

数值盆地模拟方法在地质研究中的应用

罗 晓 容

中国科学院地质与地球物理研究所

本文为中国科学院“九五”攻关重点项目(编号KZ-952-S1-428)研究成果

前 言

地质动力学分析可使研究者认识地质研究对象发生演化的本质,从而在空间上和时间上预测其变化规律,认识其对各种矿产资源的控制作用。长期以来,地质动力学的研究和认识都限于定性的描述和依靠逻辑推理而进行的综合分析,对地质现象的认识很不完整。现代地质动力学不仅研究地质现象演化的物理学过程,亦即该现象发生、发展、演化的机制,更强调定量描述这些过程及机制。近20年来,计算机技术和数值模拟方法迅速发展,数学模拟在地质学的定量化研究中越来越受到重视,成为动力学研究不可或缺的工具。

但是,将数学模拟方法(特别是数值沉积盆地模型方法)应用于地质研究中仍存在许多问题,本文根据作者多年的研究心得,就此进行讨论。

定量分析与模拟方法

地质学毕竟还是一门以表述性为主的学科,从定性研究到定量研究的转变刚刚开始。以往大多数“地质动力学研究”的方法是定性地“将今论古”,按逻辑推理来推测研究对象的发生、演化机制,并描述其过程。由于地质研究对象在空间上难以把握,在时间上不可重复,传统地质研究方法的局限性和不完备性往往得出多解性的地质研究结果。其中一个重要原因是很难全面考虑众多地质因素,不易辨识出其中起决定性作用的主要因素,更不易理清其相互间的制约关系。所以定量研究一直是地质学家追求的目标。

模拟是地质学定量研究中可靠和现实的研究方法,是地质学三大研究方法中实验室分析方法的重要组成部分,久被重视。以数学公式或数理方程的形式,将物理学、物理化学、岩石力学和水动力学等经典理论引入地质学某些方面的定量分析由来已久^[1~3],基本方法是针对某些地质问题建立地质模型,从中抽提出

反映问题本质的内容建立数学模型,以获得某些控制和影响该地质现象发生和演化的关键因素,进而定量地分析其相互关系及该地质现象发生的过程和机理。

然而,地质问题的极其复杂性使得既能建立数学模型又能获得解析解的情况少之又少,很难在实际工作中普及使用。直至20世纪80年代,计算机技术和数值计算方法飞速发展,建立在有限元、有限差分等大型离散数值计算基础上的数值模型方法随之迅速发展,这才为定量分析地质现象的发生、发展、演化过程提供了方便而又现实的方法和工具。在地质学领域,以盆地模型的发展最为迅速。

数值盆地模型可以定量描述地质对象特征,综合考虑诸如沉积埋藏过程、成岩过程、温度场演化、压力场演化等沉积盆地演变的基本方面及其相互间的耦合关系^[4~9],因而利用数值盆地模型,可以定量描述复杂地质现象,同时考虑多个因素的作用及其相互间的影响,为克服时空的限制、定量再现地质事件的发生、发展、演化过程提供了一条可行之路^[7,8],因此在实际盆地分析和油气地质分析中已广泛应用。但在这方面仍存在认识上和使用上的问题。人们已认识到,盆地模型并不能直接解决实际地质问题,因为可以通过改变模拟的参数和边界条件而实现提出的任一目标,数值模拟结果的好坏在很大程度上取决于研究者对地质现象的认识深度、模型设计的正确与否及对有关边界条件和重要参数的理解水平和数值的选择。如果使用不当,盆地模拟工作就可能成为数学游戏,“输入的是垃圾,输出的肯定是垃圾”。此外,实践使人们逐步认识到^[9],虽然数值盆地模型得益于计算机技术和数值方法的飞速发展,在近十几年取得了迅速进展,但人们对许多相关的地质现象的认识并没有得到相应提高。

研究的思路

数值盆地模型既可定量描述复杂地质现象各个方面的因素,又可不同程度地建立各因素间的相互联系,

因而有可能帮助研究者思考问题,得出更准确、更全面的结果。鉴于人们对盆地内地质现象及盆地模型方法认识的局限性,模拟结果的好坏受控于几个层次的不确定因素:参数选择、边界条件、地质模型、地质认识。作者认为,利用盆地模型进行地质学分析和研究,应有如下基本思路和技术路线流程(见图1)。

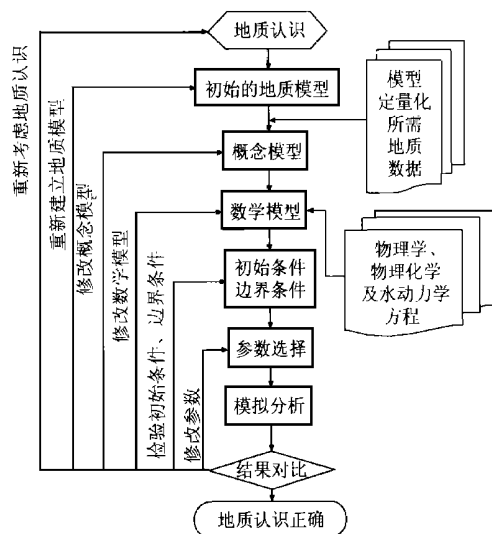


图1 利用数值盆地模型定量研究地质问题技术路线流程

1 定性地质综合分析

采用传统地质方法对研究对象进行定性综合研究,在得出的多个可能的认识结果中,选择最为合理的认识,并建立初始地质模型。

2 建立模拟模型并进行数值模拟

根据地质模型的特点,通过综合、简化和抽象,建立概念模型并选取、收集模型量化化所需的地质数据;选择合适的物理学、物理化学及地下水动力学方程,建立数学模型;根据地质分析的结果,限定初始条件和边界条件。

3 利用盆地模型检验地质认识

根据所获得的地质认识进行模拟分析,再现该地质现象发生的过程。将模拟的结果与地质认识或由其推知的地质特征进行对比。利用盆地模型进行的多种可能性分析(case studies)也应视为该层次研究的内容。

4 结果对比与判断

若所得结果与原先认识一致,则认为地质认识正确,原先的认识通过检验。若不一致,首先检验并修改参数,再行模拟分析,结果对比;仍不一致,检查边界条件和初始条件,有不合适者修改之,再模拟之;还不一致,检查模型(依数学模型、概念模型、地质模型的顺序检查)。

5 检验地质认识

如果经过上述一系列的检验和修正,仍不能再现所提出的地质过程,则应考虑地质认识是否正确。若认为认识正确,重复以上检查过程;如果模型建立正确,参数、初始条件和边界条件的选择合适,则说明原先的地质认识很可能不正确,需要重新考虑,选择其它的可能认识或提出新的认识或假说。

应该特别强调,在以上分析过程中通过了模拟检验的地质认识并不一定就是完全正确的,只是从另一个方面增加了该认识的可靠性。此外,在此过程中,若研究的对象较简单,可直接对其模拟分析;但若研究的对象十分复杂,直接对其整体的模拟可能会比较困难,这时就需要分解该对象,抽出其中一部分内容进行模拟分析。

实例分析

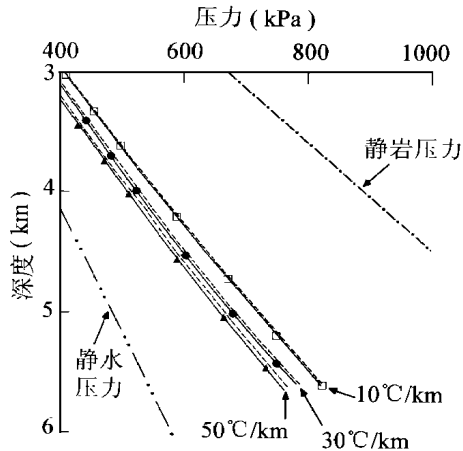
作者在以盆地数值模型为模拟工具进行盆地内异常流体压力形成机制及演化过程的研究中,就得到了一些与传统认识不一致的结果。以下试举几例说明之。

1 水热增压机制的效应并不高

长期以来,水热增压被认为是各种超压机制中最常见、最有效的一种^[9,10],因为按推论,地层温度随其埋藏深度增加必然要升高,而孔隙内的流体会因温度增加而膨胀,若此时地层已因压实等成岩作用而渗透率变得很小,体积膨胀了的流体难以从地层中排出,必然造成较高的异常压力。但定量模拟计算结果表明,在绝大多数沉积盆地的地质条件下,由于温度随深度增加而使地层内增加的流体压力极为有限^[7,11]。为证明这一点,需要考虑各参数在盆地条件下的可能变化范围^[7,12],其中一个主要参数是地热梯度。按照直观的地质认识推断,在地热梯度较高的地区,水热增压的效应必然会更高层^[9,10];但模拟分析的结果恰恰相反,水热增压的效应极低,地热梯度的增加非但不能促使沉积物孔隙流体压力增加,反而使地层压力变小(见图2),地热梯度越高增压效应越低。

对这样的结果,起初作者也觉得难以置信。经过按前述思路反复检验模型、参数、边界条件等,认为模拟的过程没有错误,而是地质认识有问题。Barker^[9]提出水热增压机制根据的是他在实验系统对外完全隔绝的条件下获得的实验结果,而实际盆地内不存在地层完全封闭的情况^[13]。此外,在以百万年计的漫长地质时间内,哪怕沉积物只有非常小的渗透性,极缓慢渗流

出来的流量就足以使沉积物内存在的异常压力消散^[14],这种泄压效应比流体热膨胀而造成的增加孔隙压力的效应要高^[15];另一方面,影响渗流的一个重要参数是流体的黏滞系数,该系数至少在低于 300 °C 的范围内随温度的增加而降低^[16],因其降低导致的流体渗流速度增加对异常压力的影响,比因温度升高孔隙水膨胀而造成的影响要大。由于存在渗流泄压效应和黏滞系数降低导致的渗流加速,水热增压机制的效应在绝大多数盆地地质条件下可忽略不计^[7]。



实线为仅考虑压实作用,虚线为既考虑压实作用又考虑水热增压作用

图2 不同地热梯度影响下水热增压机制的模拟结果

2 蒙脱石脱水增压机制效应可忽略不计

蒙脱石脱水向伊利石转变是沉积盆地中常见的成岩过程,这种黏土矿物转化与异常压力形成之间的密切关系得到广泛认同^[10-17]。蒙脱石脱水增压机制认为^[17],蒙脱石矿物片状晶体表面可吸附多层水分子,其中最内两层水分子的密度大于 1.0,当蒙脱石向伊利石转变时要脱去这两层水分子,密度大的吸附水进入孔隙成为自由水时体积将增加;若此时沉积物的封闭条件已足够好,其体积的增加就有可能产生异常压力。模拟计算结果证实,蒙脱石的脱水转变确实可引起异常高压,或者增加已有超压的压力值,但与压实作用的增压效应比较起来,这种增压机制的效应亦可忽略不计^[18]。

但在很多盆地内,蒙脱石脱水向伊利石转变与异常压力形成之间的密切关系是客观存在的^[17]。模拟的结果不仅可否定前人的认识(脱水增压机制),还可以帮助提出两种与蒙-伊转化过程有关的、增压效应更高的增压机制(见图3)。

(1) 硅质胶结

蒙脱石转化为伊利石时,释放的 Si^{4+} 以二氧化硅的形式沉淀于孔隙之中,阻塞了流体渗流通道,造成更为理想的封闭条件,增加了其它增压机制的效应。在

此机制的模拟中,可在孔隙度与渗透率关系^[7]中增加一个系数 C_r :

$$C_r = \left[\frac{S_r + 1}{S_o + 1} \right]^{\frac{10}{3}n}$$

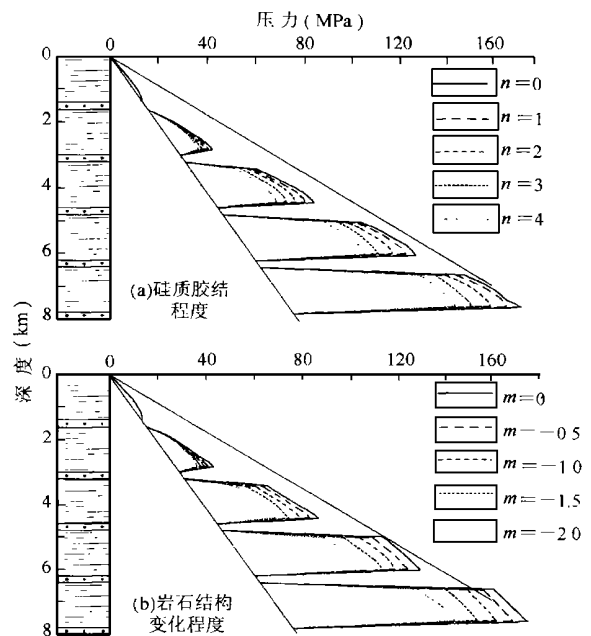
式中 S_o , S_r ——初始及残留蒙脱石含量; n ——岩石胶结指数,取决于胶结类型。

(2) 岩石结构变化

近期的研究发现,蒙-伊转变过程实际上是一个蒙脱石逐渐解体而伊利石逐步重结晶的过程^[19]。伊利石的结晶晶片要比蒙脱石晶片大得多,颗粒排列的有序度亦随之增加,这种结构将有利于压实作用的进行^[10],从而增加了压实增压机制的效应。在此机制的模拟中,孔隙度与有效应力关系^[7]中的压实系数被乘以系数 C_r :

$$C_r = \left[\frac{S_r + 1}{S_o + 1} \right]^m$$

式中 m ——岩石结构指数,取决于沉积物的矿物组分及初始结构。



沉积速率为 80m/Ma, 基底热流为 50m°W·m²

图3 伴随着蒙-伊转化所发生的沉积物特征变化对孔隙压力产生的影响

单从数值模拟结果来看,硅质胶结和岩石结构变化对增加压实增压效应的作用都十分明显(见图3)。但确否如此,还需要对实际盆地中的岩石组构及其随深度的变化进行更深入的观察和分析。举出此例,可以说明正因为引入数值盆地模拟方法进行定量分析

析,才促使研究者不囿于传统概念的界限,从新的角度提出新的机制假说。

3 有机质热裂解增压机制

泥质岩或碳酸盐岩中的有机质大多数以固态干酪根的形式存在。在地层埋藏增温过程中,干酪根将因热降解生成液态的油和一部分天然气,当温度升高到热裂解所需温度时,剩余的固态干酪根和已生成的油都将裂解成为天然气。对于同样质量的有机质,液态的油和气态的天然气比固态干酪根所占据的空间要大得多,因而这应该是一种有效的增压机制^[20,21]。模拟结果表明^[22],在这种机制中,石油、天然气的生成对产生超压有两种作用:一是孔隙流体的体积大大增加;二是油或气进入孔隙之中,与孔隙水构成了互不相溶或微量相溶的多相体系,使其总渗透率小于单相条件下的岩石本质渗透率。

干酪根热降解生成的液态烃量相对较小,一般在岩石有机质含量大于5%条件下,这种机制的效应才比较明显^[22]。这一结果与前人定性分析和推论的结果大不相同^[21],主要是因为从定性分析中无法确定在单位时间内生成的液态烃量和排出的流体量孰大孰小,也无从判断由此引起的孔隙压力的变化及积累的效应。

当温度升高到热裂解所需温度时,无论是固体的干酪根还是已生成的液态烃类都将逐步裂解,形成天然气。由于固态的或液态的有机质密度远大于天然气,它们裂解成气后体积大大增加(在地表条件下往往可增加数百倍^[23]),因而有机质热裂解的过程对异常压力的增压作用十分重要。模拟结果发现,当岩石有机质含量大于0.5%时,有机质裂解产生的气便可引起明显超压^[22]。由于有机质裂解的深度较大,故其增压机制发生得比较晚。

此外,还有一例与“常理”相悖的现象,很有意思。

一种增压机制要起作用,其发生时岩石必须处于一种相对封闭的状态。一般情况下,岩石的封闭性越好(渗透性越差),该种机制起作用时的增压效应越大^[18]。对于泥质岩层,压实作用是造成岩石渗透率不断降低的主要地质因素。因而,对于一种岩石,其渗透率随压实作用增强而降低的趋势越大,其在有机质裂解时的渗透率也就越小,有机质裂解的增压效果也就应该越好。在一组模拟分析实验中,作者假设了4种有机质裂解的增压环境:从条件P-1到条件P-4,地层的孔隙度-渗透率关系的系数依次降低一个数量级。为了研究的需要,在模拟过程中对压力不进行水力破裂校正。按地质分析的逻辑推断,由条件P-1到条件

P-4,有机质裂解对异常压力产生和增加的效应应该逐步增加。但模拟的结果(见图4),至6km的埋藏深度,从条件P-1到条件P-2,其增压效应确实增加了,然而从条件P-2到条件P-4,随着地层渗透率降低趋势的增加,虽然压实作用产生的异常压力的幅度在不断增加,但有机质裂解的增压效应反而降低了!

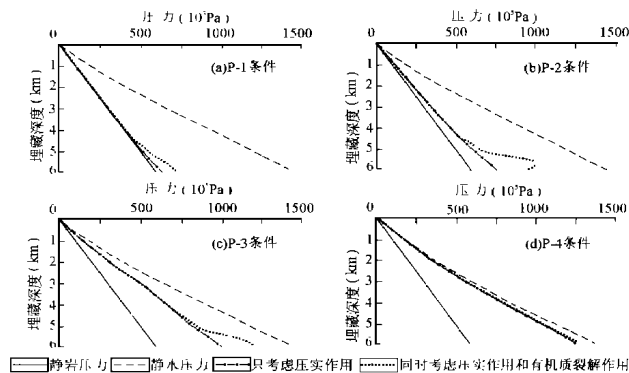


图4 有机质热裂解对孔隙压力产生的影响

通过进一步的分析,作者认识到影响有机质裂解增压效应的不仅仅是岩石的渗透率,还有天然气在孔隙中的饱和度。从图5中可以看出,在P-3和P-4条件下,由于孔隙压力增加较快,在浅部产生异常,岩石孔隙度随深度的变化不大,亦即在相同的埋藏深度,P-3和P-4条件下沉积物中有更多的孔隙空间保存下来(见图5a);此外,高孔隙压力对天然气的压缩作用也大,在同一深度,天然气的密度从条件P-1到P-4逐渐增加。这两种效应综合作用,使得在P-3和P-4条件下天然气饱和度相对较低,而含水饱和度较高(见图5b),故而新加入孔隙的流体体积相对较小,所引起的绝对渗透率的降低幅度也较小,那么这两种条件下有机质裂解的效应越来越小,也就是很自然的事情了^[22]。

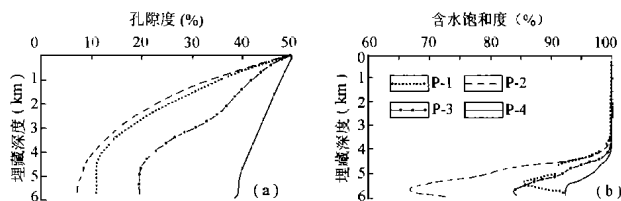


图5 4种条件对应的孔隙度演化曲线(a)和含水饱和度演化曲线(b)

结 论

数值盆地模型可以定量地描述地质对象的特征,综合考虑沉积盆地演变过程中不同的方面及其相互间的耦合关系,因而可以实现对复杂地质现象和它们之

间相互关系的定量描述,完全可以作为一种研究工具,来定量研究和分析某些目前尚不完全了解的参数的作用效力,研究盆地中一些复杂化了的物理化学过程,从动力学角度定量再现某些地质事件的发生、发展、演化过程。

利用数值盆地模拟方法定量地、较为全面地验证已有并被大多数学者认可的地质认识,既可能发现已有认识中考虑欠妥的方面,也可能发现一些原先不可能发现的现象,还可能从根本上推翻一些权威提出的认识。将其应用于实际地质现象的研究,则可能更深入地认识其动力学过程。

虽然含油气盆地内的许多地质现象和过程(如沉积充填过程、岩性及其变化、构造变形的发生等)目前还只能定性地描述,或在其某些方面能够半定量地分析,但仍有许多地质过程基本上可以进行量化分析。目前量化分析比较好的方面有:①基本的地球物理场、温度场、压力场、应力场、重力场;②某些化学动力学过程,如有机质热演化过程、矿物的热演化过程等;③盆地内流体动力学过程;④岩石力学特征及一些地质体的流变学特征等。这些内容可能构成了地质量化发展的主攻方向,因而今后数值盆地模型的设计和发展应尽可能多地容纳这些方面的内容。

参 考 文 献

- Hubbert M K and Rubey W W. Mechanics of fluid filled porous solids and its application to over thrust faulting. 1. role of fluid pressure in mechanics of over thrust faulting. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1959, 70, 115 ~ 166.
- Bredehoeft J D and Hanshaw B B. On the maintenance of anomalous fluid pressure. I. Thick sedimentary sequences. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 1968, 79: 1097 ~ 1106.
- Smith J E. The dynamics of shale compaction and evolution of pore-fluid pressures. *Math. Geol.*, 1971, 3: 239 ~ 263.
- Ungerer P, Bessis F, et al.. Geological and geochemical models in oil exporation: principles and practical examples. In: *Petroleum geochemistry and basin evaluation* (Ed. by Demaison). *Am. Assoc. Pet. Geol.*, 1984, Memoir No 35, 53 ~ 57.
- Lerche I. *Basin Analysis. Quantative methods.* v. 1, Academic Press San Diego, Calif., 1990. 562.
- 罗晓容. 沉积盆地数值模型的概念、设计及检验. *石油与天然气地质*, 1998, 19: 196 ~ 204.
- Luo X R and Vasseur G. Contributions of compaction and aquathermal pressuring to geopressure and the influence of environment conditions. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 1992, 76: 1550 ~ 1559.
- Audet D M and J D C McConnell. Forward modeling of porosity and

- pore pressure evolution in sedimentary basins. *Basin Research*, 1992, 4: 147 ~ 162.
- Barker C. Aquathermal pressuring: role of temperature in development of abnormal pressure zone. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 1972, 56: 2068 ~ 2071.
- Magara K. *Compaction and fluid migration*. Practical petroleum geology. Elsevier Scientific Publishing Company, Ameterdam, 1978. 319.
- Shi Y L and Wang C Y. Pore pressure generation in sedimentary basins: overloading versus aquathermal. *Journal of Geophysical Research*, 1986, 91: 2153 ~ 2162.
- Miller T W and Luk C H. Contributions of compaction and aquathermal pressuring to geopressure and the influence of environmental conditions: discussion. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 1993, 77: 2006 ~ 2010.
- Neuzil C E. How permeable are clays and shales. *Water Resource Res.*, 1994, 30: 145 ~ 150.
- Deming D. Factors necessary to define a pressure seal. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 1994, 78: 1005 ~ 1009.
- Luo X R and Vasseur G. Contributions of compaction and aquathermal pressuring to geopressure and the influence of environment conditions: Reply. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 1993, 77: 2011 ~ 2014.
- Mercer J W, Pinder G F and Donalson I G. A galerkin-finite element analysis of the hydrothermal system at Wairakei, New Zealand. *Journal of Geophysical Research*, 1975, 80: 2608 ~ 2621.
- Bust J K. Diagenesis of gulf coast clayay sediments and its possible relation to petroleum migration. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 1969, 53: 73 ~ 93.
- Bethke C M. Inverse hydrologic analysis of the distribution and origin of gulf coast-type geopressured zones. *J. Geophys. Res.*, 1986, 91: 6535 ~ 6545.
- Freed R L and Peacor D R. Geopressured shale and sealing effect of smectite to illite transition. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 1989, 73: 1223 ~ 1232.
- Chaney P E. Abnormal pressure and lost circulation, drilling and production practice. *World Oil*, 1950, 130: 122 ~ 126.
- Hedberg H D. Relation of methane generation to undercompacted shales shale diapirs and mud volcanics. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 1974, 58: 661 ~ 673.
- Luo X R and Vasseur G. Geopressuring mechanism of organic matter cracking: numerical modelling. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 1996, 80: 856 ~ 874.
- Barker C. Generation of anomalous internal pressure in source rocks and its role in driving petroleum migration. *Revue Inst. Francais Petr.*, 1988, 43: 349 ~ 355.

作者简介 罗晓容,男,40岁,研究员,获博士学位,现从事油气地质基础及应用基础研究工作。地址:北京市德外祁家豁子,中国科学院地质与地球物理研究所,邮政编码 100029;电话:(010) 62008065; E-mail: rxuluo@public.bta.net.cn.

收稿日期 1999-07-20

(编辑 王孝陵)

石油勘探与开发·中文摘要

第 27 卷 第 2 期 出版日期 2000 年 4 月 23 日

P554

20000201

模拟弹塑性上地壳中逆断层盆地的演化[刊]/张贵宾,
Martin H P Bott //石油勘探与开发.-2000, 27(2).-2 ~ 5

利用黏弹塑性有限元分析方法,模拟了厚为 10km 的上地壳(假定上地壳具有 Byerlee 型强度包络)中以逆断层为边界的盆地的演化;假定基底无黏性,而盆地中充填的沉积物密度比地壳密度小 $400\text{kg}/\text{m}^3$ 。随着每次以 0.25km 位移增量逐渐挤压地层,塑性破裂区扩大,直至挤压位移至约 5.5km 时,出现了破裂切穿整个地层的现象。当达到这种状态时,盆地的沉降减慢,最终停止。地层被挤压至位移 5.5km 后形成一个 30km 宽、5km 深的盆地。整个演化过程中,盆地转折线逐渐向断层移动。切穿破裂出现以后,地层被继续挤压到位移 8km,以便观察研究断层两侧的挤压褶皱构造。这些褶皱是从早期轻微的挠曲起伏演化而来的,到挤压位移 3km 时,它们开始明显增强,到挤压位移 8km 时,已经形成非常大的背斜和向斜,其幅度从断层向两侧逐渐减小。图 4 参 10(王孝陵摘)

主题词 逆断层 边界 断陷盆地 构造力学
岩石破碎 应力模拟 弹性 塑性 有限元法 分析

TE19

20000202

数值盆地模拟方法在地质研究中的应用[刊]/罗晓容
//石油勘探与开发.-2000, 27(2).-6 ~ 10

数值盆地模型既可以定量描述地质对象的特征,又综合考虑不同方面地质因素及其相互间的耦合关系,模拟结果的好坏在很大程度上受控于参数选择、边界条件、地质模型、地质认识,使用不当,盆地模拟工作就可能成为数学游戏。阐述了数值盆地模拟方法在地质研究中的应用思路、效果及意义。应用数值模型方法研究异常流体压力机制及演化过程,得出与传统认识不一致的观点之例有:①地热梯度的增加使得地层压力变小,水热增压机制的效率在绝大多数盆地地质条件下可忽略不计。②与压实增压效应相比,蒙脱石的脱水增压效应可忽略不计,与蒙-伊转化过程有关的效率更高的增压机制是硅质胶结和蒙脱石逐渐解体而伊利石逐步重结晶的岩石结构变化。③并不是地层渗

透率越低,有机质裂解生成气态烃的增压效应越显著。针对所获得的地质分析结果建立地质模型和数学模型,定量恢复和再现盆地演化的地质过程是可行的,并可能获得更深入的认识,检验原有地质认识的合理性。

图 5 参 23(王孝陵摘)

主题词 盆地 数值模拟 地质学 研究 应用

TE112.31

20000203

油气成藏动力场模型及其应用[刊]/柳广弟,郑玉凌 //石油勘探与开发.-2000, 27(2).-11 ~ 14

认为流体势的定义除应体现重力、静水压力和毛细管力的影响之外,还应体现构造应力和热力的影响。建立了综合考虑这些因素的流体势场(即油气成藏动力场)数学模型,比较全面地描述了油气在成藏过程中受到的力的作用。以吐哈盆地为例,分析应力、温度和地层埋深变化对流体势的影响,结果表明,对于挤压作用比较强烈的盆地,构造应力的影响最为重要,温度与流体势呈负相关关系,并主要在低温时影响较大;温度和应力对气势的影响要比对油势和水势的影响大得多。对吐哈盆地侏罗纪末期三间房组成藏动力场的模拟结果表明,考虑应力场和温度场的流体势场更能反映挤压型盆地的油气运聚规律,同时说明成藏动力场模型是有实用价值的。图 3 参 7(王孝陵摘)

主题词 油气藏形成 流体动力模型 构造应力
温度 古地温 台北凹陷 晚侏罗世 油气运移
模拟

TE111.1

20000204

不同类型沉积盆地热演化成因模式探讨[刊]/邱楠生
//石油勘探与开发.-2000, 27(2).-15 ~ 17

不同类型的沉积盆地其地热分布、盆地热演化、热结构和深部岩石圈热状况都有明显的差异。根据大量资料总结了裂谷盆地、坳陷盆地和前陆盆地的地温演化成因模式。裂谷盆地的地热随地质历史的演化逐渐降低,在裂谷拉张阶段具有很高的热流值,但现今的热流值则取决于裂谷发生的时间;中生代裂谷仍保留较高的热流值且具有典型的“热幔冷壳”结构,而古裂谷现今的热流值较低。坳陷盆地的热流演化总体上看

SHIYOU KANTAN YU KAIFA

(PETROLEUM EXPLORATION AND DEVELOPMENT)

Vol. 27 No. 2 Apr. 2000

ABSTRACT

Modeling the evolution of basin bounded by reverse fault in the elastoplastic upper crust Zhang, GuiBin; et al. (Department of Applied Geophysics, China University of Geosciences, Beijing 100083, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2000, 27(2), 2-5. The evolution of basin bounded by reverse faulting in a 10km thick upper crust with a byerlee-type strength envelope has been modeled by elasto-viscoplastic finite element analysis. The substratum is assumed to be inviscid and the basin is filled by sediments 400kg/m³ lower in density than that of the crust. As the layer is shortened by progressive increments of 0.25km, the zones of plastic failure extend until throughgoing failure of the layer eventually occurs. When this stage is reached, subsidence of the basin slows down and finally stops. Throughgoing failure occurs at 5.5km shortening for reverse faulting. A narrower trough 30km wide and 5km deep forms for reverse faulting after 5.5 km shortening. The hinge line of the basin progressively migrates towards the fault. The reverse faulted model has been continued to 8km shortening, well beyond throughgoing failure, to demonstrate the formation of compressional folds on both sides of the fault. These develop from the gentle flexural undulations of earlier stages, which start to be visibly amplified by 3km shortening, and form quite strong peripheral anticlines and syndines by 8km shortening, decaying away from the fault. **Subject heading** Reverse fault, Boundary, Fault basin, Structural mechanics, Rock breaking, Stress simulation, Elasticity, Plasticity, Finite element method, Analysis

The application of numerical basin modeling in geological studies.

Luo, XiaoRong (Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2000, 27(2), 6-10. The knowledge resulted from the traditional geological research is usually ambiguous. The numerical basin models are generally not only able to describe quantitatively the various factors involved in a geological process, but also able to take the relationship among these factors into account. Synthesizing the results from geological studies into concept and numerical models and using a numerical basin model as a tool, the geological process might be quantitatively and more reliably reconstructed and demonstrated. After analyzing the effect and characteristics of the geopressures caused by aquathermal effect, the dehydration of smectite when it transforms to illite, and the cracking of organic matters into gases, the manner and effect to apply a numerical basin model in these studies are introduced. The results conclude that the numerical basin modeling may be the important developing direction for quantitative geological studies.

Subject heading Basin, Numerical simulation, Geology, Research, Application

Fluid potential of hydrocarbon migration and accumulation: a dynamic model and its application Liu, GuangDi; et al. (University of Petroleum, Beijing 100083, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2000, 27(2), 11-14. A dynamic model of hydrocarbon migration and accumulation was developed in this paper, which coupled the tectonic stress and temperature into fluid potential. The sensitive analysis of parameters in the geological background of Turpan-Hami basin showed that: ① the tectonic