图 6 呼和湖凹陷热演化史与油气关系  
K<sub>2</sub>q—青元岗组; K<sub>1</sub>y—伊敏组; K<sub>1</sub>d<sup>2</sup>—大磨拐河组上段; K<sub>1</sub>d<sup>1</sup>—大磨拐河组下段; K<sub>1</sub>n<sup>2</sup>—南屯组上段; K<sub>1</sub>n<sup>1</sup>—南屯组下段  
Fig.6 Relation between the thermal history and oil-gas generation in the Huh Lake depression.  
K<sub>2</sub>q—Qingyuangang Formation; K<sub>1</sub>y—Yimin Formation; K<sub>1</sub>d<sup>2</sup>—Upper Member of the Damoguaihe Formation; K<sub>1</sub>d<sup>1</sup>—Lower Member of the Damoguaihe Formation; K<sub>1</sub>n<sup>2</sup>—Upper Member of the Nantun Formation; K<sub>1</sub>n<sup>1</sup>—Lower Member of the Nantun Formation



小。大磨拐河组烃源岩埋藏浅,现今处于低成熟阶段,未达到生油高峰期。热演化史表明呼和湖凹陷油气生成期主要有两期,分别是早白垩世晚期及古近纪以来,且以早白垩世晚期为主要成藏期,古近纪以来生烃强度减弱。

#### 参考文献 (Referenes):

- [1] 任战利, 刘池阳, 张小会, 等. 酒东盆地热演化史与油气关系研究[J]. 沉积学报, 2000, 18(4):619-623.  
Ren Zhanli, Liu Chiyang, Zhang Xiaohui, et al. Research on the relations between geothermal history and oil-gas generation in Jiudong basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18(4):619-623 (in Chinese with English abstract).
- [2] 任战利. 鄂尔多斯盆地热演化史与油气关系的研究[J]. 石油学报, 1996, 17(1):17-24.  
Ren Zhanli. Research on the relations between geothermal history and oil-gas generation in Ordos basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 1996,17(1):17-24(in Chinese with English abstract).
- [3] 冯乔, 柳益群, 张小莉, 等. 叠合盆地的热演化史与油气生成——以吐鲁番-哈密盆地南部构造带为例 [J]. 石油与天然气地质, 2004,25(3):268-273.  
Feng Qiao, Liu Yiqun, Zhang Xiaoli, et al. Thermal evolution history and hydrocarbon generation in superimposed basin:taking the southern structural zone in Turpan-Hanmi basin,Xinjiang, as an example[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25 (3):268-273 (in Chinese with English abstract).
- [4] 周江羽, 吴冲龙, 韩志军. 鄂尔多斯盆地的地热场特征与有机质成熟史[J]. 石油实验地质, 1998, 20(1):20-24.  
Zhou Jiangyu, Wu Chonglong, Han Zhijun. Geothermal field and maturing history of organic matter in in Ordos basin [J]. Experimental Petroleum Geology, 1998, 20 (1):20-24 (in Chinese with English abstract).
- [5] 袁彩萍, 徐思煌. 西藏伦坡拉盆地地温场特征及烃源岩热演化史[J]. 石油实验地质, 2000, 22(2):156-160.  
Yuan Caiping, Xu Sihuang. Geothermal field and geothermal history of hydrocarbon source rocks in Xizang Lumpola basin [J]. Experimental Petroleum Geology, 2000, 22(2):156-160(in Chinese with English abstract).
- [6] 张世焕, 任战利, 马团校, 等. 吐鲁番-哈密盆地现今地温与油气关系研究[J]. 地质科学, 2000, 35(4):432-440.  
Zhang Shihuang, Ren Zhanli, Ma Tuanxiao, et al. Research on the relations between present temperature and oil-gas generation in Tulufan-hami basin[J]. Scientia Geologica Sinica, 2000, 35(4):432-440(in Chinese with English abstract).
- [7] 王永新, 冯殿生, 汪集场. 辽河盆地东部凹陷现今地温场及热历史的研究[J]. 地球物理学报, 2003, 46(2):197-202.  
Wang Yongxin, Feng Diansheng, Wang Jiyang. Research on geothermal field and geothermal history in east depression of Liaohu basin [J]. Acta Geophysica Sinica, 2003, 46(2):197-202(in Chinese with English abstract).
- [8] 吴乾蕃, 谢毅真. 松辽盆地大地热流[J]. 地震地质, 1985, 7(2):59-64.  
Wu Qianfan, Xie Yizhen. The geothermal flux of Songliao basin [J]. Seismic Geology, 1985, 7(2):59-64(in Chinese with English abstract).
- [9] 任战利. 中国北方沉积盆地构造热演化史研究[M]. 北京:石油工业出版社, 1999.  
Ren Zhanli. Research on Tectonic Geothermal History in Sedimentary Basins of North China[M]. Beijing:Petroleum Industry Press, 1999(in Chinese).
- [10] Dow W G. Kerogen studies and geological interpretations[J].Journal of Geochemical Exploration, 1977, 7(2):79-99.
- [11] Barker C E, Pawlewicz M J. The correlation of vitrinite reflectance with maximum temperature in humic organic matter [C]//Paleogeothermics, Lecture Notes in Earth Sciences, Springer - Verlag, Berlin, 1986:79-93.
- [12] 严永新, 李亚玉, 胡峻卿, 等. 应用流体包裹体研究内蒙古巴彦浩特盆地热演化史[J]. 现代地质, 2002, 16(3):288-291.  
Yan Yongxin, Li Yayu, Hu Junqing, et al.The application of the liquid enclosure to thermal history in the Bayahaote Basin in Inner Mongolia [J]. Geoscience, 2002, 16 (3):288-291 (in Chinese with English abstract).
- [13] Gleadow A J W, Duddy I R, Lovering J F. Fission track analysis:a new tool for the evaluation of thermal histories and hydrocarbon potential[J]. APEA Journal,1983, 23:93-100.
- [14] Green P F, Duddy I R, Gleadow A J W, et al. Apatite fission track analysis as a paleotemperature indicator for hydrocarbon exploration [C]//Naeser N D, McCulloh T H (eds.). Thermal History of Sedimentary Basin -methods and Case Histories.New York: springer-verlag, 1989:191-196.
- [15] 康铁笙, 王世成. 地质热历史研究的裂变径迹法[M]. 北京:科学出版社, 1991.  
Kang Tiesheng, Wang Shicheng. Fission Track is Method about Research on Geothermal History [M]. Beijing:Science Press, 1991 (in Chinese).
- [16] 任战利. 利用磷灰石裂变径迹法研究鄂尔多斯盆地地热史[J].地球物理学报, 1995, 38(37):39-349.  
Ren Zhanli.Thermal history of Ordos basin assessed by apatite fission track analysis[J]. Acta Geophysica Sinica, 1995, 38(37):339-349(in Chinese with English abstract).
- [17] 赵伟卫, 金强, 王伟锋. 华北盆地济源凹陷古地温梯度的研究-磷灰石裂变径迹的应用[J]. 石油实验地质, 2002, 24(6):555-560.  
Zhao Weiwei, Jin Qiang, Wang Weifeng. Estimation of ancient subsurface temperatures with the apatite fission track in Jiyuan depression of North China basin [J]. Experimental Petroleum Geology, 2002, 24(6):555-560(in Chinese with English abstract).
- [18] 柏道远, 孟德保, 刘耀荣, 等. 青藏高原北缘昆仑山中段构造隆升的磷灰石裂变径迹记录[J]. 中国地质, 2003, 30(3):240-246.  
Bai Daoyuan, Meng Debao, Liu Yaorong, et al. Apatite fission-track records of the tectonic uplift of the central segment of the Kunlun Mountains on the northern margin of the Qinghai-Tibet Plateau [J]. Geology in China, 2003, 30 (3):240-246 (in Chinese with English abstract).

- [19] 苗建宇, 周立发, 邓昆, 等. 吐鲁番坳陷二叠系烃源岩地球化学与沉积环境的关系[J]. 中国地质, 2004, 31(4):424-430.  
Miao Jianyu, Zhou Lifa, Deng Kun, et al. Relationship between the depositional environment and geochemistry of Permian hydrocarbon source rocks in the Turpan depression[J]. *Geology in China*, 2004, 31(4):424-430(in Chinese with English abstract).
- [20] Duddy I R, Green P F, Hegarty K A.Reconstruction of thermal history in basin modeling using apatite fission track analysis [C]// Offshore Australia Conference Process, 1991:49-61.
- [21] Gleadow B S.Estimation of the maximum temperature attained in sedimentary rocks [C]//Welte D H (eds.). *Developments in Petroleum Geology*. London:Appl Scien Pub Ltd, 1983:78-95.
- [22] 任战利. 中国北方沉积盆地热演化史的对比[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(1):33-36.  
Ren Zhanli. Comparison of thermal evolution history in sedimentary basins, North China [J]. *Oil & Gas Geology*, 2000, 21(1):33-36(in Chinese with English abstract).

## Relations between the thermal history and petroleum generation in the Huh Lake depression, Hailar basin

CUI Jun-ping, REN Zhan-li, XIAO Hui

(*Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China*)

**Abstract:** The present geothermal gradient of the Huh Lake depression is  $3.54^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ , so it is a middle-temperature geothermal field. The paleogeothermal gradient reconstructed by the vitrinite reflectance, microthermometric measurements of fluid inclusions and fission-track path method was  $3.7-6.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ , which is higher than the present geothermal gradient, and the ancient subsurface temperatures are higher than the present subsurface temperatures. The reconstruction of the paleogeothermal gradient and modeling of the thermal history indicate that the maximum paleogeothermal values were reached in the Late Cretaceous and that the paleogeothermal field controlled the maturity of Lower Cretaceous hydrocarbon source rocks. Study of the relation between the thermal history and hydrocarbon shows that the formation of hydrocarbon in the Huh Lake depression mainly progressed through two stages: the late Early Cretaceous stage and stage since the Paleogene, with the late Early Cretaceous being the main stage of hydrocarbon accumulation. The intensity of hydrocarbon generation has become weak since the Paleogene with decreasing temperatures in the target strata.

**Key words:** Hailar basin; Huh Lake depression; geothermal gradient; apatite fission-track path; thermal history

---

**About the first author:** CUI Jun-ping, male, born in 1978, Ph.D candidate, engages in the study of the thermal history and hydrocarbon generation and accumulation; E-mail: cuijp78@sohu.com.