

# 泥质沉积物排烃模拟

卢书铄

(地质矿产部石油地质中心实验室)

本文主要通过模拟地层压力、温度、生油层与储集层接触面、缺氧等条件,以求含油泥质沉积物(或干酪根)在温压系统中的排烃率,为油气资源量的估算提供依据。另外,根据模拟结果,对初次运移的形式也进行了探讨。

对含油气盆地的生油层的排烃量作定量的估算,不仅与油气资源量的评价有直观的联系,而且牵涉到生油理论的进展,因此在理论和实践上具有极其重要意义。而关于排烃量的计算问题国外目前还处于开始阶段,一些人是采用“假定的”或者“估计的”排烃效率来估计排烃量,另一些人则是在极其简化的条件下用数学方法来计算排烃量,这些方法都是值得进一步研究的。

本文的目的是通过模拟地下地层压力、温度、生油层与储集层接触面、缺氧等条件下,求得含油(或干酪根)泥质沉积物在温压系统中的排烃率,为估算石油资源量提供具体数据。并根据模拟所得的资料,结合具体的含油气盆地的生油层,计算其排烃率,以进行验证。

另外,在探讨排烃量的计算方法时,将涉及到①引起烃类从生油层中作初次运移的驱动力和②石油运移的形式。前者较多地含有物理的、地质的因素,其基本动力为“异常高压”,这一点目前大多数意见趋向一致。而现在意见分歧最大,争论也多的是后者,表现为Barker(1959)[1], McAuliffe(1963)[2], Peake等(1967)[3], Welte(1972)[4], Price(1976)[5]等以具体实验数据为依据,并得到许多支持者水控制运移说(特别是分子溶解机理),同最近的Dickey(1975)[6], Momper(1978)[7], Jones(1978)[8], McAuliffe(1978, 1979)[9,10]等所主张的独立于水的石油呈单一液相进行运移的学说之间的争论。可是从整体来看,这一问题仍处于浑沌状态。本文亦将在这一方面根据模拟结果,对初次运移的形式进行探讨。

## 一、模拟装置的简介及实验条件

实验中我们自行设计了一套高压控温压实装置(图1),主要组成部分为:压实模具、油压千斤顶、加热炉及自动控温装置、密封罐及充氮装置、高度测量系统(钢尺标杆和百分表)、流体收集部件。

压实模具是压实装置的核心部分。它由筒体、柱塞、塑料板、金属渗滤片、多孔钢圆板和底座组成（图2）。其中金属渗滤片的孔隙大小既影响排液的速率，也决定着能否有效地把沉积物和流体分清，同时也必须保证让所通过的流体不改变成分，滤片在受压后不发生形变、破碎。这里所采用不锈钢金属渗滤片是由金属粉末冶炼热压而成。

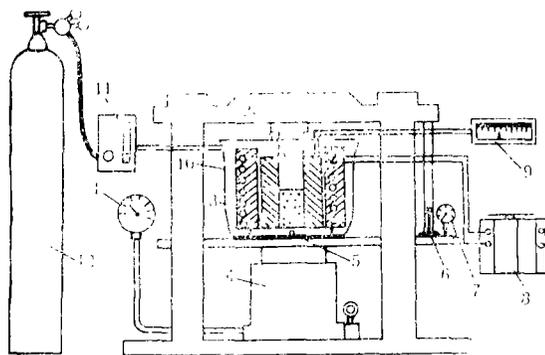


图1 压实装置示意图

- 1—压力表；2—压实模具；3—加热炉；5—千斤顶；  
5—排液孔；6—高度标尺；7—百分表；8—变压器；  
9—温度控制器；10—密封罐；11—流量计；12—钢瓶

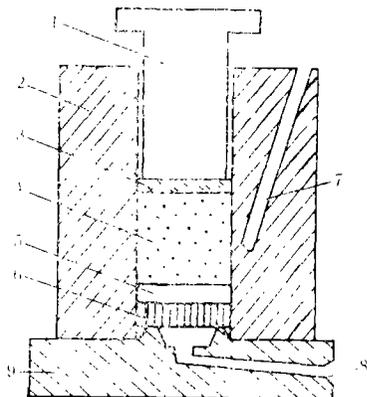


图2 压实模具示意图

- 1—柱塞；2—钢筒体；3—塑料板；4—样品；  
5—金属渗滤片；6—多孔圆板；7—热电偶插孔；8—液体排出孔；9—底座

利用上述的装置，我们可以通过对泥质沉积物样品的加压升温来模拟地层压力和地温下其物性的变化，通过金属渗滤片的排液来模拟泥质沉积物和具较大孔隙率的储层接触面上流体排出的情况，将整个模具和加热炉置于充氮的密封罐中来模拟沉积物在缺氧条件下的逐渐深埋。

为了模拟地层压力和温度，我们在分析某油区钻井样品和实测井温资料的基础上，为了补偿沉积物的压实成岩时间，通过反复实验，确定以341.2兆帕来模拟埋深4500米泥岩所受到的压力，温度相应升到135℃，实验条件见表1。

表 1 实验的压力与模拟的深度和温度对应表

压力(兆帕)	6.9	12.7	26.4	39.2	65.7	92.1	118.6	145	171.6	198	224.5	251	277.5	303.9	330.4	341.2
模拟深度(米)				500	850	1200	1550	1900	2250	2600	2950	3300	3650	4000	4350	4500
温度(℃)				20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	135

## 二、几种主要粘土矿物对烃类的吸附量

在确定模拟条件的基础上，经烃类处理的浙江临安钠质蒙脱石、溧阳钙质蒙脱石、江宁黄龙山伊利石和苏州阳西高岭石（对这些粘土矿物的原样进行了提纯，除去了非粘土杂质，并分别作了X射线衍射和差热-热重分析检查），在充氮气氛的模具内加压升温，模拟地层深埋，研究其对烃类的吸附量。由于泥质沉积物主要是由这三类粘土矿物

组成，因此通过上述模拟就可求出含油泥质沉积物随埋深的排烃率。

处理上述粘土矿物的烃类为原油。其族组份为沥青质1.79%、饱和烃58.41%、芳烃6.83%、非烃6.19%、轻烃26.78%。

处理过程是将约为粘土样重量5%的原油，用氯仿稀释，把它和自然风干的经研磨的粘土样放入具塞三角烧瓶中浸泡一天，然后用冷吹风将样品吹干，并把它研磨拌匀，再放入具塞三角烧瓶中储存备用。

将上述经烃类处理后的粘土矿物样品分成重量相等的四份，一份保存，其余三份分别装入模具，在充氮气氛和孔隙率为28.98%的金属渗滤片的条件下，各自增压升温到105.4兆帕、45℃，303.9兆帕、90℃和224.5兆帕、120℃。冷却后将样品从模具中取出，经研磨后，保存于相对湿度为50%的干燥器内。另外未经烃类处理的三类粘土矿物原样亦放入这干燥器中，供分析用。

粘土矿物样中烃类的吸附量是通过在充氮气氛中，程序升温到610℃的热重分析来确定的。由于粘土矿物本身在加热过程中也要失重，因此在计算粘土矿物的烃类吸附量时，必须扣去相同称量的粘土矿物在同样实验条件下的失重量，这一减剩量是粘土样中大部分的含烃量。又由于称量都是相等的，因此还要加上样品中由于这部分烃类存在，使粘土矿物量减少而导致粘土矿物失重量减少的重量，这是样品中一小部分的含烃量。这两部分含烃量之和为该样品吸附的烃类含量。

另外把在室温下未加压的含烃粘土样的初始烃类吸附量，分别减去在上述各种压力温度下样品的烃类吸附量，其差值占初始烃类吸附量的百分率即为泥质沉积物在各种模拟地层压力和温度下的排烃率。测量结果见图3和表2。

图3和表2为计算含油气盆地的生油层的排烃率提供了具体数据。计算方法如下：

设某一埋深泥质沉积物中各种矿物的相对百分含量为 $X_1, X_2, \dots, X_n$  (%)，

$$\sum_{i=1}^n X_i = 100\% \quad (1)$$

而通过实验所得的模拟相应埋深的各种矿物单独存在时的排烃率为 $y_1, y_2, \dots, y_n$  (%)，则该泥质沉积物在这一埋深的排烃率为

$$W_{HC} (\%) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{100} (\%) \quad (2)$$

按以上方法，对苏北高邮凹陷三口钻井（从盆地边缘到中央分别为苏高128井、苏高122井和苏都136井）的第三系生油层（阜宁组四段和阜宁组二段）的排烃率进行了计算，结果列于表3。

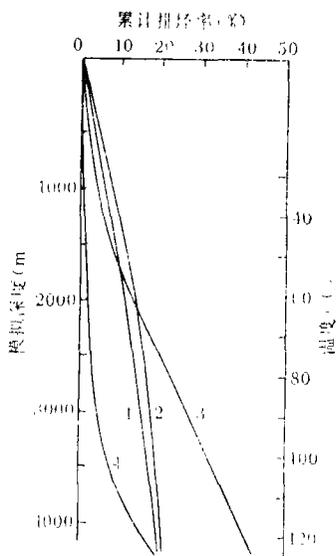


图3 几种粘土矿物累计排烃率

1—钠质蒙脱石；2—钙质蒙脱石；3—伊利石；4—高岭石

表 2 温压系统中几种矿物的排烃率

压力 (兆帕)	温度 (°C)	模拟埋深 (米)	排 烃 率 %				
			临安钠质 蒙脱石	溧阳钙质 蒙脱石	黄龙山伊 利石	阳西高岭 石	碳酸钙 (化学纯)
		100	0.5	0.7	0.5	0	1.9
		200	1.2	1.7	0.9	0.3	3.7
		300	1.9	2.6	1.1	0.5	5.4
		400	2.5	3.5	1.5	0.5	6.5
39	19	500	3.2	4.4	2.0	0.6	7.6
		600	3.8	5.0	2.4	0.8	8.3
		700	4.3	5.8	2.8	0.9	8.8
		800	4.7	6.3	3.1	1.0	9.1
		900	5.2	6.9	3.6	1.0	9.5
73.5	33	1000	5.7	7.5	4.1	1.1	9.8
		1100	6.1	8.1	4.6	1.2	10.0
		1200	6.6	8.6	5.2	1.3	10.1
		1300	7.1	9.3	5.9	1.4	10.4
		1400	7.6	9.9	6.6	1.5	10.6
110.7	47	1500	8.2	10.6	7.5	1.6	10.8
		1600	8.7	11.1	8.4	1.7	10.9
		1700	9.4	11.7	9.5	1.8	11.0
		1800	9.8	12.2	10.5	1.9	11.1
		1900	10.2	12.6	11.5	2.0	11.3
147.7	61	2000	10.5	13.0	12.7	2.0	11.5
		2100	11.0	13.5	14.0	2.1	11.6
		2200	11.4	13.9	15.2	2.2	11.7
		2300	11.9	14.3	16.7	2.3	11.8
		2400	12.3	14.8	18.0	2.4	11.9
184.8	75	2500	13.1	15.1	19.4	2.5	12.1
		2600	13.4	15.5	20.8	2.7	12.2
		2700	13.7	15.9	22.2	2.9	12.3
		2800	14.0	16.2	23.7	3.2	12.5
		2900	14.3	16.6	25.1	3.5	12.6
221.9	89	3000	14.6	17.0	26.5	3.9	12.7
		3100	15.1	17.4	27.8	4.4	12.9
		3200	15.6	17.8	29.1	5.0	13.0
		3300	16.0	18.1	30.4	5.7	13.2
		3400	16.5	18.5	31.7	6.4	13.3
258.9	103	3500	17.0	18.9	33.0	7.4	13.4
		3600	17.4	19.2	34.3	8.3	13.5
		3700	17.8	19.4	35.5	9.3	13.7
		3800	18.2	19.7	36.8	10.8	13.9
		3900	18.6	19.9	38.0	12.2	14.1
296	117	4000	19.0	20.2	39.3	13.7	14.3

表 3 苏北高邮凹陷三口井生油岩平均排烃率(%)

井 名	阜 四 段	阜 二 段
苏高128井	13.0(3)*	17.0(3)
苏高122井	14.8(3)	17.6(1)
苏都136井	25.6(18)	31.5(6)
苏高128井、苏高122井和苏都136井	22.7(24)	25.8(10)

\*括号内为样品数

据资料报导，由高邮凹陷21口井118个阜二、四段生油岩的运移系数<sup>1)</sup>统计结果，取

$$1) \text{ 运移系数 } m = \frac{HC_1 - HC_2}{HC_1} \quad \text{式中：} HC_1 \text{ 为生油岩生成的烃量。} HC_2 \text{ 为运移后生油岩中剩余的烃量}$$

30%作为高邮凹陷平均运移系数。按表3可以认为,这一个系数只相当于凹陷中央部位的排烃率,边缘部位排烃率将有所降低。

另外,图3的几种粘土矿物累计排烃率曲线,可按模拟埋深1600米和50℃为界,将排烃率变化划分为两个阶段。在这界线以上的第一阶段中排烃率按钙质蒙脱石 > 钠质蒙脱石 > 伊利石 > 高岭石顺序排列;界线以下的第二阶段中排烃率按伊利石 > 钙质蒙脱石 > 钠质蒙脱石 > 高岭石。关于影响这些粘土矿物排烃率的因素将在下面探讨。

### 三、现代沉积物的排烃模拟

我们对一个海洋现代沉积物样品进行了排烃模拟。该样品的分析资料见表4。

表 4 海洋现代沉积物样品分析资料表

粒级(mm)	0.08-0.063	0.063-0.031	0.031-0.0156	0.0156-0.0078	0.0078-0.0039	<0.0039
粒级重量%	0.39	3.88	13.71	27.75	24.00	30.42
矿物相对含量%	碳酸盐24.5, 蒙脱石23.3, 伊利石49.2, 高岭石3.0					
族组份(%)	沥青质	饱和烃	芳 烃	非 烃		
	6.03	7.50	8.05	37.30		
有机碳(%)	0.79	沥青“A”(%)	$1.21 \times 10^{-2}$	真比重	2.67	

由于样品中含有干酪根,在热降解过程中将产生烃类,随着升温增压,将被排出。所以要模拟排烃,需要考虑这部分烃类产生的温度。为此我们以茂名油页岩的干酪根进行模拟条件试验。它在充氮气氛和程序升温速率为5℃/分的条件下,明显热降解的温度是在350—450℃(图4)。但是这样高的温度一方面与地下实际温度相差甚远,另一

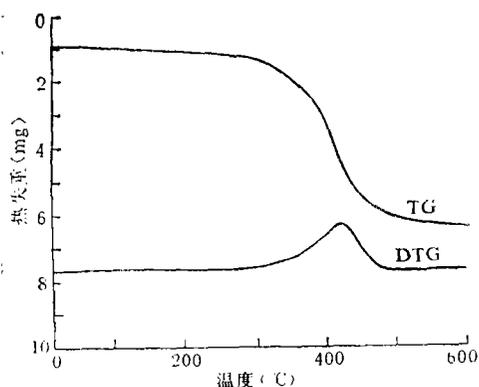


图4 茂名油页岩干酪根的TG和DTG曲线图

TG—热重 DTG—导数热重

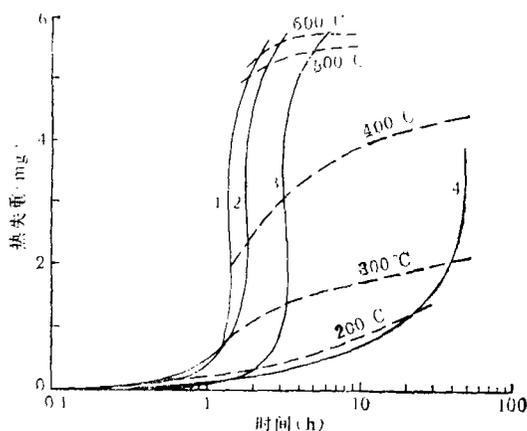


图5 不同升温速率下干酪根热失重变化图

1—5℃/分 2—2.5℃/分 3—1.25℃/分  
4—0.625℃/分

方面也超越了装置部件的热稳定性。为此我们又采用程序升温速率为 $0.625^{\circ}\text{C}/\text{分}$ ，并且自 $100^{\circ}\text{C}$ 以后每升 $20^{\circ}\text{C}$ ，恒温3小时，共进行52.6小时连续低温热降解。实验结果(图5)表明，只要升温到 $364^{\circ}\text{C}$ ，就可达到升温速率为 $5^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 、 $465^{\circ}\text{C}$ 时的失重量，降低了 $100^{\circ}\text{C}$ 。因此我们取压力224.5兆帕、 $240^{\circ}\text{C}$ 和341.2兆帕、 $350^{\circ}\text{C}$ 的实验条件分别模拟埋深为3000米和4500米左右的地层所承受的压力和温度。具体升温和增压的条件如表5。

表 5 实验的压力与模拟的深度和温度对应表

压力(兆帕)	6.9	12.7	26.4	39.2	65.7	92.1	118.6	145	171.6	198	224.5	251	277.5	303.9	330.4	341.2
模拟深度(米)				500	850	1200	1550	1900	2250	2600	2950	3300	3650	4000	4350	4500
温度( $^{\circ}\text{C}$ )				69	93	118	142	167	191	216	240	260	283	313	338	350

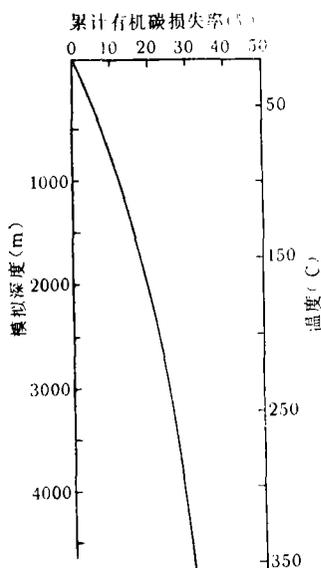


图 6 随模拟埋深某现代沉积物有机碳变化图

实验中取两份重量相等的经研磨、风干的上述现代沉积物，各加入一定量的蒸馏水，拌匀，放入模具内。在充氮气氛和金属渗透片的孔隙率为28.98%的条件下，按表5的条件分别增压升温进行实验，然后冷却到室温并自模具取出样品，清洁表面，将样品研磨拌匀，连同未经加温压实的该现代沉积物原样一起放入相对湿度为50%的干燥器内，供分析用。

现代沉积物中烃类的吸附量，我们以有机碳的含量来间接表示。另外，如上节所述，把未经加温加压的现代沉积物原样的初始有机碳含量(%)，分别减去在上述224.5兆帕、 $240^{\circ}\text{C}$ 和341.2兆帕、 $350^{\circ}\text{C}$ 下样品的有机碳含量(%)。其差值占初始有机碳量(%)的百分率，即为该现代沉积物在各个模拟地层深度下的累计有机碳损失率。测量的结果见图6和表6。

表 6 某现代沉积物的累计有机碳损失率

实验条件	实测有机碳含量(%)	累计有机碳损失率(%)
充氮气氛，室温，不增压	0.79	0
充氮气氛， $240^{\circ}\text{C}$ 、224.5兆帕	0.59	25.3
充氮气氛， $350^{\circ}\text{C}$ 、341.2兆帕	0.54	31.6

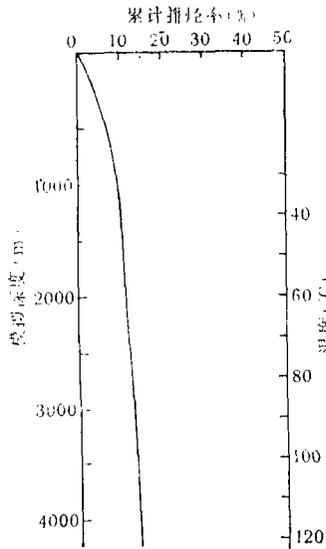


图7 碳酸钙累计排烃率

如果某一岩样中所含的烃类和有机碳的含量变化呈线性相关，则根据泥质沉积物中各种矿物所占的相对百分含量，可按图3所提供的排烃率，利用公式(2)，算出某一埋深的泥质沉积物的排烃率。

另外，按照上述测定和计算粘土矿物排烃率的方法，测得了碳酸钙(化学纯)的累计排烃率(图7和表2)。根据表2的资料和公式(2)，将算得的结果和实测结果列于表7。这些资料表明，按以上方法计算所得的结果基本上反映了样品的累计排烃率。

表 7 某现代沉积物累计排烃率

模拟埋深(米)	I: 计算的累计排烃率(%)	II: 实测的累计有机碳损失率(%)	$\frac{I}{II} \times 100\%$
3027	20.7	25.3	81.7
3500	24.2	27.2*	89.0
4000	28.0	29.3*	95.6
4500		31.6	

• 由图6的曲线读出的数据

#### 四、影响含油泥质沉积物排烃率的因素

影响含油泥质沉积物排烃率有多方面的因素。如构造运动、异常高压、生油层和储集层接触关系、生油层的温压系统、烃类运移的形式、有机质的含量和类型等。若以水作为液态烃类运移的介质，则还涉及到影响它在水中溶解度一些因素，诸如溶解度随温度升高而增大，而随烃类分子量增加、水中含盐度的升高以及压力的升高而降低。此外还涉及到生油层矿物基质的成分等等。本文仅就模拟实验结果，探讨几个影响因素。

##### 1. 粘土-有机复合体的形成对排烃率的影响

泥质沉积物中除了含有大量的粘土矿物外，还有一定量的有机物和非粘土矿物，有机质随着深埋过程逐步演化产生烃类，将与各种粘土矿物作用形成粘土-有机复合体。为此我们进行了以下实验。

首先把正构烷烃作用于临安蒙脱石，d(001)明显变化与正构烷的碳数呈线性关系(表8)。

表8 蒙脱石与正构烷结合后， $d(001)$ 晶面间距( $\text{\AA}$ )的变化

粘土矿物	正构烷	正构烷							
		未处理	正壬烷	正十二烷	正十七烷	正十九烷	正二十烷	正二十三烷	正二十六烷
蒙脱石									
室温24.5℃		14.25	13.63	13.07	12.92	12.84	12.66	12.59	12.32
相对湿度48%									

表8表明，正构烷与蒙脱石单位构造层之间的范德瓦耳力较之蒙脱石层间水的键合力为强。由于正构烷的碳原子呈直链排列，因此随着碳链增长相应地与(001)晶面的接触范围增大，层间被有机分子所占，层间距缩小，同时原来的层间水被排出。

另外进一步将上述的原油作用于粘土矿物，其结果见表9和图8。

表9 经原油处理和加热后，粘土矿物 $d(001)$ 值的变化

模拟条件	d(001) $\text{\AA}$ 变化	粘土矿物		临安蒙脱石		黄龙山伊利石		阳西高岭石	
		有机质		未处理	经原油处理	未处理	经原油处理	未处理	经原油处理
未加热 (室温24.5℃，相对湿度76%)				15.5	15.5	10.01	10.08	7.17	7.16
40℃下恒温5.5小时 (室温24.5℃，相对湿度76%)				15.8	13.91	10.07	9.99	7.26	7.20
80℃下恒温3小时 (室温24.5℃，相对湿度58%)				14.49	11.78	10.19	10.10	7.17	7.18
95℃下恒温3小时 (室温25℃，相对湿度55%)				14.37	11.05				

由表9可见，在室温下经原油作用的上述粘土矿物，其 $d(001)$ 值基本上没有变化；随恒温温度的升高，经原油作用后的蒙脱石较之未处理的样品晶面间距为小，而且温度越高，这种变化越明显。伊利石和高岭石基本上无这种现象。

这表明当原油作用于这些粘土矿物时，烃类未进入伊利石和高岭石的内部结构，而对蒙脱石来说，随着温度的升高，它将进入蒙脱石的单位构造层间，形成粘土-有机复合体。这种复合体的存在将不利于一部分烃类从粘土中排出进行初次运移，直至这种粘土矿物在成岩过程中发生矿相演变为止[11]。

## 2. 温压系统中粘土矿物脱水对排烃率的影响

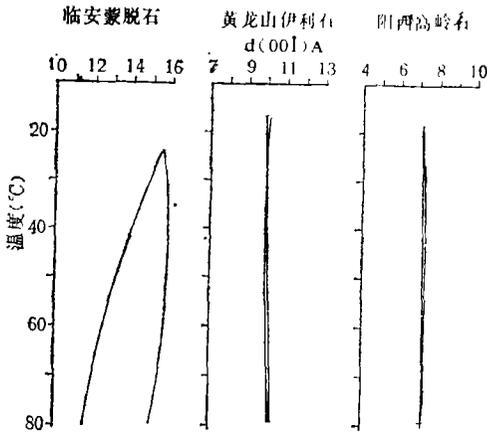


图8 经原油处理和加热后，粘土矿物 d(001) 值的变化

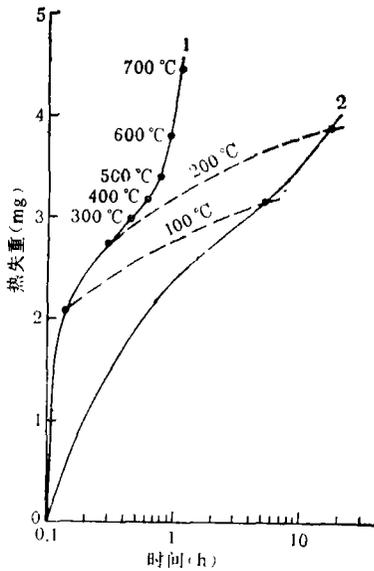


图9 不同升温速率下蒙脱石热失重变化图  
1—10℃/分；2—0.625℃/分

地层中的粘土矿物随着深埋，在地温作用下将脱水。在通常的实验条件下，粘土中的吸附水和层间水要到500℃左右才大部分脱出。为此我们选了临安蒙脱石，进行了低温粘土矿物脱水实验。结果表明，在升温速率0.625℃/分升温到120℃，就可以达到或超过升温速率10℃/分升温到500℃的脱水量，降低了380℃（图9）。同样从图5也可以看到适当降低升温速率，干酪根的热降解在465℃的失重量，可在364℃下再现。表明延长实验时间和降低升温速率，在高温区出现的现象可以在低温区出现。

图10为上述几种粘土矿物在温度作用下（升温速率为20℃/分）的脱水变化率(%)曲线。它是由热失重量(%)对温度(时间)的导数得到的，横座标用对数表示。图中低温区（室温—150℃），蒙脱石>伊利石>高岭石；中温区（150—400℃），伊利石>蒙脱石>高岭石；高温区（400—500℃），高岭石>伊利石>蒙脱石。

图11为通过模拟实验测得的含烃粘土矿物在加压过程中(以横座标表示)，由于温度的升高(以横座标表示)，引起样品和其中油、气和水膨胀而导致压力增加(以纵座标表示)。由图11可见在加压100—200兆帕和50—80℃的范围内，蒙脱石和伊利石样品的增压>高岭石样品的增压；在200—275兆帕和80—110℃范围内，钠质蒙脱石和伊利石样

品的增压>高岭石样品的增压>钙质蒙脱石样品的增压；在275—300兆帕和110—120℃的范围内，高岭石样品的增压>蒙脱石和伊利石样品的增压。

根据上述的影响因素来考察一下图3的几种粘土矿物排烃率，可以认为，第一阶段内这些粘土矿物的累计排烃率主要由脱水变化率所控制，而烃类进入蒙脱石层间结构尚不明显；第二阶段内，它们的累计排烃率仍主要受脱水变化率所控制，另外烃类进入蒙

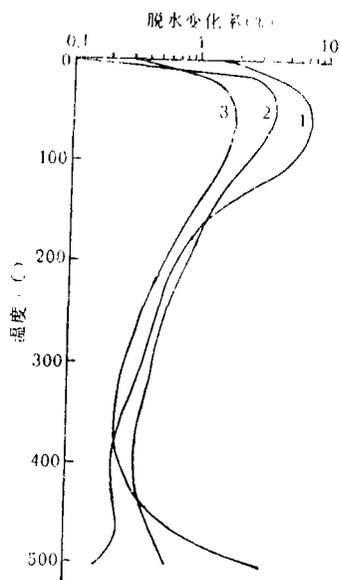


图10 粘土矿物脱水变化率曲线图

1—蒙脱石；2—伊利石；3—高岭石

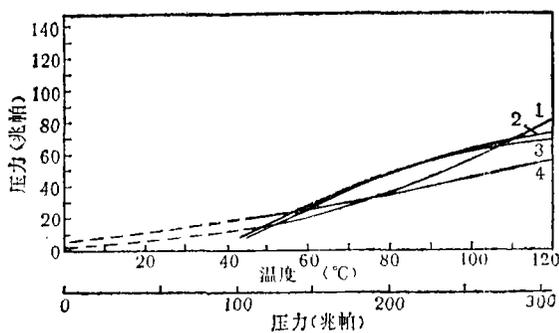


图11 温压系统中粘土矿物增压曲线图

1—高岭石；2—Na-蒙脱石；3—伊利石；4—Ca-蒙脱石

脱石层间结构明显。图3的下部高岭石排烃率的明显增加，与其脱水变化率的增大以及由于温度所致的增压升高有关。

### 3. 泥质沉积物的厚度对排烃率的影响

M. Vandenbrouke (1971) [12] 对法国巴黎盆地Coupray-1井的托尔阶生油层、Nerucher (1965) 对苏联某地层泥盆系吉维琴统的粘土生油层、Tissot (1971) [13] 对阿尔及利亚泥盆系生油岩等的研究都发现在距生—储接触面一定的厚度内，向着储集层方向，生油层中的轻而易于流动的组份的比例减小，而重的易被吸附的组份的比例增大，达到一定厚度之后，这两种组份都变得稳定。因此，生油层究竟如何向储集层排烃，这是计算排烃量需要解决的一个重要问题。

为此我们作了经原油饱和的泥质沉积物的排烃率的模拟实验。将含60%伊利石、30%蒙脱石和10%高岭石的经破碎的泥岩样品98.6克，用在90℃水浴中恒温4小时的34.6克原油（未经水浴恒温的原油族组份为轻烃30.49%，饱和烃51.82%，芳烃10.57%，非烃5.14%和沥青质1.98%）饱和，并充分搅拌均匀。

然后取出少量样品(编号8)、作热失重分析；把剩下的样品放入压实装置，历时10.5小时，加压到197兆帕（相当于模拟深度2590米处所承受的上覆地层负荷），加温到80℃。样品中的原油从模具底座上覆的渗滤片（孔隙率为28.08%）和多孔板逸出。压实后待温度冷却到室温后将样品取出。模拟压实的样品高81毫米、重124.8克，下部较坚硬、上部柔软。然后等间距的自上而下取样7个（编号1—7），作热失重分析。分析条件是在充氮气氛中，升温速率20℃/分，加

表10

经原油饱和泥质沉积物的失重率与排烃率

样品编号	1	2	3	4	5	6	7	8
失重率%	24.5	24.67	24.44	23.1	21.64	20.27	14.75	26
排烃率%	5.8	5.1	6.0	11.2	16.8	22.0	43.3	

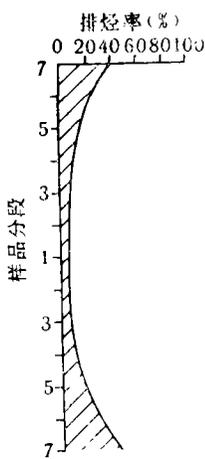


图12样品分段排烃率随高度的变化曲线图

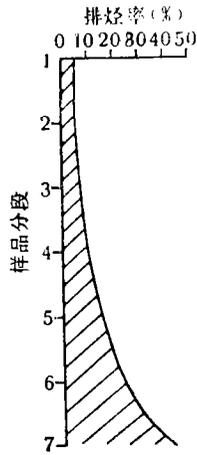


图13设想的夹于两个渗透层中泥岩的排烃率

温到620℃。分析结果如表10所示。若以8号样品的失重率分别减去编号1—7号样品的失重率所得的值,再被8号样的失重率除,大体上能反映这些样品的排烃率(表10)。以横座标表示排烃率,纵座标表示自上而下等间距的样品分段,根据表10所列的数据,绘成排烃率随高度的变化曲线(图12)。设样品总长为L,以样品与塑料板的接触面为起始点,通过计算得到以下分段的排烃率(表11)。从这些排烃率大致可划分为三段:0—0.5L、0.5—0.8L和0.8—1L,它们的排烃率有较显著的区别。整段的排烃率为13.71%。由于样品是受围压单向排出原油的,如果设想是两个渗透层中夹一层泥岩,则图12中所示的曲线可以绘成图13中的曲线,其排烃率仍不变。

按图3的曲线,查得2590米处的伊利石、蒙脱石和高岭石的累计排烃率分别为20.8%、13.0%和2.7%。根据公式(2)算得该泥岩样品的累计排烃率 $W_{HC}$ 等于13.14%。

表11 样品分段的排烃率

L等间距分段	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1(L)
每段的排烃率%	5.85	5.85	5.85	6.33	9.33	13.08	16.23	18.67	22.83	33.08	
分为三段的排烃率%	6.64					15.99			27.95		
整个L的排烃率%	13.71										

## 五、结 论

1.通过所取得的三种主要粘土矿物和碳酸钙在温压系统中的累计排烃曲线,可以求得含油(或干酪根)泥质沉积物随埋深和温度变化的排烃率,为估算石油资源量提供了具体数据。并且按模拟所得的资料,结合具体的高邮凹陷的生油层,计算了它的排烃率,并与有关资料相互得到了验证。

2.影响排烃率的因素是多方面的。仅就本文中模拟地温、压力、粘土矿物的流体排出率、粘土-有机复合体、泥岩层厚度、地层热增压、烃类在岩样中的含量、岩样-烃类系统和岩样-烃类-水系统等因素的实验结果而论,起主导作用的是温压系统中矿物的流体排出率,而粘土-有机复合体、泥岩层厚度、地层热增压和烃含量等是在这背景基础上的附加变化。因此可以认为,烃类的初次运移是受粘土矿物在成岩过程中的脱水量所控制的。

(收稿日期:1985年12月17日)

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Baker, E. G., Science, vol. 129, PP. 871-874, 1959.
- [ 2 ] McAuliffe, C., Nature, vol. 200, PP. 1092-1093, 1963.
- [ 3 ] Peake, E. and Hodgson, G. W., Amer. Oil Chemists Soc., vol. 44, PP. 696-702, 1967.
- [ 4 ] Welte, D. H., Jour. Geoch. Explor., vol. 1, PP. 117-136, 1972.
- [ 5 ] Price, I. C., AAPG Bull., vol. 60, PP. 213-244, 1976.
- [ 6 ] Dickey, P. A., AAPG Bull., vol. 59, PP. 337-345, 1975.
- [ 7 ] Momper, J. A., In Physical and Chemical Constraints on Petroleum Migration, AAPG Continuing Education Course Notes Ser. 8, B1-B60, 1978.
- [ 8 ] Jones, R. W., In Physical and Chemical Constraints on Petroleum Migration, AAPG Continuing Education Course Notes Ser. 8, A1-A43, 1978.
- [ 9 ] McAuliffe, C., In Physical and Chemical Constraints on Petroleum Migration, AAPG Continuing Education Course Notes Ser. 8, C1-C39, 1978.
- [ 10 ] McAuliffe, C., AAPG Bull., vol. 63, PP. 761-781, 1979.
- [ 11 ] 卢书锷, 周国清, 罗瑞兰, 偶乐斌, 泥质沉积物压实作用和石油初次运移的模拟研究, 国际交流地质学术论文集(5), 地质出版社, 1984.
- [ 12 ] Vandenbrouke, M., Advance in organic geochemistry, PP. 547-565, 1971.
- [ 13 ] Tissot, B. P., 石油生成及运移机理的新资料与数学模拟及其在勘探上的应用, 第八届世界石油会议论文集, 第一分册, 1975.

## SIMULATING EXPERIMENT ON HYDROCARBON EXPULSION FROM ARGILLACEOUS SEDIMENTS

Lu Shue

( Central Laboratory of Petroleum Geology,

Ministry of Geology and Mineral Resources )

### Abstract

The amount of hydrocarbons expelled from argillaceous sediments ( or kerogen ) under elevated temperatures and pressures is estimated through the experiment which simulated the conditions of geopressure, geotemperature, the contact of source bed and reservoir, and the anaerobic environment. It provides a basis for the appraisal of oil/gas resources. In addition, according to the result of the simulation, the mechanism of primary migration is discussed.