# 鄂尔多斯盆地石炭纪中央古隆起形成机制

王庆飞[1,2]，邓 军[1,2]，黄定华[3]，高帮飞[1,2]，徐 浩[1,2]

（1. 中国地质大学 地质过程与矿产资源国家重点实验室，北京 100083；
2. 中国地质大学 岩石圈构造、深部过程及探测技术教育部重点实验室，北京 100083；
3. 中国地质大学 地球科学学院，湖北 武汉 430074）

摘要：将鄂尔多斯盆地简化为受南北挤压的等厚各向同性弹性薄板模型进行应力—应变场数值模拟，力图揭示鄂尔多斯地区石炭纪出现的细腰状中央古隆起的形成机制。模拟中 $Z$ 轴方向应变（$\varepsilon_z$）正值区对应于盆地内部的隆起区，$\varepsilon_z$ 正等值线形态对应于隆起形态；单轴挤压条件下，$\varepsilon_z$ 正等值线总会呈现沿应力轴方向延伸的细腰状形态；点作用力产生的 $\varepsilon_z$ 正等值线范围局限，而线作用力产生的 $\varepsilon_z$ 正值区分布较广。模拟结果表明鄂尔多斯盆地石炭纪细腰状隆起是在南北边界受挤压条件下，应力—应变在盆地内部传递过程中所必然出现的结果，南北向点作用力比南北向线作用力产生的 $\varepsilon_z$ 等值线形态更接近于鄂尔多斯盆地中央古隆起形态；点作用力可能代表了石炭纪微板块间的点碰撞或者弧—陆碰撞。

关键词：鄂尔多斯盆地；点碰撞；中央古隆起；数值模拟；微板块
中图分类号：P554 文献标识码：A 文章编号：1000-8527(2005)04-0546-05

# Formation Mechanism of Carboniferous Central Paleouplift of Ordos Basin

WANG Qing-fei[1,2], DENG Jun[1,2], HUANG Ding-hua[3], GAO Bang-fei[1,2], XU Hao[1,2]

(1. *State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China*;
2. *Key Laboratory of Lithosphere Tectonics and Lithoprobing Technology of Ministry of Education, China University of Geosciences, Beijing 100083, China*;
3. *Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China*)

**Abstract**: To reveal the formation mechanism of the Carboniferous slender-waist-shaped central paleouplift in Ordos Basin, a series of stress-strain simulations were carried out, in which the basin was simplified into an isopachic, isotropic and elastic shell model and loaded with the NS trending extrusion. The positive strain along $Z$ axis ($\varepsilon_z$) corresponded to the uplift, and the shape of positive $\varepsilon_z$ isoline represented that of the uplift. Repeated simulations showed that the outline of positive $\varepsilon_z$ isoline always appeared slender-waist shape along the maximum stress axis, which approved that the central uplift resulted from stress transfer in the Ordos Basin under the NS trending extrusion. Moreover, the shape of the positive $\varepsilon_z$ isoline caused by the point force was narrow, while that by the linear pressure was relatively wide in the simulations. Since the shapes of $\varepsilon_z$ isoline induced by the linear pressure was less analogical to the geological uplift in the Ordos Basin, the linear pressure was less reasonable than the point force, which may represented the point collision between microplates or arc-continent collision during Carboniferous.

**Key words**: Ordos Basin; point collision; central paleouplift; numerical simulation; microplate

## 0 引 言

鄂尔多斯盆地是中国重要的含油气盆地之一[1-2]，形成于中生代侏罗纪。鄂尔多斯盆地虽形成于中生代，但盆地形成之前的古构造对盆内油气生储运有重要的控制作用[3-5]，石炭纪形成

收稿日期：2005-07-30；改回日期：2005-10-20；责任编辑：潘令枝。
基金项目：国家重点基础研究规划项目（2003CB214600）；教育部科学技术研究重点项目（03178）；教育部跨世纪人才基金项目。
作者简介：王庆飞，男，博士后，1978年出生，矿床学专业，主要从事构造与流体研究。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

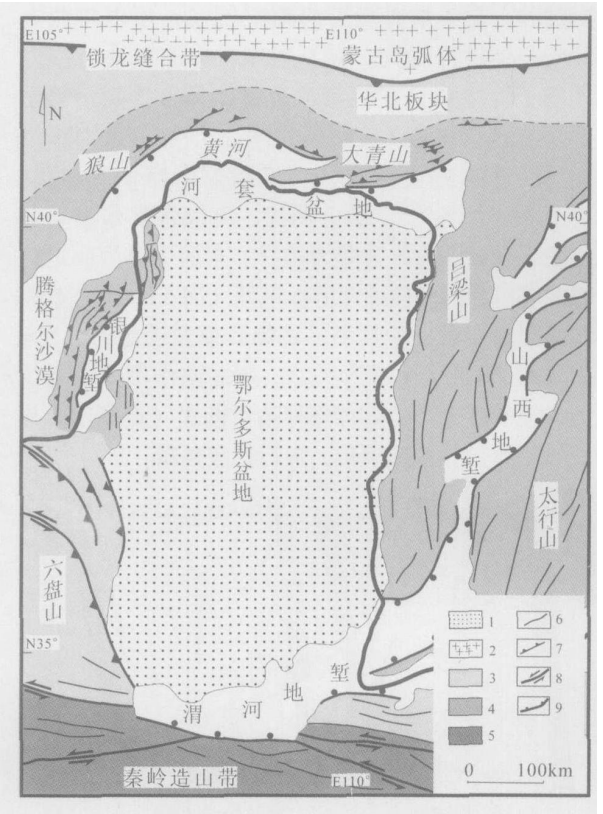
的中央古隆起对盆内油气分布的制约作用尤为显著。前人对石炭纪中央古隆起的成因机制和构造背景做过初步探讨，但分析过程以定性推测为主，结论难以令人信服。为研究石炭纪盆地内中央古隆起产生的构造背景，本文采取构造模拟和地质分析相结合的手段，将鄂尔多斯盆地视为薄板模型后，通过设定多种边界条件，开展了一系列应力—应变场模拟。模拟结果不但确定了盆地内石炭纪中央古隆起形成的地质背景，而且对查明中国北部石炭纪微板块的相互作用方式也有较为重要的启示意义。

## 1　区域构造背景

鄂尔多斯盆地四周均被造山带围限 (图 1)，北面为兴蒙造山带，南面是秦岭造山带，西边界为贺兰山—六盘山，东边界为吕梁山。笔者根据深部重力资料所显示的深大断裂发育情况划定了盆地边界，如图 2所示。北部边界断层为黄河断裂 (磴口—托克托断裂带)，西部为桌子山—平凉断裂，南部为渭河盆地北界断裂，东部为离石断裂，盆地边界形态不规则，整体上近似于一直角梯形。盆地边界的深大断裂将鄂尔多斯盆地与周边地质单元分割，使其成为一个独立而完整的块体。盆地边缘变形较为强烈，盆地内部的变形明显减弱，地层平缓。

## 2　石炭纪—早二叠世中央古隆起

鄂尔多斯盆地周缘造山带经历了多期演化[8]，并导致了盆地内部古地理格局的数次转型，其中石炭纪古地理格局的转型尤为引人注目。早古生代，鄂尔多斯台地主受南西两侧的秦岭海盆和贺兰坳拉槽活动的制约，于西缘和西南缘发育“L”形隆起[9] (图 3( a))；晚石炭世，鄂尔多斯台地南北缘受到南北向的挤压作用，晚石炭世本溪期盆




1. 鄂尔多斯盆地；2. 蒙古岛弧体；3. 华北板块；4. J—K板内变形带；5. 秦岭造山带；6. 断裂；7. 逆冲断层；8. 走滑断层；9. 山前正断层

图 1　鄂尔多斯盆地区域构造图 (据文献 [6] 和 [7] 修编)

Fig. 1　Tectonic map of Ordos Basin

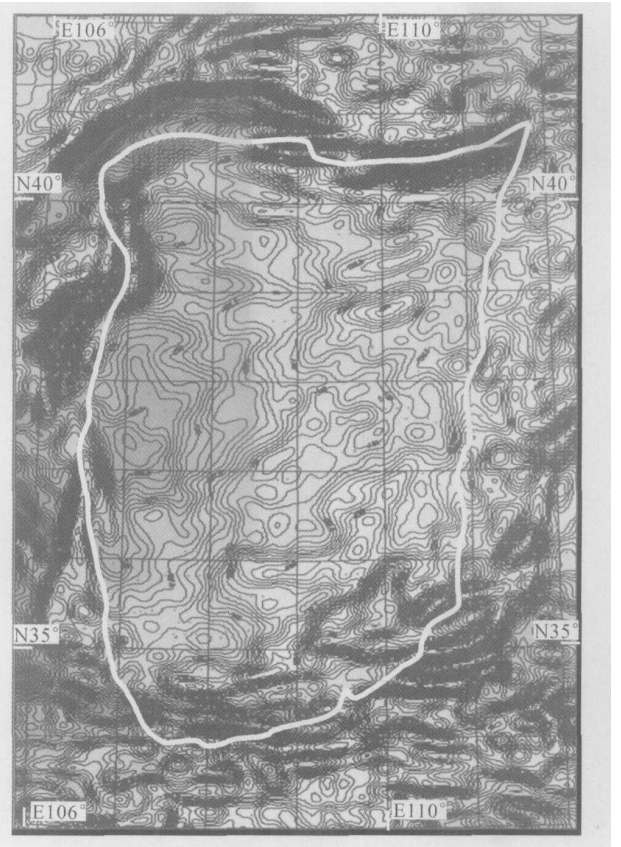



图 2　鄂尔多斯盆地边界的划定

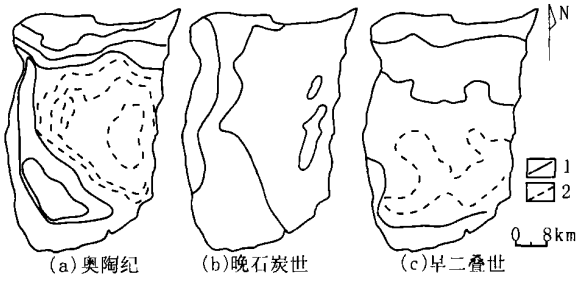
(白线表示鄂尔多斯盆地边界；底图为重力异常图；引自西安矿产研究所①)

Fig. 2　Definition of boundaries of Ordos Basin

① 西安矿产研究所，鄂尔多斯地下水勘查项目报告，2004.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

地南北两侧延续了早期的隆起地形，盆地中央发育的近南北向“细腰状”隆起尤为突出，它分割了东西两侧的华北海盆和祁连海盆(图 3(b))。而在早二叠世，中央古隆起在盖层中消失，取代它的是东西向带状隆起(图 3(c))。

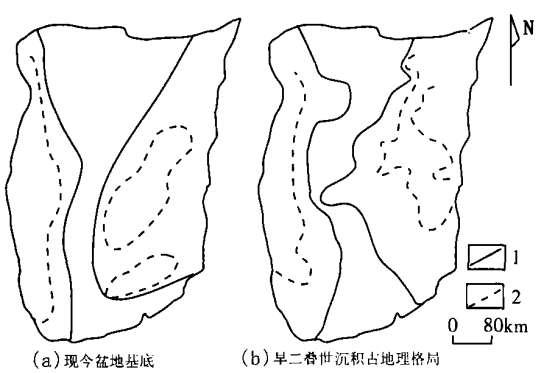



1. 隆起区地层厚度等值线示意；2 坳陷区地层厚度等值线示意

图 3 鄂尔多斯盆地奥陶纪—早二叠世古地理演化简图

Fig. 3 Paleogeographical map from Ordovician to Early Permain in Ordos Basin

盆地基底现今格局呈现出隆坳相间的特点。将基底形态与不同地质历史时期的盖层古构造格局对比，发现基底形态与二叠纪隆坳相间的构造格局整体相似，其中，基底形态与二叠纪早期的古构造格局最为相近，均由中部“细腰状”隆起和东西两侧的坳陷构成(图 4)。这说明中央古隆起在石炭纪—早二叠世不但在盖层中存在，在基底中也发育。基底与盖层构造格局的对比也证实在石炭纪—早二叠世两者同态，均发育中央古隆起；随后盖层构造格局发生转变，形成了东西向条带状隆起。在盖层中，中央古隆起虽然通过沉积厚度被记录下来，但是变形结果已经恢复，变形产物不再存在；与之相反，在基底中，变形结果没有恢复，变形产物——中央古隆起被保存下来。




1. 隆起区地层厚度等值线示意；2 坳陷区地层厚度等值线示意

图 4 鄂尔多斯盆地现今基底构造格局与早二叠世古构造格局比较

Fig. 4 Basement structure patterns nowadays and in Early Permian

## 3 数值模拟

首先根据石炭纪—早二叠世盆地的大地构造背景确定盆地边界条件，建立地质模型；并进一步将地质模型转化为力学模型，最后利用有限元模拟软件对盆地内部的应力—应变场进行了模拟，并将应变场结果与实际古地理格局[10-16]进行对比。

### 3.1 地质模型与力学模型

将盆地的不规则边界简化为一个类似梯形的边界，盆地边框长约 600 km，宽约 500 km。根据邻区相关资料可以判断盆地盖层(寒武系—石炭系)和上部基底厚度约为 10 km[23-24]，可将其视为薄板模型。盆地的基底在变形过程中存在塑性变形，但盖层塑性变形的痕迹并不显著，本次研究将盆地的变形过程近似作为弹性过程处理，以深入了解应力的传递机制，推断基底和盖层的变形过程。由于基底变形与盖层同态，可以将两者视为一体进行研究。在石炭纪，华北板块与南方的扬子板块和北方的蒙古岛弧体相互作用，鄂尔多斯盆地受到南北向挤压作用[17-20]；盆地西缘坳拉槽已基本停止活动[21]，东缘与山西地块相接，视为固定边界[22]。综上所述，可以将鄂尔多斯盆地简化为南北边界为受力边界、东西边界为固定边界的等厚各向同性弹性薄板模型(图 5)。综合基底和盖层的岩石力学性质，将杨氏模量设定为 $2.5\times10^{9}$ Pa，泊松比设定为 0.25。南北向作用力的具体形式尚不清楚，需要对两种基本形式(点作用力与线作用力)做多次模拟，进行比较判断。

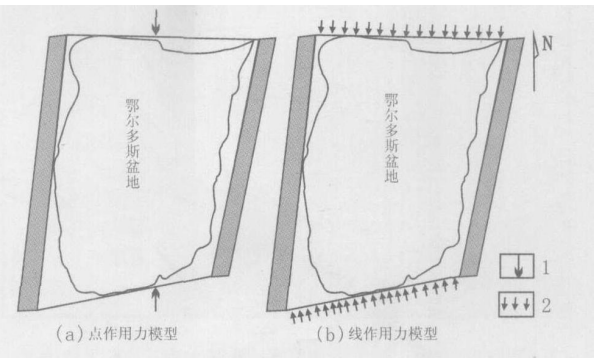



图 5 鄂尔多斯盆地力学模型

(东西边界为固定边界)

Fig. 5 Mechanical model of Ordos Basin

### 3.2 模拟过程与结果

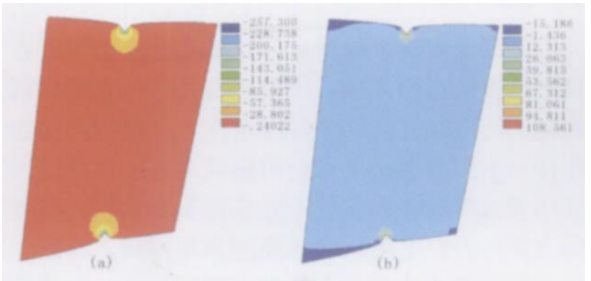
模拟共分为 3种类型：模拟 1按图 5(a)所示的点作用力模型实施，南北边界施以南北向点

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

作用力，东西边界固定；模拟结果如图 6、图 7所示。模拟 2按图 5(b)所示的线作用力模型实施，南北边界施以南北向线作用力，东西边界固定；模拟结果如图 8、图 9所示。模拟 3的力学模型的边界条件与模拟 1和模拟 2的类似，除两边界承受一对点作用力外，其余均为固定边界，但模型边界设为任意形状；模拟结果如图 10、图 11所示。全部模拟采用 Ansys 8.0软件完成。

3.2.1　模拟 1

边界应力值首先取 $2\times10^8$ Pa。最大主应变 $\varepsilon_1$ 的极值主要局限于施力点处，而 $Z$ 轴方向应变 $\varepsilon_z$ 的正值区则在全区发育，整体呈东西向带状分布，并没有出现细腰状形态 (图 6)。将 $\varepsilon_z$的演化过程分为 25个等时的阶段，在阶段 19中出现南北向

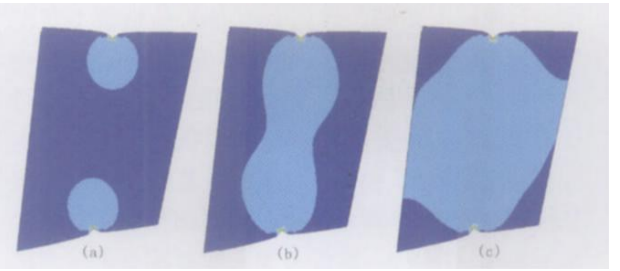


(a) $\varepsilon_1$等值线；(b) $\varepsilon_z$等值线

图 6　鄂尔多斯盆地中央古隆起应变场模拟结果

(挤压应变为负，拉伸应变为正)

Fig. 6　Strain field results of simulation 1 of the Carboniferous uplift in Ordos Basin

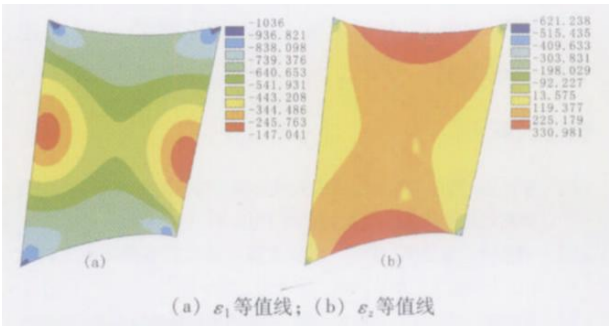


(a) $\varepsilon_z$演化阶段 18；(b) $\varepsilon_z$演化阶段 19；(c) $\varepsilon_z$演化阶段 20

图 7　鄂尔多斯盆地中央古隆起应变场 $\varepsilon_z$演化过程

(演化过程共分为 25个阶段；图例同图 6(b))

Fig. 7　Evolutional processes of $\varepsilon_z$ in simulation 1 of the Carboniferous uplift in Ordos Basin

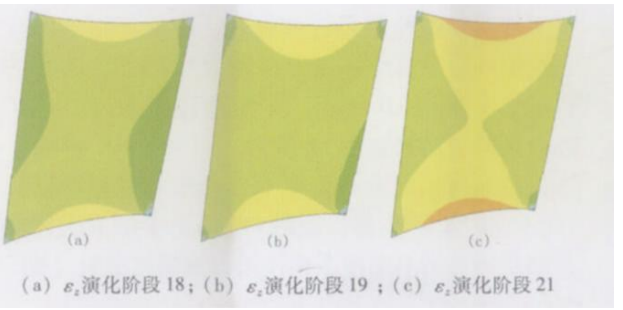



(a) $\varepsilon_1$等值线；(b) $\varepsilon_z$等值线

图 8　鄂尔多斯盆地中央古隆起应变场模拟结果

(挤压应变为负，拉伸应变为正)

Fig. 8　Strain field results of simulation 2 of the Carboniferous uplift in Ordos Basin

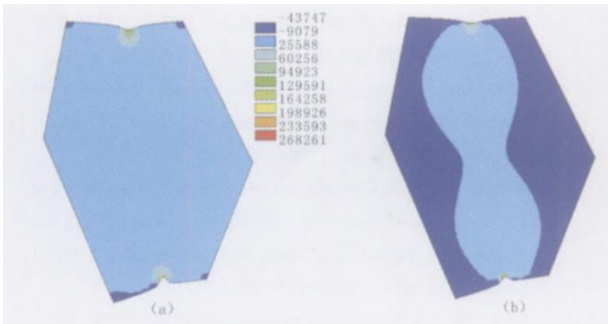



(a) $\varepsilon_z$演化阶段 18；(b) $\varepsilon_z$演化阶段 19；(c) $\varepsilon_z$演化阶段 21

图 9　鄂尔多斯盆地中央古隆起应变场 $\varepsilon_z$演化过程

(演化过程共分为 25个阶段；图例同图 8(b))

Fig. 9　Evolutional processes of $\varepsilon_z$ in simulation 2 of the Carboniferous uplift in Ordos Basin

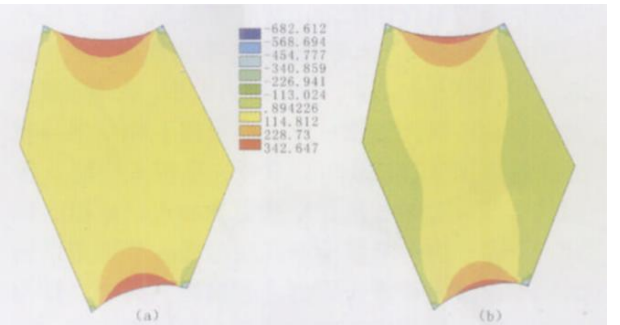


(a) $\varepsilon_z$等值线；(b) $\varepsilon_z$演化阶段之一

图 10　任意边界时点作用力应变场结果

(挤压应变为负，拉伸应变为正)

Fig. 10　Results of strain field simulation with random boundaries and point force



(a) $\varepsilon_z$等值线；(b) $\varepsilon_z$演化阶段之一

图 11　任意边界时线作用力应变场结果

(挤压应变为负，拉伸应变为正)

Fig. 11　Results of strain field simulation with random boundaries and line force

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

细腰状隆起，该隆起在阶段 20中逐步变为东西向带状分布 (图 7)，细腰状隆起的形态与实际地质情况 (图 3 (b)) 基本一致。将应力加大或者减小进行多次模拟 (应力变化范围为 $1 \times 10^7 \sim 1 \times 10^{10}$ Pa)，应变场结构演化过程相互一致。

3.2.2 模拟 2

模型 2施以南北向线作用力进行模拟，应力值先与模拟 1相同。最大主应变 $\varepsilon_1$的极值主要发育在模型的角顶部位。$\varepsilon_2$等值线在最终结果中虽出现细腰状形态 (图 8)，但 $\varepsilon_2$正值区范围比模拟 1中的大，形态也与模拟 1中的有很大不同，与实际古隆起的轮廓 (图 3 (b)) 相差较大。将 $\varepsilon_2$演化过程分为 25个等时阶段，发现细腰状隆起多次重复出现 (图 9)。将应力加大或者减小进行多次模拟 (应力变化范围为 $1 \times 10^7 \sim 1 \times 10^{10}$ Pa)，应变场结构演化过程相互一致。

3.2.3 模拟 3

模拟 3中模型边界采用任意形状，分别施以点作用力和线作用力进行多次模拟。同样受力方式下的系列模拟结果彼此吻合，应变场结构的变化规律一致。其中一组点作用力 ($2 \times 10^8$ Pa) 的模拟结果如图 10所示，一组线作用力 ($2 \times 10^8$ Pa) 的模拟结果如图 11所示。图 10 (b) 中的 $\varepsilon_2$正值区细腰状形态与模拟 1点作用力的模拟结果 (图 7 (b)) 相一致，而图 11 (b) 中的 $\varepsilon_2$正值区细腰状形态则与模拟 2线作用力的模拟结果 (图 8 (b)) 相一致。

综上所述，在 3个系列的应力—应变模拟过程中，模拟 1和模拟 2以鄂尔多斯盆地的简化四边形边界为力学模型的几何形态，分别施以南北向点作用力和线作用力，开展了模拟。在点作用力和线作用力下，$\varepsilon_2$等值线形态都出现南北向细腰状；相同受力方式下，改变应力大小，$\varepsilon_2$等值线形态的分布和变化规律一致。将模拟 1的结果与模拟 2的结果进行比较可以发现，模拟 1中的 $\varepsilon_2$等值线形态与实际古隆起轮廓更为相近。模拟 3以任意多边形为力学模型的几何形态，分别施以南北向点作用力和线作用力进行模拟，其中点作用力产生的 $\varepsilon_2$等值线轮廓与模拟 1的结果相似，而线作用力产生的 $\varepsilon_2$等值线轮廓与模拟 2的结果雷同。在 3个系列的模拟过程中调整边界应力大小不改变 $\varepsilon_2$等值线的时空结构。

细腰状隆起存在的时间长短以及是否能被保留下来取决于应力大小、应力传递速度和介质的物理性质。对于鄂尔多斯盆地而言，由于基底受力较大、温度较高，因而变形过程更多地显示出塑性的性质，在应力超过弹性极限后，$\varepsilon_2$被保留下来；而盖层初始时与基底一起演化，在基底塑性变形的阶段仍保持弹性变形，其隆起形态进一步由南北向细腰状向东西向带状转变。

## 4 结 论

将鄂尔多斯盆地简化为受南北挤压的等厚各向同性弹性薄板模型，进行了应力—应变场数值模拟，结果表明在单轴挤压条件下，模型内部会出现与主应力方向平行的细腰状隆起，边界应力大小和边界形态的变化不改变应变场结构；南北向点作用力产生的细腰状隆起分布局限，而南北向线作用力产生的隆起的分布范围较大；南北向点作用力比线作用力产生的隆起形态更接近于鄂尔多斯盆地的古隆起轮廓。根据模拟结果推测鄂尔多斯盆地石炭纪细腰状隆起是在其南北边界受挤压条件下，应力传递过程中必然出现的结果，点作用力可能代表了石炭纪微板块间的点碰撞或者弧—陆碰撞。

参考文献:

[1] 李江涛. 鄂尔多斯盆地北部加里东期后构造演化及其与古生界天然气的关系 [J]. 现代地质, 1997, 11 (4): 488-495.

[2] 李振铎, 胡义军, 谭芳. 鄂尔多斯盆地上古生界深盆气研究 [J]. 天然气工业, 1998, 18 (3): 10-16.

[3] 吴冲龙, 周江羽, 王根发, 等. 鄂尔多斯古构造应力场与中部大气田的联系 [J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(4): 267-275.

[4] 贾进斗, 何国琦, 李茂松, 等. 鄂尔多斯盆地基底结构特征及其对古生界天然气的控制 [J]. 高校地质学报, 1997, 3 (2): 147-153.

[5] 李江涛. 鄂尔多斯盆地南缘构造特征及下古生界天然气勘探前景 [J]. 石油勘探与开发, 1996, 23 (2): 11-15.

[6] Liu Shaofeng. The coupling mechanism of basin and orogen in the western Ordos Basin and adjacent regions of China [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 1998, 16 (4): 369-383.

[7] Ritts B D, Hanson A D, Darby B J, et al. Sedimentary record of Triassic intraplate extension in north China: Evidence from the nonmarine NW Ordos Basin, Helanshan and Huozishan [J]. Tectonophysics, 2004, 386: 177-202.

[8] 王双明. 鄂尔多斯侏罗纪盆地形成演化和聚煤规律 [J]. 地学前缘, 1999, 6 (增刊): 147-154.

[9] 冯增昭, 鲍志东, 康祺发, 等. 鄂尔多斯早古生代构造 [J]. 古地理学报, 1999, 1 (2): 84-91.

[10] 邓军, 陈学明, 饶铁群, 等. 南岭地区两种类型盆地的压实流体系统及其矿化作用 [J]. 现代地质, 2004, 18 (1): 1-7.

(下转第 595页)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

本次研究得到大庆油田物探公司曹国银高级工程师、测井公司王宏建副站长和石油大学李彦民博士的大力帮助和支持，在此表示衷心感谢。

## 参考文献:


[1] Hawlander H M. Diagenesis and reservoir potential of volcanogenic sandstones—Cretaceous of the Surat basin, Australia [J]. Sedimentary Geology, 1990, 66 (3): 181-195.

[2] 陶奎元, 杨祝良, 王力波. 苏北闵桥玄武岩储油的地质模型 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1998, 23 (3): 272-276.

[3] 马乾, 鄂俊杰, 李文华. 黄骅坳陷北堡地区深层火成岩储层评价 [J]. 石油与天然气地质, 2000, 21 (4): 337-344.

[4] 龙胜祥, 陈发景. 松辽盆地十屋—德惠地区断裂特征及其与油气的关系 [J]. 现代地质, 1997, 11 (4): 501-509.

[5] 张晓东, 杨玉峰, 殷进垠, 等. 松辽盆地昌德气田天然气成因及成藏模式 [J]. 现代地质, 2000, 14 (2): 203-208.

[6] 张枝焕, 吴聿元, 俞凯, 等. 松辽盆地南部长岭地区青山口组原油的地球化学特征及油源分析 [J]. 现代地质, 2002, 16 (4): 389-397.

[7] 刘宝柱, 孙万军, 陈少军, 等. 松辽盆地南部中浅层油气藏的成藏史 [J]. 现代地质, 2003, 17 (1): 87-91.

[8] 孙英杰, 付广, 张然. 松辽盆地北部源岩和盖层的时空匹配关系及其对天然气聚集与分布的控制 [J]. 现代地质, 2003, 17 (3): 318-322.

[9] 迟元林, 王璞珺. 中国陆相含油气盆地深层地层研究——以松辽盆地为例 [M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 2000.

[10] 邱家骧, 陶奎元. 火山岩 [M]. 北京: 地质出版社, 1996.

[11] 刘为付, 孙立新, 刘双龙. 松辽盆地莺山断陷火山岩地震反射特征及分布规律 [J]. 石油实验地质, 2000, 22 (3): 256-259.

[12] 迟元林, 云金表, 庞庆山. 徐家围子断陷 $CO_2$气藏形成地质机制研究 [J]. 大庆石油地质与开发, 2000, 19 (3): 1-38.

[13] 蒙启安, 门广田, 张正和. 松辽盆地深层火山岩体、岩相预测方法及应用效果 [J]. 大庆石油地质与开发, 2001, 20 (3): 21-24.

[14] Tang H, Jin H C. Incorporation of spatial characters into volcanic facies and favorable reservoir prediction [J]. SPE 90847, 2004, 7-16.

[15] 高瑞祺, 蔡希源. 松辽盆地大油田形成条件与分布规律 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.

[16] 赵澄林, 孟卫工. 辽河盆地火山岩与油气 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1999.

[17] 赵良孝, 补勇. 碳酸盐储层评价技术 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1988.

[18] 魏涛, 田洪. CBIL测井在火成岩地层中的应用 [J]. 测井技术, 1997, 21 (1): 32-38.

[19] 卢颖忠. 用常规测井资料识别裂缝发育程度的方法 [J]. 测井技术, 2000, 24 (6): 428-432.

[20] 陈建文, 王德发, 张晓东, 等. 松辽盆地徐家围子断陷营城组火山岩相和火山机构分析 [J]. 地学前缘, 2000, 7 (4): 371-378.

[21] 余淳梅, 郑建平, 唐勇, 等. 准噶尔盆地五彩湾凹陷基底火山岩储集性能及影响因素 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2004, 29 (3): 303-308.

[22] 陈发景. 松辽盆地构造演化特征 [M]. 北京: 科学出版社, 1989.

[23] 张功成, 朱德丰, 周章保. 松辽盆地伸展和反转构造样式 [J]. 石油勘探与开发, 1996, 23 (2): 16-20.

[24] 蒙启安, 门广田, 赵洪文, 等. 松辽盆地中生界火山岩储层特征及对气藏的控制作用 [J]. 石油与天然气地质, 2002, 23 (3): 285-288.

[25] 罗静兰, 邵红梅, 张成立. 火山岩油气藏研究方法与勘探技术 [J]. 石油学报, 2003, 24 (1): 31-37.


(上接第 550页)


[11] 邓军, 徐守礼, 吕古贤, 等. 胶东西北部断裂构造与成矿作用 [J]. 现代地质, 1996, 10 (4): 502-511.

[12] 邓军, 翟裕生, 杨立强, 等. 论剪切带构造成矿系统 [J]. 现代地质, 1998, 12 (4): 493-500.

[13] Deng Jun, Huang Dinghua, Wang Qingfei, et al. Experimental remolding on the caprock's 3D strain field of the Indosinian-Yanshanian epoch in Tongling deposit concentrating area [J]. Science in China (Series D), 2005, 48 (7): 863-874.

[14] 魏忠文, 熊保贤, 葛云龙, 等. 南堡凹陷北部东营末期构造应力场与油气运移关系的探讨 [J]. 现代地质, 2000, 14 (4): 435-439.

[15] 曾联波, 田崇鲁. 构造应力场在隐蔽性油气藏勘探中的应用 [J]. 现代地质, 1998, 12 (3): 108-112.

[16] 翟裕生, 邓军, 汤中立, 等. 古陆边缘成矿系统 [M]. 北京: 地质出版社, 2002.

[17] 殷鸿福, 张克信. 中央造山带的演化及其特点 [J]. 地球科学, 1998, 23 (5): 438-442.

[18] 李双林, 欧阳自远. 兴蒙造山带及邻区的构造格局与构造演化 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1998, 18 (3): 45-54.

[19] 张国伟, 张本仁, 袁学诚, 等. 秦岭造山带与大陆动力学 [M]. 北京: 地质出版社, 2001.

[20] 裴先治, 张维吉, 王涛, 等. 北秦岭造山带的地质特征及其构造演化 [J]. 西北地质, 1995, 16 (4): 8-12.

[21] 张进, 马宗晋, 任文军. 鄂尔多斯盆地西缘逆冲带南北差异的形成机制 [J]. 大地构造与成矿学, 2000, 24 (2): 124-133.

[22] 白玉宝, 孙东胜. 离石断裂带构造特征及演化 [J]. 石油与天然气地质, 1996, 17 (1): 77-80.

[23] 孙加鹏, 张兴洲. 中新生代以来中国大陆的稳定地块 [J]. 世界地质, 1999, 18 (2): 53-57.

[24] 葛肖虹, 任收麦, 刘永江, 等. 中国西部的大陆构造格架 [J]. 石油学报, 2001, 22 (5): 1-5.


© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net