

论油气形成的深部分带性

B N 麦列涅夫斯基 A N 福民(俄罗斯)

摘 要 深部(>5 000 m)含油气远景评价具有不容置疑的理论和实际应用意义。通过干酪根样品的高温裂解实验和分析,论述了油气形成的深部分带性,讨论了不同实验样品(干酪根和岩样)的不同实验结果。

关键词 秋明 SG—6 超深井 中维柳依 27 井 岩样 干酪根样品 HI T_{\max} 深部分带性

由于不容置疑的理论和实际应用意义,深部(>5 000 m)含油气远景评价问题常常吸引着科学家的注意力。在这一问题上存在着两个最重要的研究方向。其一是对高温高压环境下油气形成作用的可信估计,其二是对深成作用和世代交替带热动力环境下烃藏保存和改造条件的研究。

十分清楚,若源岩剩余生油潜势完全实现,沉积盆地的含油气远景就会大大减小。源岩层的生烃取决于源岩的成岩演化程度,对其影响最大的当首推热流。温度边界及其对应的绝对深度决定着深部成油的分带性。油气生成分带性的现代理论是由俄罗斯学者于 60 年代末提出得到了全世界的普遍承认的生油主带(主相)理论以及所谓的“生油窗”理论。生油主带的位置由 70~120℃ 温度段决定,生油主带的深度取决于沉积层沉降速率和地热环境。生油主带的结束与深成作用中期第Ⅱ阶段到第Ⅲ阶段演化程度(R_o 为 1.10%~1.15%)相吻合。随着深度的增加,生油主带变成凝析气生成带,再往下则成为生干气带。

对不同盆地来说,生油主带及其下部的凝析气和干气带的深度范围是有很大变化的,其变大或变小取决于多种因素,诸如有机质的类型、沉积盖层岩石包括源岩在内的物质组成、沉降动力学和热流强度等。

本文旨在根据秋明 SG—6 超深井(以下简称“秋 SG—6 井”)和中维柳依 27 井(以下简称“维 27 井”)岩心地球化学资料对西西伯利亚和东西伯利亚地台沉积层有机质成岩演化深部分带性进行对比分析。研究数据是通过煤岩学和 Rock Eval 方法获得的,因此可以进行快速定量和定性生烃动力学评价。需要指出的是,关于研究对象某些成油成气特性方面的研究成果 A. N. 福民在 1995 年已经介绍过,关于“维 27 井”高温裂解资料 B. N. 麦列涅夫斯基等在 1989 年也发表过论文。

1 干酪根样品的高温裂解实验和分析

采取高温裂解法对“秋 SG—6 井”岩心的两个干酪根样品做了盐酸和氟酸脱沥青处理。获取不溶有机质后在抽提器里做了氯仿萃取。选择干酪根而不是岩样进行高温裂解是为了消除矿物质的影响,也是为了在较少高温裂解产物中获取更多可靠信息。采取常用的岩石薄片镜质体反射率测量的煤岩学方法确定了有机质成岩演化程度。图 1 给出了两井干酪根高

温裂解时 HI 值和 T_{\max} 值的变化。如图 1 所示,“维 27 井”晚二叠世含煤剖面生油主带的底界深度为 4 500 m。对于“秋 SG-6 井”,大约在这一深度也可以追踪到侏罗系有机质生油主带的底界。在该井大约 3 500 m 深处,HI 为 100 mg 烃/g $C_{\text{有机}}$,且沿剖面往下,HI 值逐渐降低,在 5 500 m 处,该值小于 25 mg 烃/g $C_{\text{有机}}$ 。“维 27 井”的 HI 值也有同样变化趋势,在 3 000 m、3 500 m 和 4 700 m 处,HI 值分别为 200、100 和 25 mg 烃/g $C_{\text{有机}}$ 。由此可以看出,两井剖面上的油源岩生烃潜势变化趋势非常接近,且完全符合 A. EI. 康塔罗维奇等 1986 年发现的规律。随着埋深的增加在温度曲线 T_{\max} 值逐渐升高。

综合资料表明,在演化中期结束阶段和演化晚期开始阶段剩余生油潜势降至 25~15mg 烃/g $C_{\text{有机}}$,而“秋 SG-6 井”Ⅰ型有机质的这一指标则下降了大约 30 倍。在演化晚期开始阶段之后 HI 值则变得小于 10 mg 烃/g $C_{\text{有机}}$ 。

如果说在演化中期开始阶段 HI 值随深度的变化是无规律的,那么到了演化晚期开始阶段,由于各型有机质失去了演化开始阶段所具有的化学特性,故 HI

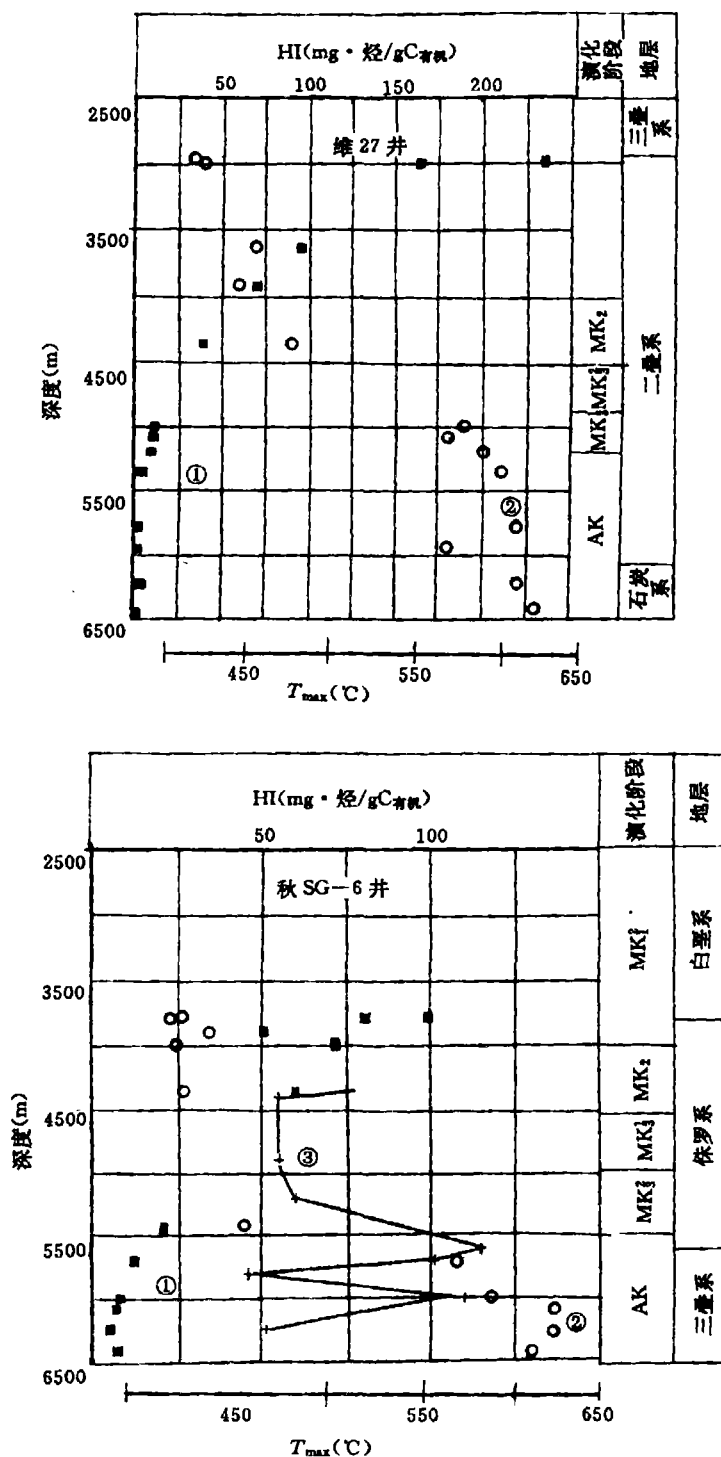


图 1 依据高温裂解数据绘制的超深井地球化学剖面

图中:1. HI 值; 2. T_{\max} 值; 3. 参考文献[1]依据岩石不溶剩余物确定的 HI 值
Mk₃. 演化中期第Ⅲ阶段; Mk₂. 演化中期第Ⅱ阶段; Mk₁. 演化中期第Ⅰ阶段; Ak. 演化晚期

值随深度的变化是单调的、有规律可寻的。这种规律性,包括深部局部生烃强度增大的存在条件,首先是由 A. EI. 康塔罗维奇等人和 V. P. 达妮罗娃于 1973 年发现、之后由 S. G. 聂鲁乔夫证实的。但是这种增大了的生烃强度与成油主相无可比性。

大家知道,干酪根的化学构成决定着其生成物烃的主相的分子组成。作为干酪根化学构成的综合特性最常用的是 H/C 比值和 HI 指数。

许多科学家用实验室高温裂解方法实验研究了不同成熟度有机质的生油和生气潜势,同时还意识到,实验室实验永远不可能再现有机质自然成熟过程,并且还发现,依靠干酪根高温裂解法,当 HI 和 H/C 值分别小于 75 mg 烃/g C_{有机} 和 0.8 之后只能生成以甲烷为主的气态烃。在这里,HI 和 H/C 值对应于 R₀ 为 ~2% 的有机质演化程度。

2 关于不同实验样品(岩样和干酪根样)和不同实验结果的讨论

尽管上述关于有机质演化成油定量评价方面的结论广为认同并且充分证明了生烃的基本理论,但仍有人对此表示怀疑,认为在高压温压条件下可以重新开始大量生烃。有观点指出,“在自然压实岩石条件下,由于高压作用,大部分不溶有机质处于生烃停滞状态”,不可能充分发挥自己的生烃潜势^[1]。参考文献[1]所指“高压”意味着大于 5 000 m 深度的岩层压力。按该文作者的意见,这种未发挥之生烃潜势可以在深部未压实带实现并在独立系统出现烃聚集。

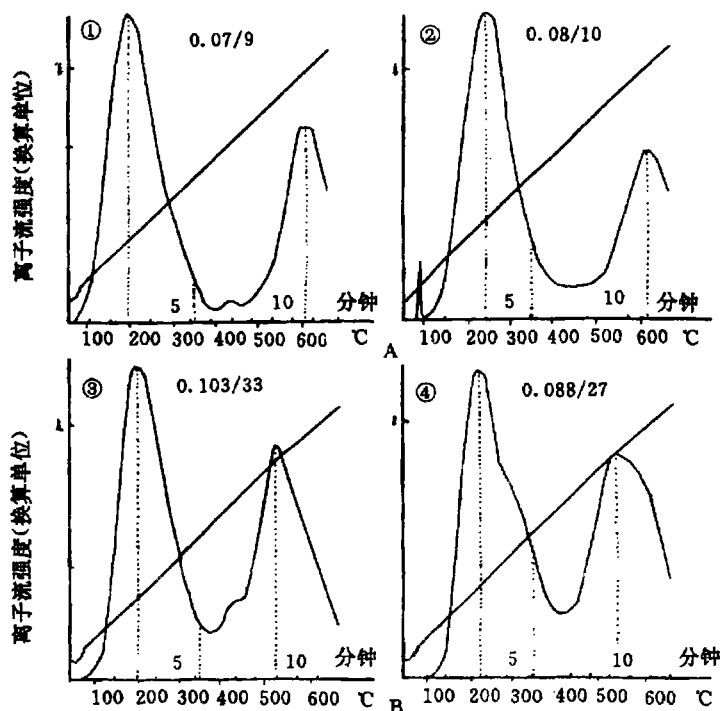


图2 “秋SG—6井”6 410 m(a)和5 286 m(b)段岩心泥板岩高温裂解曲线

样品:1、3. 未经处理;2、4. 经盐酸处理。方框中的数字:分子表示和峰值时排烃总量(mg 烃/g 岩石);分母表示按岩样品计算的 HI 值(mg 烃/C_{有机})。

为了解决在“秋 SG—6 井”剖面有机质演化问题上的分歧,我们分析一下参考文献[1]中的具体资料。

该文在高温裂解条件下研究“秋 SG—6 井”岩心时,既使用了自然状态下的岩样,又使用了盐酸处理过的岩样(不溶剩余物)。如果参考文献[1]的 HI 值是依据未经盐酸处理过的岩样取得的,则与目前报道的没有原则差别。依据干酪根和依据不溶剩余物取得的数据是有极大差别的。为了描述参考文献[1]依据不溶剩余物获得的数据,现将其示于图 1。如图所示,依据不溶剩余物获得的值比依据干酪根取得的值高出一个数量级。现在再来看一下这些值的可靠性。众所周知,影响 Rock Eval 方法岩样高温裂解结果解释的有两个因素。一是所谓的“矿物质效应”,这也是最重要的因素,特别是当岩石含铝土矿物且 $C_{\text{有机}}$ 含量很低时干扰更大。第二个因素取决于沥青中树脂—沥青质对 S_2 高温裂解峰值的贡献。由于这两个因素的影响,从岩样中获取的 HI 值会大大(5~10 倍)低于从该岩样的干酪根中获取的数值。

然而,在上面的研究情形中从岩样和干酪根中获取的数值实际上没有差别,也就未发现类似的影响因素。

为了解释发现的不吻合性,取与参考文献[1]相同深度段的岩样及其不溶剩余物做了高温裂解分析。结果发现未处理岩样及其不溶剩余物之间既无在排烃量上,也无在烃的动力学分离上的差异。两种样品的高温裂解结果见图 2。排烃曲线(火焰—离子检测电流)与排烃速度峰值均在正常值范围。这一结果说明,参考文献[1]关于深部有机质生烃趋势“停滞”的结论很可能在分析根据上欠可信度。

这样,西伯利亚超深井资料就完全证实了俄罗斯学者提出的油气形成分带性理论,同时并未对其提出修正根据。

参 考 文 献

- 1 И Ц Полякова, Г Ч Борукаев, Г Н Перозин и др. Нефтегенерационный потенциал палеоних глубинах Докл. РАН, 1995, 345 (2): 236~239.
- 2 А Э Конторович, И Д Полякова, М М Колганова и др. Превращения органического вещества в мезо. и апокатагенезе Сов. геология, 1988, (7): 26~36.

史斗 译自 Геология нефти и газа, 1997, (7): 4~7.