

民和盆地侏罗纪和早白垩世成盆应力场模拟

曹守连

杨 农

(中国地质大学, 北京 100083) (地质力学所, 北京 100081)

民和盆地构造应力场模拟结果表明, 侏罗纪和早白垩世时盆地分别处于左旋剪切和右旋剪压应力场下, 由此派生的伸展应力场决定了民和盆地属伸展性盆地。模拟预测的次级盆地的发育部位和构造的展布方向与地质研究相吻合, 即侏罗纪控制盆地形成的构造以 NWW 向为主; 早白垩世时, 控制盆地形成的构造以 NE 或 NNE 向为主; 含煤层序发育在呈分割性的次级盆地中。

关键词 民和盆地 侏罗纪 早白垩世 应力场模拟

第一作者简介 曹守连 男 32岁 博士 盆地分析

1 构造格架

民和盆地位于中祁连隆起带上, 基底构造层由元古界和下古生界构成, 盖层为侏罗系—第四系。构造演化可划分为两大阶段, 侏罗纪—早白垩世为伸展盆地演化阶段; 晚白垩世以来为山间前陆盆地演化阶段。上、下白垩统之间的区域性不整合在全盆地特别是中央隆起带上特别发育, 是划分构造层的重要标志。

民和盆地现今的总体构造格架为两隆两凹, 隆凹构造走向为 $NW-SE$ 向, 南部凹陷为巴州凹陷, 北部凹陷为永登凹陷, 中间隆起为周家台低隆起, 北部是皋兰隆起。盆地的构造格局是多期构造作用叠加和复合的结果, 最终定型期为喜山期。地震剖面已证实侏罗系—下白垩统发育有正断层组合, 后期改造在整个盖层内留下了相应的挤压烙印。

综合地球物理和地质资料研究表明, 侏罗纪时民和盆地内发育多个小型断拗盆地, 主要受 NWW 向断裂控制。这些小盆地连通性差, 特别是早中侏罗世时, 含煤地层没能连片发育 (图1)。只

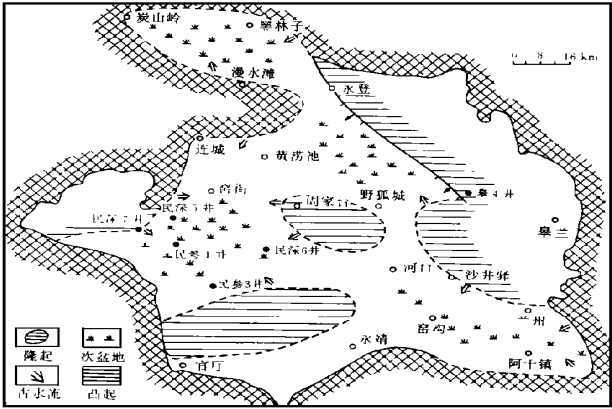


图1 民和盆地中侏罗世古构造示意图

* 曹守连, 杨农, 陈正乐. 民和盆地的构造特征及其演化. 1996

是到了晚侏罗世时，各独立小盆地始逐步复合形成一定规模的盆地。

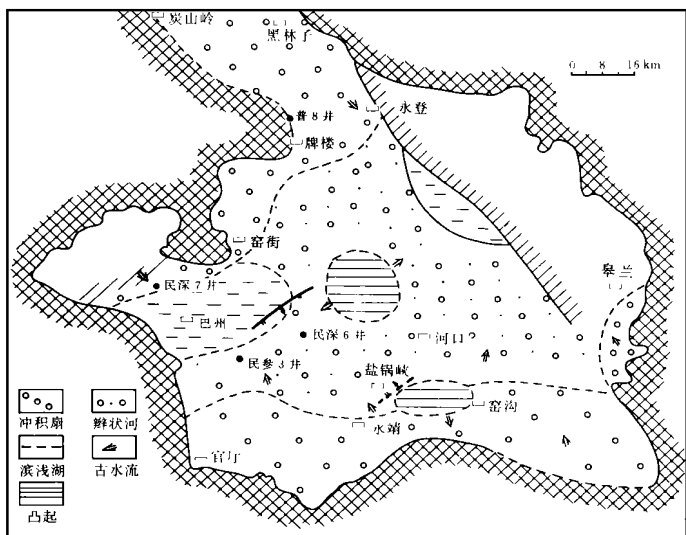


图2 民和盆地早白垩世古构造示意图

特征上分析，侏罗纪时民和盆地处于左旋剪切应力体制，而早白垩世时盆地处于右旋剪压应力体制。两期应力场虽有差异，但效果是相同的，均产生引张应力场，为侏罗纪-早白垩世伸展盆地的发育提供了应力环境。

2 构造应力场的数学、力学模型及条件

在区域地质资料分析、古构造形迹的鉴别、大量构造应力定性研究及定量测定的基础上，为全面了解研究区的应力场状态、边界外力作用方式，以及未知地段形变特征，运用数学模拟往往能取得较好的效果。数学模拟是根据有限元或边界元方法，通过数学、力学求解，从已知的某些地质点的应力状态，推断一个地区，某一时期的半定量化的构造应力场分布状态，其可信度和精确度取决于三方面，即可靠的地质模型、多点有代表性的实测构造应力及接近实际的岩石力学参数。对民和盆地进行的数值模拟过程，我们特别注重以上三方面，进行了大量准备工作^[1-3]。

我们选取1 km 厚，面积约为2.8万 km²的地块为模型。模型边界为北纬35°

35′~36°55′，东经102°55′~104°15′。区域构造分析表明，研究区中、新代地壳

表层以弹脆性形变为主，因此我们选用了连续介质，弹、脆性变形理论为计算准则。根据有限单元划分原则我们将研究区划分为675个单元，共570个节点。

根据区域构造分析，点应力估算，以及多次复核性模拟，我们确定了盆地二期外力作用条件(图3)。将各期受力方式，用摩尔圆应力分解模式，分解到各边界节点，使模型平衡，即合力为零($\sum F=0$)，力矩为零($\sum M=0$)。在计算过程中我们对各期采用多次叠加计算。

早白垩世时，民和盆地的沉积范围扩展至最大，断陷型盆地可能只发育在盆地西北角的炭山岭一带，盆地主体部分表现为拗陷型整体沉降特征。先期的NW向控拗断裂不发育，而NE向或NNE向断裂开始发育并控制沉积。此期民和盆地的古水流和物源方向总体上呈NW-SE向，即来自南东和北西向的水流在盆地中部形成汇水盆地，因此，沉积相带呈NE-SW向展布(图2)。

民和盆地侏罗纪和早白垩世的沉积展布和构造特征的不同，标志着所处的应力体制有一定的差异，从区域构造演化和盆地内构造发育

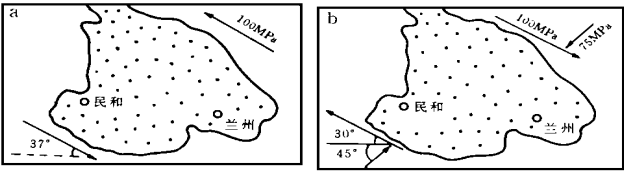


图3 民和盆地二期外力作用方式示意图

a—印支-燕山早期，b—燕山中-晚期

由于不同期次，地质模型的变化，地质单元岩石力学参数发生变化，我们对不同期采用了不同参量（表1）。

表1 岩石力学参数表

期次	力学参量	花岗岩	片麻岩	片岩	粉砂岩	砂页岩	砾岩
印支-燕山早期	弹性模量 E/MPa	60	50	30	25	20	—
	泊松比	0.36	0.30	0.25	0.20	0.20	—
燕山中期-喜山期	弹性模量 E/MPa	60	50	—	—	25	30
	泊松比	0.35	0.30	—	—	0.35	0.30

3 地质模型及模拟结果

根据以上分析，用有限元迭代法编制了计算机程序进行计算，得到模拟区2期各单元点的主应力 ($\sigma_{\max}$, $\sigma_{\min}$)、剪应力 ($\tau_{\max}$)、主应力矢量、能量 (总变形能、歪变能) 和位移等数值及相应图件。

3.1 印支-燕山早期盆地构造模拟

本期模拟的目标是盆地沉积、沉降的空间分布规律，故以印支期古构造格局为基础建立了地质模型，以燕山早期盆地周缘对盆地作用为外力条件 (图3a)，核算条件是盆地已知侏罗系的岩相及分布特征。

通过模拟计算，得到印支-燕山早期应力场模拟系列图 (图4)。在最大主应力迹线图上

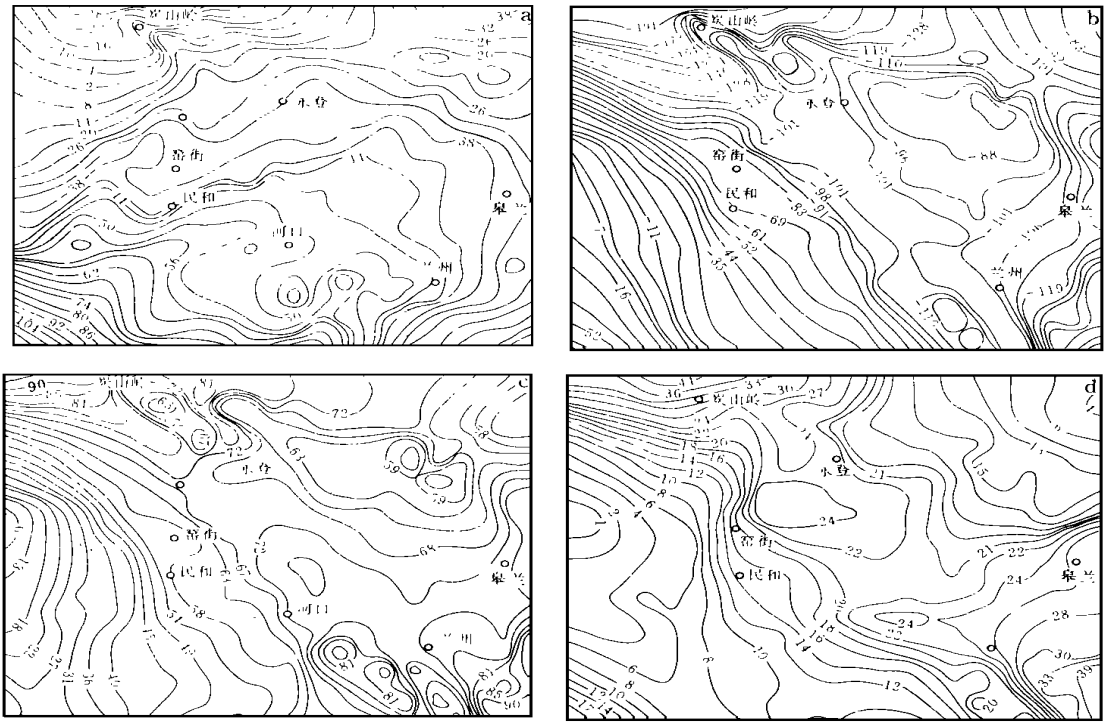


图4 印支期-燕山早期盆地应力场模拟系列图

a- 最大主应力迹线图；b- 最小主应力迹线图；c- 最大剪应力迹线图；d- 能量等值线图

(图4a), 已知的炭山岭侏罗纪盆地, 位于 NW 向梯度带上, 窑街-巴州位于 NE 向梯度带上, 反映各小盆地所处的应力条件虽都位于最大主应力急变区, 但控盆条件有所不同; 在最小主应力迹线图上(图4b), 炭山岭-永登及阿干镇地区为 NW 向应力集中区, 反映二地区处于较大形变地带, 而窑街-民和-巴州则处于缓梯度带上, 这与地质分析得出的前者为不连续小盆, 后者为较大盆地的结论极为吻合。

在剪应力等值线图上(图4c), 炭山岭、阿干镇、雾宿山东侧处于高值区, 说明这几个小盆地是在强烈剪切环境中形成的。值得提出的是, 在甘露池一带也有类似的成盆条件, 是目前研究中尚未证实的侏罗系潜在分布区, 应引起重视。在总变形能图上(图4d), 各小盆地所在地段均为高值区, 各物源区及隆起区则位于能量低值区。

综合以上模拟结果的分析, 笔者认为, 民和地区燕山早期盆地有两类: 一类是剪张性小盆地如炭山岭盆地; 一类是较大规模张剪性盆地。它们是在统一的 NW -SE 剪切作用条件下, 在不同的地质背景条件下同时形成和发展的。

3.2 燕山中-晚期盆地构造模拟

侏罗纪末, 盆地在经历短期不均一剥蚀后, 进入大面积拗陷沉降和沉积阶段。本期模拟目标为盆地白垩系分布特征及其控制条件。以侏罗系沉积盖层叠合前中生界为基础建立地质模型, 以右行剪切为外力作用方式^[3]。模拟结果表明, 最大主应力迹线图与盆内此期构造变形的主导方位完全吻合(图5a); 最小主应力迹线图与该期沉积盆地的总体展布极为对应(图5b); 最

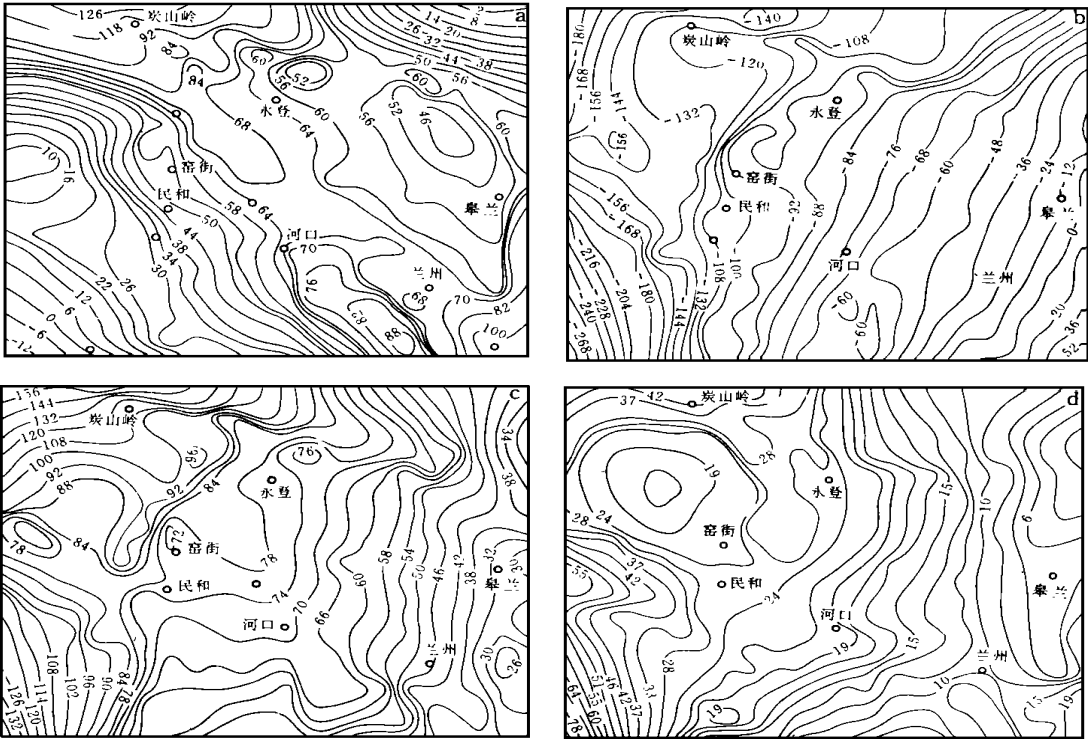


图5 燕山中-晚期盆地应力场模拟系列图

a- 最大主应力迹线图; b- 最小主应力迹线图; c- 最大剪应力迹线图; d- 能量等值线图

大剪应力迹线图的梯度带, 在盆地西南、西侧及北部边缘均良好地反映了盆地此期边界状态, 与各条地质特征显著的正断层对应(图5c); 在能量等值线图(图5d)的能量低值区与NW和E部两个边缘隆起对应, 等值线展布方向与白垩系分布方向对应。

通过应力场模拟, 可以看出尽管两期的应力场方向不同, 但均以剪切或剪压为主, 在盆地内产生了剪张或张剪应力场, 因此侏罗纪-早白垩世民和盆地的性质应属伸展性质。

参 考 文 献

- 1 张虎权. 民和盆地二次资源评价. 断块油气田, 1996, 3(1): 1~4
- 2 许志琴, 侯立玮, 王大可等. 中国松潘-甘孜造山带的造山过程. 地质学报, 1992, (4): 97~117
- 3 赵生贵. 祁连造山带特征及其构造演化. 甘肃地质学报, 1996, 5(1): 16~29

NUMERICAL MODELLING OF JURASSIC-EARLY CRETACEOUS STRESS FIELD IN MINHE BASIN

Cao Shoulian

(*China University of Geosciences, Beijing*)

Yang Nong

(*Institute of Geomechanics, CAS, Beijing*)

Abstract

The numerical modelling of tectonic stress field in Minhe Basin during Jurassic-Early Cretaceous was made. The result indicates that the basin was in sinistral shear and dextral transportation regime. The induced stress field under the regime determined the basin to be a extensional one. The situs of sub-basins and the direction of structural distribution that predicted by the modelling have been verified by geological survey. The Jurassic structures trend was NEE, whereas Early Cretaceous structures extended NE or NWW, and coal-bearing sequences developed in separated sub-basins during Middle Jurassic.