

油气运移计算机动态模拟方法 研究及其应用

邓 林^① 王英民^② 蒋建平^①

(^① 成都理工学院应用数学系; ^② 成都理工学院石油系)

【摘要】 文章论述如何基于合理的机制概念建立一个描述油气二次运移和聚集的数值模拟系统。考虑多方面的控制因素,根据多相流体渗流力学理论,结合盆地演化过程,建立并求解油水二相数值模型,获得油气运移聚集史的定量模拟结果。最后给出一个应用于海拉尔盆地的实例。

关键词 盆地模拟, 油气运移, 数值模拟, 渗流力学, 有限差分

中图分类号 TE319

盆地模拟是目前国内外普遍开展研究的重要课题。在进行盆地发育演化史的模拟恢复研究中,对油气运移聚集史的模拟研究是其中重要的一环。模拟油气运聚的目的是要弄清油气从生油岩排出之后的运移和聚集过程,包括聚集的位置和量。这无论对于设计勘探规划还是进行油气资源评价,都是十分有意义的。另外,通过多元化的反复模拟,有助于深化对盆地演化、油气藏形成过程的认识,促进关于油气运聚史的研究、模拟的进一步发展。人们早已认识到,油气藏的形成受控于各种地质、物理和化学过程。但仅有对这些现象的定性认识,还不足以科学地指导勘探。随之而来的便是发展定量的模拟研究。因为用数学模拟的方法,有可能将那些早已消失的地质过程在计算机上演示出来。因此,研究动态数值模拟方法、恢复油气藏形成史,已成为油气勘探工作的一个新课题。

目前盆地模拟的几大环节中,油气运移与聚集史的模拟研究较为薄弱,也最困难(石广仁, 1988)。主要是因为影响这一过程的因素很多、很复杂,使得这一过程具多机理性、动态性,并且严重缺乏数据资料。作为盆地模拟系统的一部分,建立运移聚集动态模拟系统,在计算机上实现,并与其他子系统在时间、空间上有机地联系起来,确非易事。因此在建立起一个实用、完善的运聚模拟系统之前,可以针对盆地实际情况,进行一些假设和简化,建立相对简单的系统,随着今后模拟研究的深入进行,逐步加以完善。

本文介绍一个二维油、水两相二次运移与聚集动态数值模拟系统。它是我们建立的盆地模

拟系统的一个子系统。在盆地模拟系统的前一阶段工作完成的基础上(包括盆地构造、沉积、生排烃演化模拟等),按目前普遍接受的独立相态运移机理,根据地下多相渗流力学理论,考虑压实逐出和地表下渗的流体动力、浮力、毛细管力等因素对油气运移的综合影响,建立并求解描述油、水两相流体流动的数学模型。通过这种方法,对盆地内石油的运移和聚集过程进行定量、定位模拟,获得与时间相关的一系列油饱和度、流体势空间分布图。本系统对海拉尔地区一个实际地质模型进行了应用,结果表明方法效果良好,在此基础上进一步完善,可建立更为实用的三维多相运聚模拟系统。

1 油气运聚地质模型

油气的二次运移和聚集,是指油气从低孔、低渗的生油层排入高孔、高渗的储集层后,在作为储运系统的储集层、断层和不整合面内的运移,以及在作为圈闭系统的储集层中的聚集,包括已经成藏的油气由于圈闭条件的改变进行重新分布的运移和聚集。关于油气运移的机理,早期的解释认为石油是以溶解于水的方式或以扩散方式进行运移的。然而最近20年来的研究表明,这二种方式所引起作用远不足以完成如此大量的油气运移(F. K. Lehner, 1987)。目前人们普遍接受的是独立相态流动机理,即油与水呈各自的相态混相流动。这是油气运移的主要形式。因此,达西定律及推广的多相达西定律被引入用来描述油气运移过程。本系统数学模型就是建立在这种流动理论基础之上的。在建立模型之前,首先从数学模拟角度对下列构成运移聚集地质模型的各方面因素进行分析。

1.1 介质状况

运聚模拟系统首先要获得流体流动赖以依附的孔隙介质(即沉积地层)的有关数据。这些介质数据由盆地模拟系统的构造史、沉积史、储层史的模拟结果提供。由于盆地有一个演化发育过程,所有介质数据都与时间变量 t 有关。这些数据包括:剖面分布的岩性数据、孔隙度数据、绝对渗透率数据、断层数据等。这些数据刻划了储运层的孔隙物理性质、断层的开、闭状态(结合到断层网格属性处理)、盖层的致密程度以及圈闭条件。运聚模拟系统根据这些数据确定出烃类可能的运移通道和储集层,并获得与这类介质相应的 t 时刻模拟参数。

1.2 流体状况

不同相态的流体是油气运移聚集过程中的主体,运聚模拟的目的是要确定各相流体在盆地中的分布。本文介绍的模拟系统只考虑了油、水二类流体。

a. 水:地下水的流动对油气的运移和聚集有重大影响。盆地内的地下水始终处于流动状态中,尽管有时流速非常缓慢。因此任何油气运聚模型都必须考虑地下水的作用。地下水按其来源可分为二类,一类是生油岩和其他岩层在沉积压实过程中被逐出的水体,另一类是由地表渗入的“天水”。这两类水体在盆地内的流动是控制油气运聚的重要因素。本模型除考虑压实逐出水体流动外,同时也考虑“天水”的作用。有关后者的数据,需由古水文资料提供,主要包括各地质时期的源头、汇口的位置和流动速率。前者的数据由排烃模型的模拟结果按时间、空间提供,水体的物理参数估计为与压力相关的一个函数。

b. 油:当生油层到达生油门限后,随着沉积压实作用、生烃、生水作用的继续,生油层内部压力增大,石油开始与地层水体一起向周围高孔隙度、高渗透率的砂岩等储层排出,进行二次运移和聚集过程。这一过程受地下渗流力学、达西定律等的支配。开始时呈油滴状态由水体带

动,逐渐形成团块并由逐渐增大的浮力驱动,在适当的位置相对稳定成藏。生油排油速率数据来源于排烃模型的模拟结果。有关石油的物理参数估计为与压力相关的函数。

1.3 运移动力

驱动石油进行运移聚集的主要动力包括构造运动力、浮力、水动力、毛细管力等。本模型综合考虑了这些动力。其中构造运动力主要表现在由于储运空间形态的变化、孔隙度等物性的变化导致流体的流动。阿基米德浮力是主要动力之一。主要表现在由于油、水之间存在较大的密度差,同一深度位置的石油比水有较高的重力势。无论在流体静力学环境还是动力学环境,这种重力势都将使石油承受巨大的向上的力(W. A. England, 1987)。水动力的存在是由于在储运层的边界存在供水区(即源)和泄水区(即汇),在源和泄点有所不同的水流势,在流体内部形成势梯度场,进而产生水动力,流体发生流动。本模型考虑了压实排出水体动力和地面下渗及泄出水体动力。毛细管力指存在于多孔介质两相流体间指向润湿性较小流体的作用力。对于油水两相来说,一般油是非润湿相,因此毛细管力指向油相。这对于石油在储层中的运移有一定阻碍作用。只有当油势与水势之差能克服毛细管力时,石油才能进一步运移。在致密盖层与高孔隙度储层之间的边界上,有一个毛细管压力差,其方向指向高孔隙度储层中的油相,此时毛细管力在一定程度上起阻挡石油向盖层进一步渗漏的作用。

1.4 运聚系统

这里提到的运聚系统指石油能够运移而至的整个储运空间。它是高孔、高渗的运载层、起通道作用的开启断层和圈闭储集区域的总和。一个独立的运聚系统是一个连通区域。一个盆地一定历史时期可能存在多个互不连通的运聚系统。运聚系统按地史模型提供的介质参数用空间边界搜索的办法确定。运聚系统与外界(盆地的其他区域)的联系由油源、油汇、水源、水汇数据沟通。油源、水源存在于运聚系统与生油岩之间的边界上。当运聚系统与地表连通时,地表存在水源或是油汇、水汇,这取决于当时盆地地层沉积状态以及古水文情况(关于古水文资料可作一适当估计)。

需要说明的是,实际盆地内石油的运移不完全是在这样一个系统中进行,例如在一定条件下少量石油也能通过渗透作用进入到致密盖层中,只是这种泄漏与石油在高孔高渗的运聚系统中的运移相比是微不足道的,加以忽略不致影响模型精度。

2 建立数学模型

油气运移是孔隙介质中的一种多相流动现象。单相达西定律借助相对渗透率的概念可以加以推广用来描述多相流动问题。在油藏工程中用达西定律研究油层中多相流动问题已被证实是完全可行的。用它来研究油气运移过程中非常缓慢的渗流现象也是合适的(B. Durand, 1984)。实际上这是目前大多数模型普遍采用的方法。

根据地下渗流力学理论,孔隙介质中流体的流动服从下列基本方程:

连续性方程:

$$\nabla(\rho V) \pm q = -\frac{\partial}{\partial t}(\varphi \rho S)$$

流动势方程:

$$\Phi_A = \int_{r_0}^r \frac{dp}{\rho(p)} - gy$$

达西定律:

$$V = (-K/\mu)\rho\nabla\Phi_s$$

根据上述基本方程,在油、水两相呈独立相态流动假设下,引入相对渗透率和饱和度的概念,得到如下油水两相流动的数学模型。

2.1 方程组

$$\nabla[(KK_{r_o}/\mu_o)\nabla(p_o - \rho_o g y)] \pm Q_o = \partial(S_o\varphi)/\partial t \quad (1)$$

$$\nabla[(KK_{r_w}/\mu_w)\nabla(p_w - \rho_w g y)] \pm Q_w = \partial(S_w\varphi)/\partial t \quad (2)$$

$$S_o + S_w = 1 \quad (3)$$

$$p_c(S_w) = p_o - p_w \quad (4)$$

其中, p_o, p_w 分别为油、水压力(N/m²); S_o, S_w 分别为油、水饱和度; K 是地层介质的绝对渗透率(m²),它有二个分量 K_x 和 K_y ,分别表示地层的水平方向渗透率和垂直方向渗透率; $K_{r_o}(S_o), K_{r_w}(S_w)$ 分别是与饱和度有关的油、水相对渗透率; $\mu_o(p_o), \mu_w(p_w)$ 分别是与压力有关的油、水粘度(Ma·N/m²); $\rho_o(p_o), \rho_w(p_w)$ 分别是与压力有关的油、水密度(kg/m³); g 是重力加速度($g=9.81\text{m/s}^2$); y 是深度(m); Q_o, Q_w 分别是油、水的源或汇体积速率[m³/(m³·Ma)],即运聚系统边界源或汇点上单位体积介质对流体的排入或排出速度,当 Q_o, Q_w 为源时,方程中取正号,为汇时,方程中取负号; $p_c(S_w)$ 是油水压差,称广义毛管压力,它是 S_w 的函数,通过 p_c 值可求出 S_o ; φ 是介质的孔隙度; t 表示时间变量(Ma)。

2.2 边界条件

二次运移聚集系统有二类边界条件:

a. 封闭边界:采用诺伊曼边界条件,即 $\partial p_o/\partial n=0, \partial p_w/\partial n=0$,其中 n 表示边界上的外法线方向。在此条件下,边界单元上无流体的流入或流出。这适合于盆地基底和两端。

b. 流动边界:在生油层与运聚系统之间以及地表与运聚系统之间的界面上存在流动边界单元。给出的边界条件是两相流体的体积速率 Q_o 和 Q_w ,此值由排烃模拟结果结合盆地古水文资料按时间、空间计算获得。

2.3 初始条件

a. 压力初值:模拟 t_{n+1} 时刻运聚系统时用 t_n 时刻已模拟出的 p_o 和 p_w 值作为初值。在运移之初(t_0 时刻),设储层全充满水,压力初值为静水压力,即 $p_w = \rho_w g y, p_o = \rho_w g y$ 。

b. 饱和度初值:模拟 t_{n+1} 时刻时用 t_n 时刻已模拟出的 S_o 和 S_w 值作为初值。运移之初,储集层为水所饱和,即: $S_w = 1, S_o = 0$ 。

由于构造运动、地层沉积下降等因素,导致盆地构造、地层形态发生变化,使得 t_{n+1} 时刻剖面网格数与 t_n 时刻剖面网格数不相同。因此在求取 t_{n+1} 时刻网格节点的初值时,要作一个网格对应处理,这一步由构造模型提供的质点位移程序自动完成。

3 数值解法

前节所述数学模型的主体是偏微分方程组(1)~(4),其精确的解析解是无法求出的。一般采用离散的数值解法求取近似值。本模型采用有限差分法。有限差分法的第一步是将所研究的盆地剖面演化发育史从时间上分段离散处理为 t_0, t_1, \dots, t_{N-1} 时刻共 N 个时刻(可按重大地质事件划分时段)。其中 t_0 取模拟初始时刻, t_{N-1} 表示现今时刻。时间单位取百万年。在空间上,将

每时刻的盆地剖面按一定的 X-Y 网格系统进行划分。然后分时间段,按网格单元逐步求解。我们采用块中心网格。网格编号 $(i, j), i=1, 2, \dots, I; j=1, 2, \dots, J$ 。在这种网格系统下,边界条件 $\partial p/\partial x=0$ 和 $\partial p/\partial y=0$ 的差分表达式是:

$$p_{0,j} = p_{1,j} \quad p_{I+1,j} = p_{I,j} \quad p_{i,0} = p_{i,1} \quad p_{i,J+1} = p_{i,J}$$

其中下标 $0, I, J$ 是边界单元下标。

在我们的模型中要广泛用到形如: $\frac{\partial}{\partial x} [K(x, y) \frac{\partial \mu}{\partial x}]$ 和 $\frac{\partial}{\partial y} [K(x, y) \frac{\partial \mu}{\partial y}]$ 的二阶导数。它们在上述网格系统下的差商逼近公式为:

$$\frac{\partial}{\partial x} (K \frac{\partial \mu}{\partial x}) = \frac{K_{(i+1/2)j} \frac{\mu_{(i+1)j} - \mu_{ij}}{x_{i+1} - x_i} - K_{(i-1/2)j} \frac{\mu_{ij} - \mu_{(i-1)j}}{x_i - x_{i-1}}}{x_{i+1/2} - x_{i-1/2}}$$

记为算子 $\Delta_x(K\Delta_x\mu)$ 。同理有算子 $\Delta_y(K\Delta_y\mu)$ 。

回到方程组(1)和(2),我们用联立隐式差分格式写出逼近式。这种格式其数值解有很好的稳定性,这在计算求解时非常重要。令:

$$\Phi_o = p_o - \rho_o g y, \quad \Phi_w = p_w - \rho_w g y, \quad \lambda_o = K K_{ro} / \mu_o, \quad \lambda_w = K K_{rw} / \mu_w$$

这里 Φ_o, Φ_w 实际上就是油水两相的流势; λ_o, λ_w 称为两相的流度或渗滤系数。一般地层的水平方向与垂直方向的渗透率 K_x 与 K_y 不相等。流度相应地各有三个分量: $\lambda_o^x, \lambda_o^y, \lambda_w^x, \lambda_w^y$ 。再展开原方程的右端项:

$$\frac{\partial}{\partial t} (S_o \varphi) = S_o \frac{\partial \varphi}{\partial t} + \varphi S' \left(\frac{\partial \Phi_o}{\partial t} - \frac{\partial \Phi_w}{\partial t} \right)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (S_w \varphi) = S_w \frac{\partial \varphi}{\partial t} + \varphi S' \left(\frac{\partial \Phi_w}{\partial t} - \frac{\partial \Phi_o}{\partial t} \right)$$

其中 $S' = dS_o/dp_c$, 于是方程组可写为:

$$\nabla (\lambda_o \nabla \Phi_o) \pm Q_o = S_o \frac{\partial \varphi}{\partial t} + \varphi S' \left(\frac{\partial \Phi_o}{\partial t} - \frac{\partial \Phi_w}{\partial t} \right) \quad (5)$$

$$\nabla (\lambda_w \nabla \Phi_w) \pm Q_w = S_w \frac{\partial \varphi}{\partial t} + \varphi S' \left(\frac{\partial \Phi_w}{\partial t} - \frac{\partial \Phi_o}{\partial t} \right) \quad (6)$$

上述方程的隐式差分逼近方程为:

$$\Delta((\lambda_o)_n \Delta(\Phi_o)_{n+1}) \pm (Q_o)_{ijn} = \varphi_{ij(n+1)} S'_{ijn} ((\Phi_o)_{ij(n+1)} - (\Phi_o)_{ijn} - (\Phi_w)_{ij(n+1)} + (\Phi_w)_{ijn}) / \Delta t + (S_o)_{ijn} (\varphi_{ij(n+1)} - \varphi_{ijn}) / \Delta t \quad (7)$$

$$\Delta((\lambda_w)_n \Delta(\Phi_w)_{n+1}) \pm (Q_w)_{ijn} = \varphi_{ij(n+1)} S'_{ijn} ((\Phi_w)_{ij(n+1)} - (\Phi_w)_{ijn} - (\Phi_o)_{ij(n+1)} + (\Phi_o)_{ijn}) / \Delta t + (S_w)_{ijn} (\varphi_{ij(n+1)} - \varphi_{ijn}) / \Delta t \quad (8)$$

其中时间步长 $\Delta t = t_{n+1} - t_n$ 。方程(7)左端微分项(同理于(8)):

$$\begin{aligned} \Delta((\lambda_o)_n \Delta(\Phi_o)_{n+1}) &= \Delta_x((\lambda_o)_n \Delta_x(\Phi_o)_{n+1}) + \Delta_y((\lambda_o)_n \Delta_y(\Phi_o)_{n+1}) \\ &= ((\lambda_o^x)_{(i+1/2)jn} \frac{(\Phi_o)_{(i+1)jn} - (\Phi_o)_{ijn}}{x_{i+1} - x_i} \\ &\quad - (\lambda_o^x)_{(i-1/2)jn} \frac{(\Phi_o)_{ijn} - (\Phi_o)_{(i-1)jn}}{x_i - x_{i-1}}) / (x_{i+1/2} - x_{i-1/2}) + ((\lambda_o^y)_{i(j+1/2)n} \frac{(\Phi_o)_{i(j+1)n} - (\Phi_o)_{ijn}}{y_{j+1} - y_j} \\ &\quad - (\lambda_o^y)_{i(j-1/2)n} \frac{(\Phi_o)_{ijn} - (\Phi_o)_{i(j-1)n}}{y_j - y_{j-1}}) / (y_{j+1/2} - y_{j-1/2}) \end{aligned}$$

这里 $\lambda_x^o = K_x K_{ro} / \mu_o$, $\lambda_y^o = K_y K_{ro} / \mu_o$ 是油在网格点内水平方向与垂直方向上的流量。为保证算法稳定收敛,计算流量时,存在选择“上游、中间或下游权衡”问题。一般总是选择“上游权衡”来保证稳定。由于网格内流势梯度方向确定了流体流动方向,所以有:

$$(\lambda_o^x)_{(i+1/2)jn} = \begin{cases} \frac{K_{x_{ijn}} + K_{x_{(i+1)jn}}}{2} \frac{K_{ro}(S_{oijn})}{\mu_o(\Phi_{oijn})} & \text{若 } \Phi_{oijn} \geq \Phi_{o(i+1)jn} \\ \frac{K_{x_{ijn}} + K_{x_{(i+1)jn}}}{2} \frac{K_{ro}(S_{o(i+1)jn})}{\mu_o(\Phi_{o(i+1)jn})} & \text{若 } \Phi_{oijn} < \Phi_{o(i+1)jn} \end{cases}$$

这里网格之间处的渗透率取为二网格渗透率的平均值。对油在其它方向上的流量 $(\lambda_o^x)_{(i-1/2)jn}$, $(\lambda_o^y)_{i(j+1/2)n}$, $(\lambda_o^y)_{i(j-1/2)n}$ 的计算采取同样的方法。对于水的流量 $(\lambda_w^x)_{(i+1/2)jn}$, $(\lambda_w^x)_{(i-1/2)jn}$, $(\lambda_w^y)_{i(j+1/2)n}$ 和 $(\lambda_w^y)_{i(j-1/2)n}$ 的计算,同样有上述流量权衡问题,处理的方法与油的流量处理类似。

(7)式右端中 S'_{ijn} 是油饱和度随毛管压力的变化率,可用毛管压力曲线结合迭代解求出。

经上述处理,以上油和水差分逼近方程已成为一个线性方程组,其中只含二类未知数 $(\Phi_o)_{ij(a+1)}$ 和 $(\Phi_w)_{ij(a+1)}$ 。对每一网格点 (i, j) 写出其差分方程,构成待解的大型、稀疏整体线性方程组。这一类方程有多种求解方法,涉及的问题主要是编程要求的内存和速度问题(徐长发, 1990)。本模型采用 x 和 y 方向交替迭代求解,方法的特点是数值解无条件稳定、占用内存较少,但由于反复迭代,计算时间较长。计算出油、水流势场 Φ_o, Φ_w 以后,利用公式:

$$p_{cij(a+1)}(S_w)_{ij(a+1)} = (\Phi_o)_{ij(a+1)} - (\Phi_w)_{ij(a+1)} + (\rho_w - \rho_o)gy_{ij(a+1)}$$

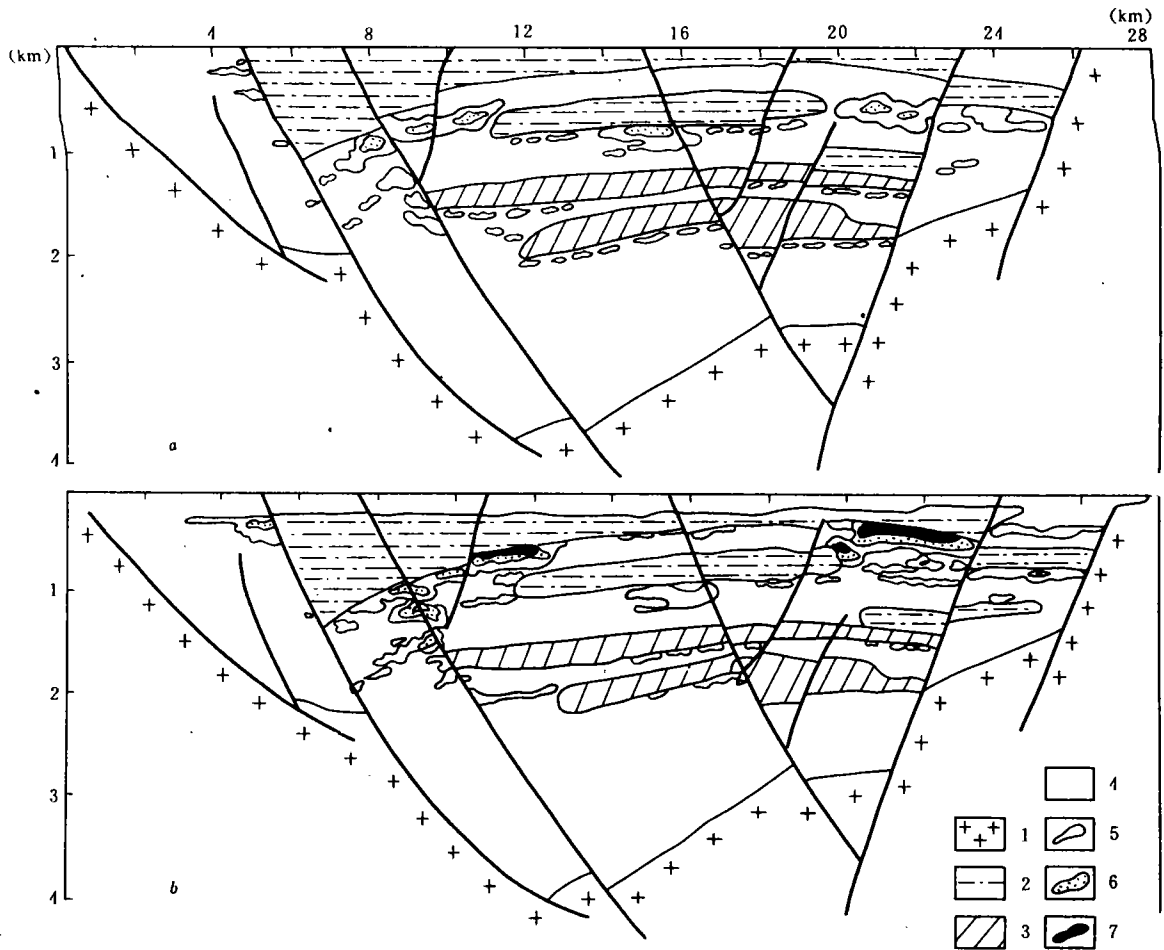
以及毛管压力曲线可解出 $S_{wij(a+1)}$ 和 $S_{oij(a+1)}$ 。这样才获得 t_{a+1} 时刻盆地油饱和度分布图。

4 应用实例

本模拟系统在海拉尔地区某剖面进行了应用。该地区的特点是构造很复杂。在进行运聚模拟前,对该地区进行了构造史、沉积史、地温史、生烃史、排烃史以及储层史的模拟恢复。设计的节点网格数高达4.5万。节点平均规格约140m×20m。模拟时间范围从距今140Ma至今,共分14个时步。程序实际需内存大于8兆,在SUN-SPARC station 2工作站上全部模拟时间约10h。模拟输出结果为各地史时期的油势、水势场和油饱和度分布图。附图显示了距今70Ma和20Ma的油饱和度剖面分布。

从我们多次模拟的结果上看,水动力因素对油的运移至关重要。特别是在运移初期,油从生油岩排出之后还呈油珠状态时,大量从生油岩排出的高势水携带它们进行长距离侧向运移,这一时期水动力占主导地位。当这样的过程持续不断时,在离油源较远的地方,大量的油珠逐渐合并成团,此时水动力作用逐渐减弱,而浮力逐渐增大并占主导地位,油团开始进行垂向运移。在储集性能、圈闭条件适当且无大的水动力影响时,便聚集成藏。由此可见,水动力的方向在很大程度上决定了盆地内油气聚集的大致区域,而具体的圈闭位置受控于向上运移过程中遇到的储层圈闭组合情况。试算模拟结果充分体现了这一点。

总的来说,根据地下渗流力学理论设计的油气运聚模拟系统完全适合于描述实际盆地油气运移地质过程。但由于模拟是一个正演的过程,并进入渗流细节的描述,要获得可靠的结果,必须全面考虑各种因素,相应地要求有一定完整性和精度的数据。目前实现起来还有相当困难。例如古水文数据、断层开合时期及其渗流参数都很难取准。不过,尽管目前的研究水平可能还达不到指导勘探的目的,但对于了解盆地油气运移聚集的总体趋势仍有一定意义。随着今后



附图 油气运移聚集模拟结果——油饱和度分布图

Simulated results of petroleum migration — the distribution of petroleum saturation

a. 距今70 Ma; b. 距今20Ma

1. 基岩; 2. 非渗透岩; 3. 生油岩; 4. 渗透岩; 5. $0 < S_o \leq 0.3$; 6. $0.3 < S_o \leq 0.6$; 7. $0.6 < S_o < 1$

盆地模拟技术的进一步发展, 油气运聚模拟的精度也将逐步得到改善, 最终达到实用于油气勘探的目的。

参 考 文 献

- 1 Lehner F K, et al. A model of secondary hydrocarbon migration as a buoyancy-driven separate phase flow. Migration of Hydrocarbon in Sedimentary Basin. 1987, 457
- 2 England W A, et al. The movement and entrapment of petroleum fluids in the subsurface. Journal of the Geological Society, 1987, 144: 327
- 3 Durand B 等. 石油运移模型及其在二个沉积盆地中的应用. 第十一届世界石油会议报告论文集(石油地质分册). 北京: 石油工业出版社, 1984
- 4 石广仁, 郭宗汾. 沉积盆地综合动态模拟系统(二). 石油物探, 1988(4)
- 5 徐长发. 实用偏微分方程数值解法. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990

A DYNAMIC APPROACH TO SIMULATE PETROLEUM MIGRATION BY COMPUTER AND ITS APPLICATION

Deng Lin Wang Yingmin Jiang Jianping

Abstract A Numeral modeling system is created in this paper which describes the secondary petroleum migration and accumulation. Considering several control factors and evolution history of the basin and according to the theory of multi-phase flow, the numeral model with oil and water phase flowing is created and solved. A quantitative description of petroleum migration and accumulation is obtained. This model is applied to the Hailaer Basin. Modeling results show that the system will profit petroleum exploration a lot in the future.

Key words basin simulation, petroleum migration, numeral modeling, multi-phase flow, definite difference

我院地学家队伍的现状与实力

由国家自然科学基金资助的、中国科学院兰州文献情报中心刘金根等承担的“中国地球科学家队伍现状研究与中国地学家数据库”课题已完成,并出版了《中国地球科学家队伍现状研究报告》。报告中有关我院(即“成都地质学院”)地球科学家队伍的现状和实力如下:

一、我院属全国地球科学研究单位科学集团研究能力十强之一,列中科院地理所、中科院南京土壤所、中科院南京地古所、中科院地质所、南大、中国地大(北京)、北大、中科院地化所、河海大学之后,居第十位。

二、我院强优势学科有矿床学、石油地质学、工程地质学和勘探地球物理学,排名第七位;属较强优势学科有岩石学、沉积学、构造学、地层学、水文地质学、古生物学、矿物学和岩土力学,总数与中科院地质所并列第一。

三、40所高校(地学)综合能力统计分析,我院承担重大项目总分值661,名列第一;重大科研项目获奖总分值176,也居第一;国际合作研究项目统计,总分值29,列北大之后居第二位;发表学术专著总册数178,发表论文总篇数1554,均列第四位。

四、40所高校(地学)综合科技力量评价我院名列第一。

(科研处 徐仕海)