

地史过程中煤岩显微组分含量的恢复及其意义^①

王雅春¹ 庞雄奇² 卢双舫¹

1(大庆石油学院 黑龙江安达 151400) 2(石油大学 北京 100083)

摘要 在地史过程中煤岩显微组分的相对含量是变化的, 用其现今实测值代替地史演化过程中的含量值计算生烃量势必产生误差。提出了一种恢复地史过程中煤岩显微组分相对含量的方法并进一步研究表明: 煤岩中稳定组的相对含量在地史过程中变化最大, 其次是镜质组和丝质组。用煤岩当前显微组分相对含量计算的地史过程中甲烷气、重烃气和液态烃的生成量较实际值要小, 它们的最大偏差在理论上分别可达到 14.04%、32.25% 和 32.71%。

关键词 煤岩 显微组分 生烃量

第一作者简介 王雅春 女 30岁 硕士 盆地模拟

1 问题的提出

地史过程中泥岩的有机母质丰度含量会发生变化, 研究这种变化对于评价源岩和计算油气资源具有重要意义^[1-4]。煤岩中的有机显微组分一般划分为三种, 即稳定组、镜质组和丝质组。它们的生烃潜力差别很大^[5,6], 而且, 在煤岩演化生烃过程中, 这三种组分的相对含量要发生变化。研究它们的变化及其规律性对于评价煤源岩和计算煤成油气资源具有同等重要的意义。

另外, 煤岩中不同显微组分的油气发生率有很大的不同, 同样条件下, 稳定组产烃率远较镜质组的大, 镜质组的产烃率远较丝质组的大^[5,6], 所以计算煤岩的产烃量时须考虑煤岩中各种显微组分的相对含量。而不同的显微组分在不同演化阶段的转化率又不同, 因此, 它们的相对含量要发生变化, 现今煤岩中的显微组分与地史过程中的也可以有很大不同, 如果用现今显微组分的相对含量计算地史过程中煤岩的生烃量就不能得出正确的结果。

2 地史过程中煤岩显微组分含量变化的计算模型

2.1 地质模型

设煤岩转化初始时刻的质量为 m_o , 当前母质的质量为 m , 地史过程中母质转化总量用 Δm 表示。则转化率 R 可用下式表示:

$$R = \frac{\Delta m}{m_o} = \frac{m_o - m}{m_o} \quad (1)$$

2.2 数学模型

①根据转化率的定义, 可将煤岩中三种组分从初始时刻到当前终止时刻的转化率表示为:

$$m^i = m_o^i(1 - R_i), \quad i = w, j, s \quad (2)$$

式中: m^i —转化终止时刻煤岩中 i 组分的量;

m_o^i —转化初始时刻煤岩中 i 组分量;

R_i —煤岩中 i 组分转化率。

②设 a, b 为地史过程中前、后任意两时刻, 依据转化率的定义可将 a, b 两时刻显微组分转化关系表示为:

$$m_a^i = m_b^i \left(\frac{1 - R_{ia}}{1 - R_{ib}} \right), \quad i = w, j, s \quad (3)$$

式中: m_a^i, m_b^i —煤岩中 i 组分在 a, b 两时刻的母质量;

R_{ia}, R_{ib} —煤岩中 i 组分在 a, b 两时刻的转化率。

③再依据显微组分相对含量的意义, 地史过程中转化初始时刻(a)与当前时刻(b)的母质量及转化率等参数间的关系可表示如下:

$$r_i^a = \frac{m_a^i}{\sum_{i=w, j, s} m_a^i} = \frac{m_b^i \left(\frac{1 - R_{ia}}{1 - R_{ib}} \right)}{\sum_{i=w, j, s} m_b^i \left(\frac{1 - R_{ia}}{1 - R_{ib}} \right)} \quad (4)$$

① 收稿日期: 1997-02-24 收修改稿日期: 1998-03-30

$$r_i^b = \frac{m_b^i}{\sum_{i=w,j,s} m_b^i} = \frac{m_a^i \left(\frac{1-R_{ib}}{1-R_{ia}} \right)}{\sum_{i=w,j,s} m_a^i \left(\frac{1-R_{ib}}{1-R_{ia}} \right)} \quad (5)$$

式中: r_i^a, r_i^b —煤岩转化前(a)、后(b) i 组分的相对含量;

m_a^i, m_b^i —煤岩转化前(a)、后(b) i 组分的母质量;

R_{ia}, R_{ib} —煤岩转化前(a)、后(b) i 组分的转化率。

上述式中, 如果已知煤岩转化终止时刻各组分的含量 m_b^i 及各组分在 a, b 两时刻的转化率 R_{ia} 和 R_{ib} , 则地史过程中 a 时刻各种组分的相对含量 r_i^a 可以恢复计算。同理, 在确知 m_a^i, R_{ia} 和 R_{ib} 的情况下可以推算出 r_i^b 。

3 实例分析

3.1 显微组分相对含量的变化

为讨论问题方便, 本文主要考虑四种煤样。将 $R_o = 0.2\%$ 视为煤岩转化初始时刻, 将 $R_o = 0.5\%、1.0\%、1.5\%、2.5\%、3.5\%$ 分别视为四个煤岩转化的五个终止时刻。当然, 也可以将其中任意两个自小而大的不同的 R_o 视为煤岩转化的初始时刻和终止时刻。

将转化初始时刻煤岩中各种显微组分的含量 m_b^i 、转化初始时刻(a)和终止时刻(b)各种显微组分的转化率 R_{ia}, R_{ib} [3] 代入公式(4), 求出转化末期煤岩中各种显微组分的相对含量 r_i^a 。同理, 可以利用 m_a^i, R_{ia} 和 R_{ib} 恢复出地史过程中任意转化初始时期各显微组分相对含量 r_i^b 。表 1 为详细结果。

表 1 地史过程中煤岩显微组分相对含量变化的计算结果

Table 1 Results of the relative contents of macerals variation in the geohistory

转化程度 $R_o/\%$	0.2			0.5			1.0			1.5			2.5			3.5		
	W	J	S	W	J	S	W	J	S	W	J	S	W	J	S	W	J	S
煤样 1	1.75	83.2	15.0	1.5	82.6	15.9	1.17	81.7	17.1	0.98	80.9	18.1	0.99	80.2	18.9	1	80	19
煤样 2	4.31	82.1	13.6	3.72	81.8	14.5	2.90	81.4	15.7	2.44	80.9	16.7	2.49	80.2	17.4	2.5	80	17.5
煤样 3	8.43	80.2	11.4	7.31	80.5	12.2	5.77	80.8	13.4	4.89	80.8	14.3	4.97	80.1	14.9	5	80	15
煤样 4	16.1	76.6	7.3	14.2	78.0	9.87	11.4	79.8	8.81	9.76	80.7	9.51	9.94	80.1	9.92	10	80	10

可以看出, 稳定组含量随 R_o 增大而减小, 丝质组含量随 R_o 增大而增大, 镜质组含量则变化不大。例如, 当煤母质的 R_o 从 0.2% 到 $0.5\%、1.0\%、2.5\%$ 和 3.5% 变化时, 煤样 1 的稳定组含量从 1.75% 到 $1.50\%、1.17\%、0.98\%、0.99\%$ 和 1% 变化; 煤样 2 的稳定组含量从 4.31% 到 $3.72\%、2.9\%、2.44\%、2.49\%$ 和 2.5% 变化; 降低幅度最大达 75% 。煤样 1 的丝质组含量从 15.0% 到 $15.9\%、17.1\%、18.1\%$ 和 18.9% 变化; 煤样 2 的丝质组含量从 13.6% 到 $14.5\%、15.7\%、16.7\%、17.4\%$ 和 17.5% 变化; 增加幅度可达 26.6% 。镜质组含量略有降低, 幅度在 4% 左右。

需要说明的是, 这里还仅仅只考虑了各显微组分成烃转化率的不同所导致的它们的相对含量的变化。实际上, 随演化程度加深, 在实际样品中所检测

到的稳定组含量有明显下降, 除与上一因素有关外, 还与它们因生烃作用而导致的它们在化学组成和光学性质上趋向于镜质组和惰性组有关。在演化程度较高的阶段, 这一因素更为重要。因此, 实际演化过程中, 显微组分相对含量的变化幅度比上述计算所得结果可能还要大。

3.2 意义讨论

研究煤岩显微组分含量在地史过程中的变化是为了更加准确地计算地史过程中油气的生成量, 它们的变化必然导致生烃量的变化。图 1 是在考虑和不考虑地史过程中煤岩显微组分相对含量变化的情况下计算的生油气量偏差。

需要指出的是, 这里的偏差是将 $R_o = 3.5\%$ 的煤样作为当前转化终止时刻的样品而计算得出的, 它表明的是: 用煤岩转化到 $R_o = 3.5\%$ 时的显微组

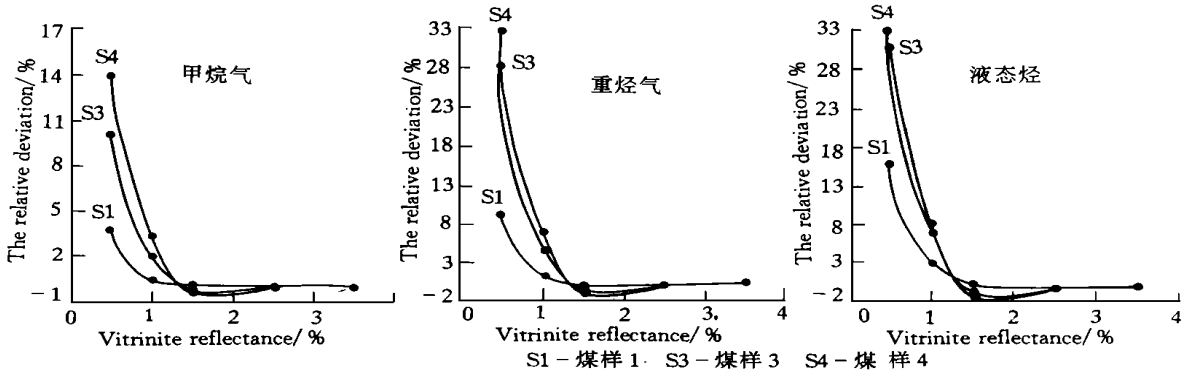


图1 不恢复地史过程中煤岩显微组分含量对生烃量的影响

Fig. 1 Deviations of hydrocarbons generated in coal macerals during geological history without correcting their relative contents

分含量代替煤岩各地史时期 ($R_o < 3.5\%$) 显微组分含量计算生烃量时可能造成的偏差。

可以看出, 计算 $R_o = 3.5\%$ 的煤母质在地史过程中生油气量时, 考虑和不考虑煤岩显微组分相对含量变化造成的偏差与煤母质的转化程度有关, 转化程度与当前的越接近, 二者偏差越小。例如, 将母质转化程度 R_o 恢复到 3.5% 、 2.5% 、 1.5% 、 1.0% 和 0.5% 时, 甲烷气、重烃气和油的计算偏差逐步增大, 另外还随稳定组含量增多而增大。从图1中还可以看出, 3个煤样中, 计算甲烷气量造成的偏差最小, 计算油量造成的偏差最大, 重烃气偏差介于二者之间, 它们的最大偏差分别达 14.04% 、 32.71% 和 32.35% 。另外, 从图1还可以看出, 煤母质转化程度约大于 1.5% 时, 计算甲烷气、重烃气和液态烃量造成的偏差几乎为0, 在煤母质转化程度 R_o 约小于 1.5% 时, 计算生油气量造成的偏差随着 R_o 的减小而增大。

4 结论

①在地史过程中, 随着煤有机质转化程度的增大, 稳定组的含量变小, 丝质组的含量变大, 镜质组的含量变化较小。它们在地史过程中的变化幅度可高达 75% 、 4% 和 26% 。

②煤的生烃量与煤的显微组成密切相关。稳定

组、镜质组和丝质组的油气发生率不同, 因此它们在地史过程中的变化对煤的生烃量计算具有重要影响。

③用现今煤中的稳定组、镜质组和丝质组的百分含量计算地史时期的煤的生烃量较实际条件下的生烃量偏小, 这种偏差随着与现今母质转化程度的差异增大而增加, 随着稳定组百分含量的增加而明显增大, 而且油的计算偏差最大, 重烃气的次之, 甲烷气的最小, 它们在理论上的最大偏差分别可达 32.71% 、 32.35% 和 14.04% 。可见, 对地史过程中煤岩显微组分相对含量的恢复是有必要的。

参 考 文 献

- 1 方祖康, 方祖康, 陈章明等. 有机质泥岩热演化过程中有机碳含量的变化特征. 大庆石油学院学报, 1986, 10(3): 13~15
- 2 庞雄奇, 陈章明, 陈发景等. 地史过程中岩石有机质含量的变化. 石油学报, 1988, 9(1): 17~24
- 3 庞雄奇. 含油气盆地地史、热史、生留排烃史数值模拟研究与烃源岩定量评价. 北京: 地质出版社, 1993, 37~69
- 4 王子文, 赵锡焜, 卢双舫等. 原始有机质丰度的恢复及其意义. 大庆石油地质与开发, 1991, 10(4): 20~26
- 5 傅家谟, 刘德汉, 盛国英等. 煤成烃地球化学. 北京: 科学出版社, 1990, 253~283
- 6 黄第藩, 华阿新, 王铁冠等. 煤成油地球化学新进展. 北京: 石油地质出版社, 1992, 8~10

Recovery of the Content of Coal Macerals at Any Geohistory Time and Its Significance

Wang Yachun¹ Pang Xiongqi² Lu Shuangfang¹

1 (Daqing Petroleum Institute, Anda Heilongjiang, 151400)

2 (Petroleum University, Beijing 100083)

Abstract

The relative contents of coal macerals vary with geological time. Therefore, it must make errors to calculate the amounts of hydrocarbons generated during geohistory based on the present test maceral compositions. The present paper gives out a method for recovering the relative content of coal macerals in the geohistory. The further research shows that the relative content variation of the liptinite is the largest during the geohistorical process, then are the vitrinite and fusinite. And the amounts of CH₄, C₂-C₄ and liquid oil generated in coal during geohistory will be underestimated if the calculation is based on the present maceral compositions. Their maximum theoretical deviations can reach to as high as 32.72%, 32.25% and 14.04%, respectively.

Key words coal maceral amounts of hydrocarbons generated