

# 大巴山弧形构造的成因

——来自数值模拟的证据

王瑞瑞<sup>1,2,3)</sup>, 许志琴<sup>3)</sup>, 梁凤华<sup>3)</sup>

1) 中国矿业大学资源与地球科学学院, 江苏徐州, 221116;

2) 煤层气资源与成藏过程教育部重点实验室, 中国矿业大学, 江苏徐州, 221116;

3) 大陆构造与动力学国家重点实验室, 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037

**内容提要:**大巴山弧形构造位于秦岭造山带的南缘, 以其醒目的弓形几何形态而获得广泛的关注。大巴山弧形构造的形成机制历来是研究的热点。前人提出了若干大巴山弧形构造的成因模式。然而, 目前存在的模式无法很好地解释为什么大巴山构造带会形成一系列形态独特的构造。最近, 一些学者的应力场反演的工作显示, 大巴山地区具有放射状的最大水平主压应力场的分布。因此, 本文运用数值模拟的方法模拟了大巴山地区的主造山期的应力场和位移场, 并在笔者之前物理模拟工作的基础上对大巴山弧形构造的成因进行了探讨。模拟结果表明, 大巴山地区印支-燕山主造山期的最大水平主应力轨迹受城口-房县弧形断裂和前缘两侧隆起所控制。大巴山弧形构造是以早期伸展背景下形成的弧形断裂边界、前缘两侧隆起的砥柱作用和底部滑脱作用为主要控制因素而形成的。

**关键词:** 数值模拟; 大巴山; 弧形; 边界; 砥柱; 滑脱

位于秦岭南缘规模宏大的大巴山弧形构造在平面上呈弓形几何形态, 历来都是研究的热点。前人对大巴山弧形构造提出了若干成因模式。许多学者认为, 前缘两端隆起的阻挡作用造就了大巴山弧形构造(姜春发等, 1981; 郭正吾等, 1996; Wang et al., 2003; 张国伟等, 2003, 2004; 刘殊, 2007; 董树文等, 2010; 许长海等, 2010)。其中, 有些学者强调, 起砥柱阻挡作用的是汉南隆起和黄陵隆起(张国伟, 2004), 而有些学者则认为, 汉南隆起和神农架基底隆起构成了一对砥柱(Wang Erchie et al., 2003; Shi et al., 2012)。另外, 有些学者提出了其他的成因模式。何建坤等(1997)提出了大陆边缘形态不一所诱发的右旋剪切挤压动力学机制; 张岳桥等(2010)认为, 造山作用前的古大陆边缘伸展作用及其产生的不规则边界形态对弧形带的形成起到了决定作用; 王瑞瑞等(2011)基于一系列的构造物理模拟提出, 大巴山弧形构造是以早期伸展背景下形成的弧形断裂边界、前缘两侧隆起的砥柱作用、底部滑脱作用为主要因素而形成的。

大巴山构造带具有非常独特的构造特征。首

先, 城口-房县弧形断裂两侧的构造线走向截然不同。弧形断裂以北发育走向 NW—SE 向的逆冲断裂和褶皱, 这些构造在两端受到弧形断裂的截切, 而弧形断裂以南的前陆带发育的褶皱和逆冲断裂则倾向于与弧形断裂近平行, 呈弧形展布; 其次, 城口-房县弧形断裂为不对称的弧形形态, 其中西翼较短, 与汉南隆起接触, 而东翼较长, 远离神农架隆起和黄陵隆起; 再次, 弧形断裂以北的北大巴山发育一组呈 NW—SE 向展布的以基性、碱性岩脉为主的火山岩脉, 在弧形断裂以南的前陆带则没有岩脉出露。

因此, 仅靠两侧隆起阻挡模式是无法解释大巴山构造带的这些构造现象, 而城口-房县弧形断裂在大巴山弧形构造的形成过程中显然扮演着重要的角色。本文采用数值模拟的方法, 试图为探讨大巴山弧形构造的成因机制提供新的证据。

## 1 地质背景

大巴山构造带位于四川盆地的东北缘, 处于扬子板块与秦岭造山带过渡的位置。大巴山构造带以城口-房县弧形断裂为界可划分为两个部分, 北为归

注: 本文为中国地质调查局工作项目(1212011120161)资助的成果。

收稿日期: 2011-12-15; 改回日期: 2012-05-18; 责任编辑: 黄敏。

作者简介: 王瑞瑞, (1984—), 男, 博士研究生, 主要从事构造地质学研究。Email: wangruiwrr@yahoo.com。

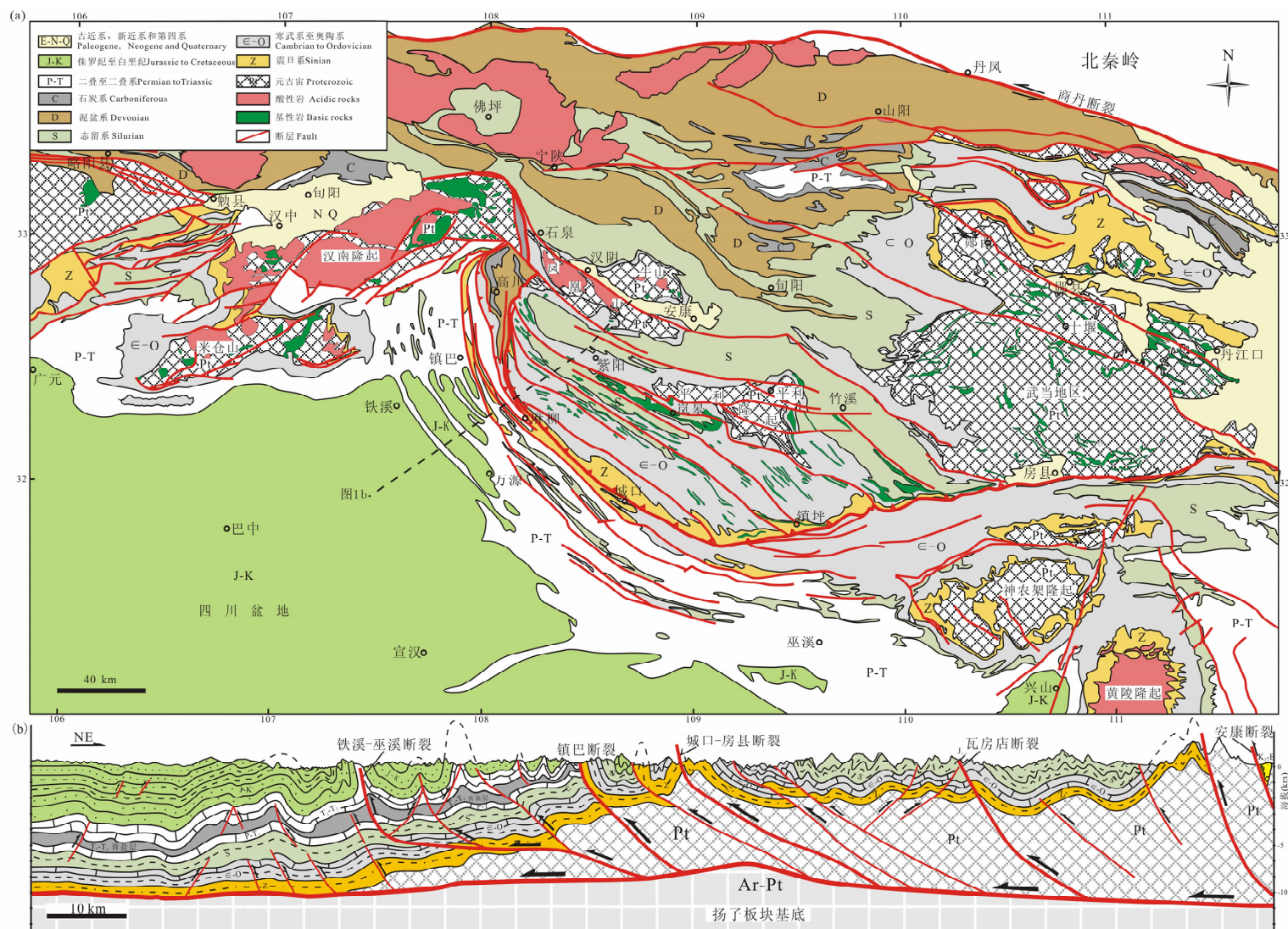


图 1 (a) 南秦岭及邻区构造纲要图和(b) 横穿大巴山的构造剖面示意图(据 Shi Wei et al., 2012)

Fig. 1 Structural outline of the southern Qinling and its neighboring (a) and (b) schematic structural section across the Dabashan tectonic belt (after Shi Wei et al., 2012)

属于南秦岭的北大巴山逆冲构造带,南为呈弧形展布的南大巴山前陆构造带(图 1a)。大巴山构造带在垂向上受滑脱造山机制所控制,显示了多层次的滑脱变形,呈现为薄皮构造特征(图 1b)。

### 1.1 构造演化史

从晚元古至早中生代,南秦岭总体为伸展背景(吉让寿等,1990;梅志超等,1995;孟庆任等,1996;崔智林等,1997;张国伟等,2001;高长林等,2003;王存智等,2009;邹先武等,2011)。大致自中泥盆世以后北大巴山大规模的伸展作用基本结束,并在中三叠世时发生构造反转(何建坤等,1997,1999)。在印支期陆-陆碰撞之后,南秦岭进入了一个新的以陆内挤压、推覆、剪切为主的活动时期(郭正吾等,1996),大巴山挤压陆内造山过程一直持续到燕山期(董树文等,2006;胡健民等,2009; Shi et al., 2012)。

城口-房县弧形断裂具有长期演化的历史,在早古生代为北倾的主控伸展断裂,在中一晚三叠世后,构造反转形成逆冲推覆构造(孟庆任等,1996;何建坤等,1999)。红椿坝断裂和安康断裂可能也经历了类似的演化历史(何建坤等,1999)。北大巴山的断裂构造反转时沿用了早期的伸展断层而发展的,早期北倾的犁式正断层因构造反转而变为台阶状逆断层(何建坤等,1999)。城口-房县弧形断裂强烈的构造活动持续到燕山期,同构造低温变质绢云母 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 的年龄为 $143.3 \pm 1.2\text{Ma}$ (李鹏远等,2010)。

汉南隆起、黄陵隆起和神农架隆起位于城口-房县弧形断裂以南(图 1a)。汉南隆起是由侵入杂岩和变质岩系所组成,在晋宁期(837~800Ma)时曾经历快速抬升过程(张宗清等,2000)。黄陵隆起是由古一中生界地层环绕在元古界杂岩周围构成穹隆状。神农架隆起由中元古界至古生界地层组成,该地区的区域角度不整合记录了晋宁运动(周鼎武等,1996)。3个隆起在印支期或燕山期之后都经历了快速的剥蚀(许长海等,2010;田云涛等,2010;常远等,2010;刘海军等,2009;葛肖虹等,2010;周鼎武等,1996)。

### 1.2 应力场特征

前人利用共轭节理测量统计方法和声发射实验,获得大巴山主造山期最大应力方向为 NE—SW 向(孙树林等,1993;刘顺等,2005;李智武等,2005)。近年来,部分学者通过对断层滑动矢量的测量,更为精细地反演出了大巴山构造带的古构造应力场:以城口-房县弧形断裂为界,北大巴山逆冲推覆带为

NE—SW 向构造挤压;南大巴前陆带自西向东,构造挤压作用由近 E—W 向转化为 NE—SW 向,再转为近 S—N 向,最大主应力方向几乎垂直于城口房县断裂分布(董树文等,2006;施炜等,2007;张岳桥等,2010;董树文等,2010)(图 2a)。张岳桥等(2010)在应力场反演的基础上,提出了大巴山主造山期构造应力场的模型,认为应力场呈现为自北大巴山逆冲推覆带向南大巴山前陆褶皱带发散的放射状(图 2b)。

由图 2(a)可以看出,城口-房县弧形断裂不仅是南大巴山与北大巴山在构造轨迹上的重要分界,同时,从城口-房县弧形断裂两翼可以看出它也是应力场方向变化的绝然界限。因此,城口-房县弧形断裂对于大巴山地区的应力场起到非常关键的影响作用。

## 2 模拟设定及结果

### 2.1 实验模型

二维弹性有限元数值模拟被广泛应用于造山带的古应力场重建(如 Muñoz-Martín et al., 1998; Hou et al., 2006, 2010)。本文用商用有限元软件 ANSYS 10.0 进行模型建立和应力计算。本文模型与实际尺度一致,长 398km,宽 240km。模型被分成 3 个单元:正常的地层、起砥柱作用的岩石单元以及早期形成的断层区。因为大巴山构造带受两侧隆起所限制,所以,本文模拟的砥柱即代表这两个隆起。3 个不同单元的力学参数见表 1。本文在大巴山地区数值模拟采用的参数参考了前人在大巴山岩石力学测试的结果。

本文共设计了 4 个模型,各个模型均为三面固定一面挤压:模型 1 考虑了砥柱的影响(图 3a);模型 2 考虑了弧形边界的影响(图 3b);模型 3 考虑了砥柱和弧形断裂的共同作用(图 3c);模型 4 综合考虑砥柱、弧形断裂以及早期伸展背景下形成的平直断裂的共同作用(图 3d)。为了模拟出模型 2、3 和 4 中先成的弧形断裂边界和模型 4 中先成平直断裂在变形中的阻挡作用,主要是通过对其施加位移限定来实现的。对于模型 1、3 和 4,变形前缘两个砥柱被固定,并假设这两砥柱相对造山带不动。

城口-房县弧形断裂具有长期演化史(孟庆任等,1996),之前弧形断裂是什么样的形态以及有何变化是不得而知的。从之前物理模拟的结果来看,大巴山前陆形成的弧形构造形态受弧形断裂形态的控制(王瑞瑞等,2011)。因此,本文默认之前的



Fig. 2 (a) Stress field of the Dabashan orogen during intra-continental orogeny and (b) trajectory model of the maximum horizontal principal stress ( $\sigma_1$ ) of Dabashan orogen during intra-continental orogeny(after Zhang Yueqiao et al. , 2010)

| 表 1 大巴山弧形构造数值模型的力学参数 <sup>①</sup>                                                     |            |                     |                                 |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------|---------------------------------|-----------------|
| Table 1 Mechanical parameter of the numerical models of Dabashan Salient <sup>①</sup> |            |                     |                                 |                 |
| 单元                                                                                    | 泊松比, $\nu$ | 杨氏模量, $E$ (Pa)      | 密度, $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) | 压力, $P$ (Pa)    |
| 正常地层                                                                                  | 0.268      | $4.139 \times 10^8$ | 2664                            | $2 \times 10^7$ |
| 砥柱                                                                                    | 0.246      | $4.506 \times 10^8$ | 2578                            | $2 \times 10^7$ |
| 先存断裂                                                                                  | 0.37       | $1.2 \times 10^8$   | 2500                            | $2 \times 10^7$ |

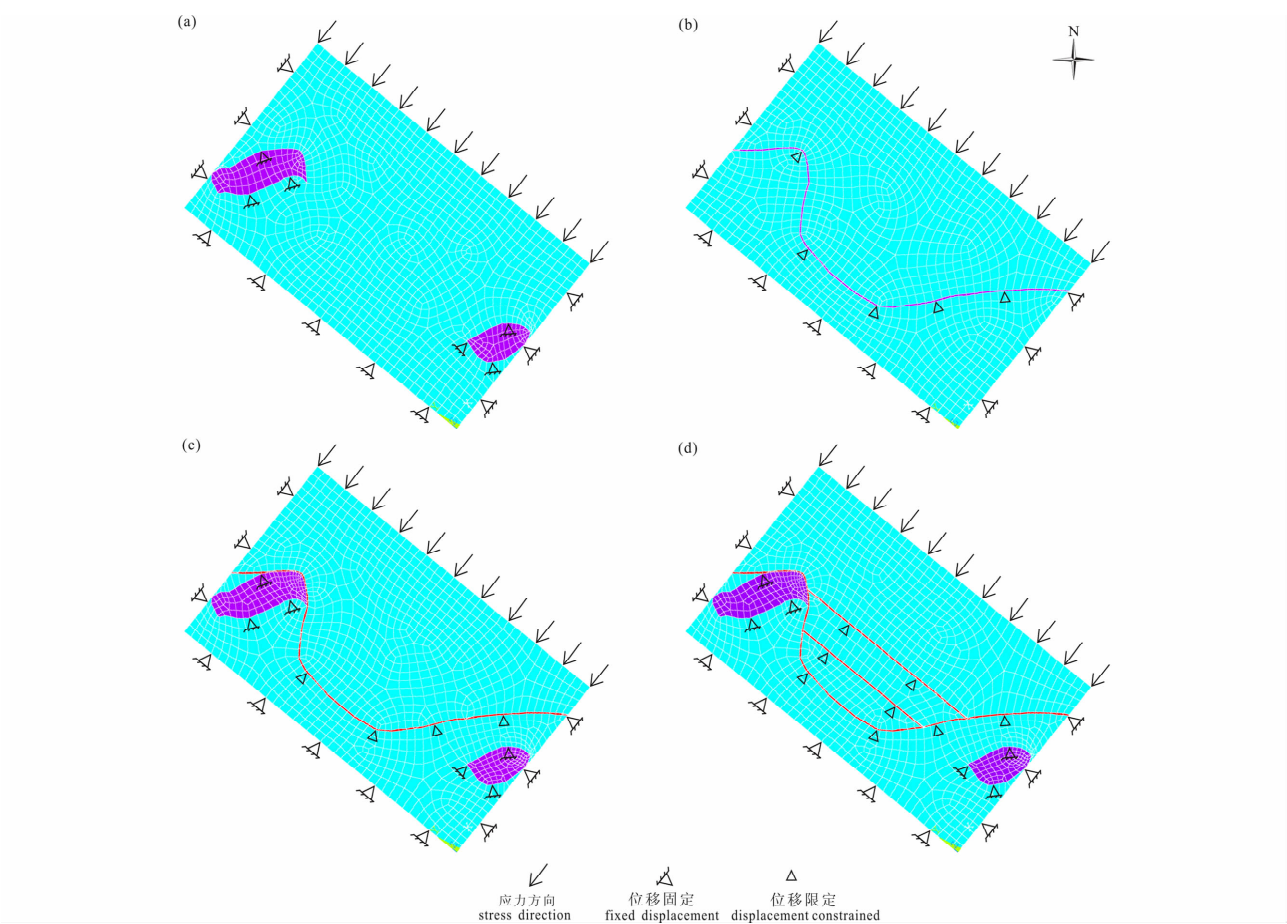


图 3 大巴山弧形构造数值模拟的模型及边界条件

Fig. 3 Models of the numerical modelling and the boudary conditions of Dabashan Salient

(a)、(b)、(c)和(d)分别对应模型 1、2、3 和 4

(a), (b), (c) and (d) correspond to model 1, 2, 3 and 4 respectively

弧形断裂和现今的几何形态基本一致。另外,本文仅模拟大巴山地区最后阶段的缩短,而非全部位移缩短,因此达不到何建坤等(1999)估算的约 40% 的位移缩短。

2.2 实验结果

最终的位移场图可以反映出构造变形特征(武红岭等,2009)。图 4(a)显示,在前缘有两个砥柱阻挡时,倾向于形成对称的构造特征。图 4(b)表明,在前缘有先成弧形断裂边界时,整体的构造将受弧形边界的控制,形成不对称的构造,而且越向被挤压端构造越宽缓。图 4(c)说明,在前缘既有两个砥柱

阻挡又有先成弧形断裂边界时,弧形断裂北界受弧形断裂控制,而南界受两砥柱和先成弧形断裂边界的共同控制而呈不对称状。由图 4(d)可以看出,在前缘有两个砥柱阻挡又有先成弧形断裂边界,并在弧形断裂边界北缘有伸展背景下形成的 NW—SE 向断裂时,弧形断裂北界受 NW—SE 向先成断裂影响而趋于呈 NW—SE 走向,而南界受两砥柱和先成弧形断裂边界的共同控制而呈不对称状。

4 个模型的应力场模拟的结果如图 5 所示。图 5(a)为变形前缘有两砥柱时的最大水平主应力轨迹的模拟结果。最大水平主应力轨迹总体呈放射状展

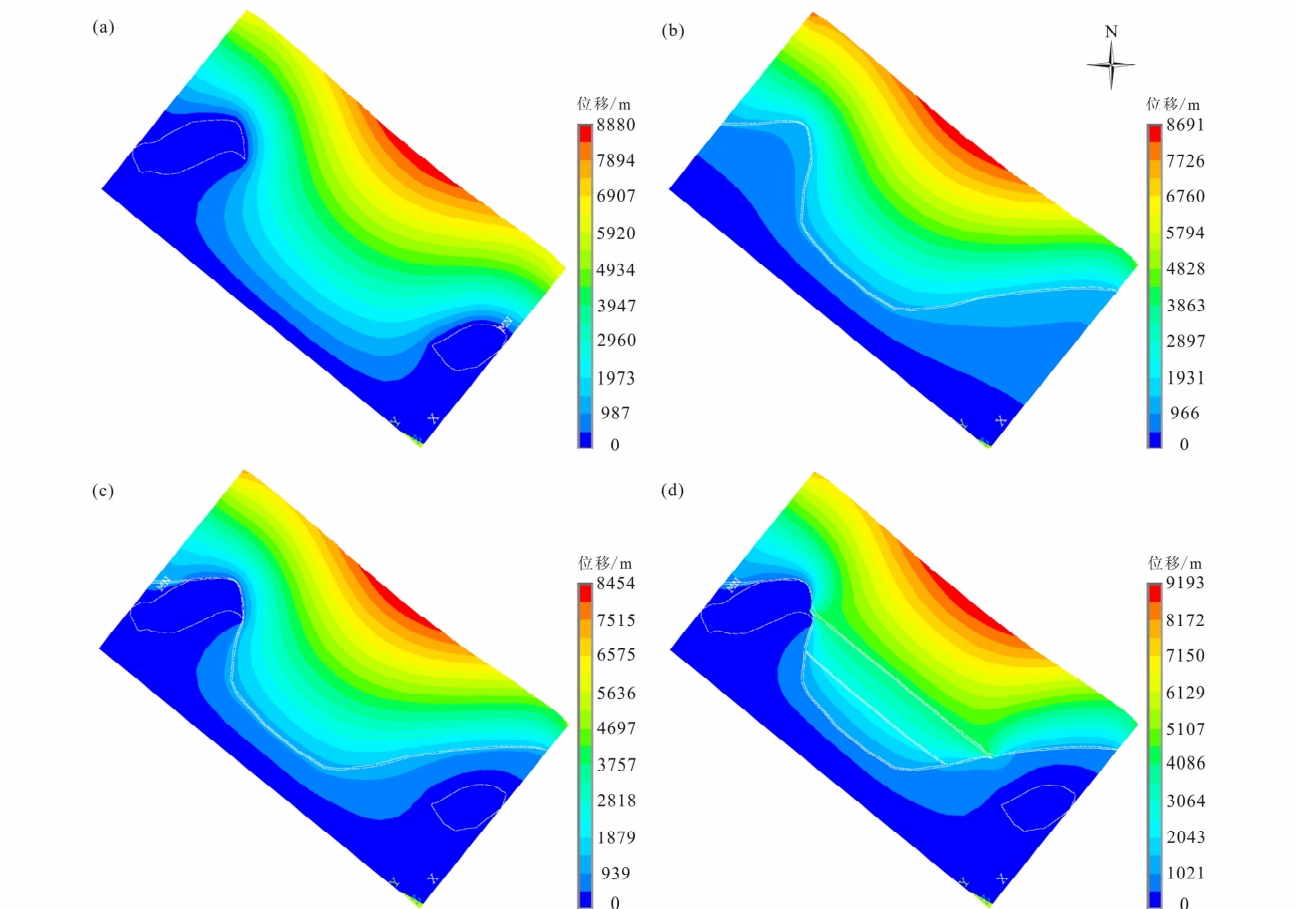


图 4 大巴山弧形构造的位移场的模拟结果

Fig. 4 Numerical modelling results of displacement field of Dabashan salient

(a)、(b)、(c)和(d)分别对应模型 1、2、3 和 4

(a), (b), (c) and (d) correspond to model 1, 2, 3 and 4 respectively

布,当前缘有砥柱阻挡时应力倾向于垂直于砥柱分布。图 5(b)为变形前缘有伸展背景下形成的先成弧形断裂存在时的最大水平主应力轨迹的模拟结果。当先成断裂边界与施加应力方向垂直时,最大水平主应力轨迹也垂直于先成边界,而且在先成断裂边界两侧方向一致;当先成断裂边界与施加应力方向不垂直时,最大水平主应力轨迹以先成断裂边界为界,两侧轨迹方向发生变化。模型 3 和 4 的最大水平主应力轨迹的模拟结果如图 5(c)和图 5(d)所示,它们的结果差别不大,这说明先存的 NW—SE 向平直断裂对后期的应力场轨迹几乎没有影响。这两个模拟结果的特点是:最大水平主应力轨迹倾向垂直于变形前缘两固定的砥柱分布。而在遇到先成的弧形断裂边界时则在边界两侧迥然不同,在靠近前缘一侧的最大水平主应力轨迹变为与边界断裂近于垂直;在靠近施加应力一侧的最大水平主应力轨迹则主要受前缘两砥柱影响,这通过与图 5(a)的

对比可以看出。

### 3 讨论

本文的数值模拟虽然过程简单,但是模拟的边界条件合理,模拟的结果符合地质实际情况。由图 4(c)、4(d)与图 1 的比较可以发现,本文的 3 和 4 模型模拟出了大巴山地区主体的构造特征,模拟结果与实际构造形迹比较接近。由主应力轨迹图(图 5c、5d)与图 2(a)、2(b)比较可以看出,本文的 3 和 4 模型模拟的最大水平主应力轨迹与前人通过测量断层滑动矢量来反演出的应力轨迹非常一致(图 2a、2b)。这说明,大巴山地区印支—燕山期的应力场主要是受早期伸展背景下形成的弧形断裂边界、前缘两侧基底地块的砥柱作用控制,而弧形断裂以北早期的 NW—SE 向平直断裂对后期应力场轨迹的影响不大。

本文是平面上的二维数值模拟,因而没有考虑

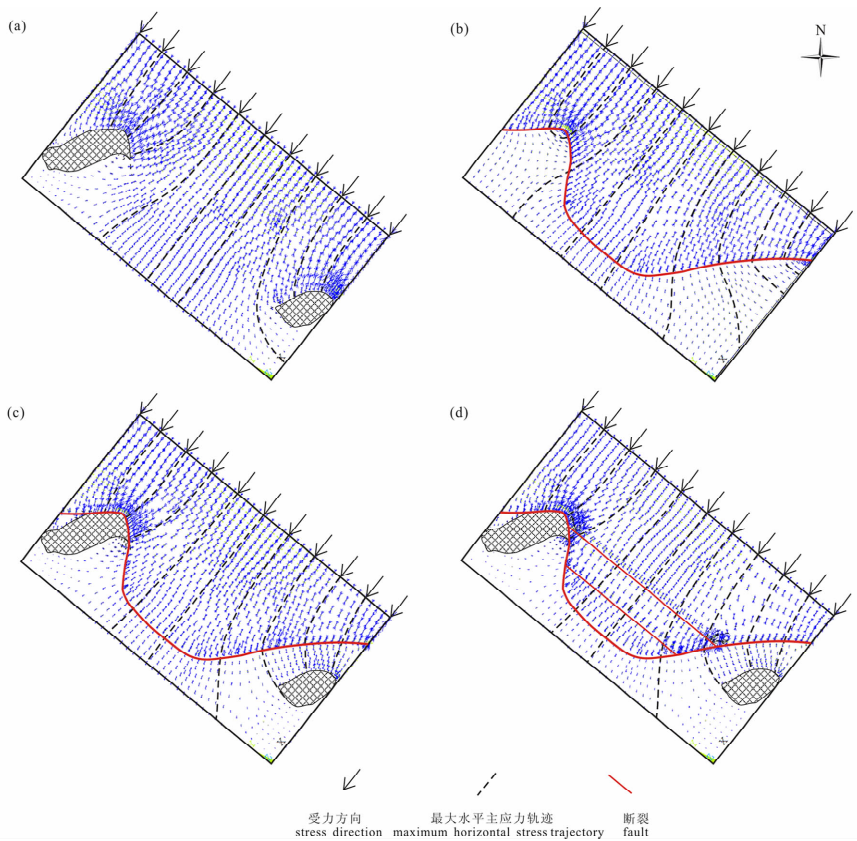


图 5 大巴山弧形构造最大水平主应力轨迹的模拟结果

Fig. 5 Numerical modelling results of the trajectory of the maximum horizontal principal stress of Dabashan Salient

(a)、(b)、(c)和(d)分别对应模型 1、2、3 和 4

(a), (b), (c) and (d) correspond to model 1, 2, 3 and 4 respectively

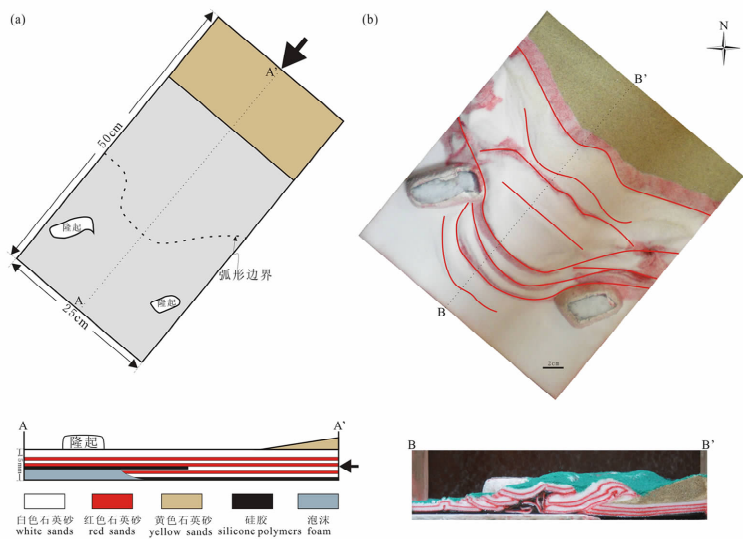


图 6 大巴山弧形构造的物理模拟结果(据王瑞瑞等,2011 修改)

Fig. 6 Physical modelling results of Dabashan Foreland Salient (after Wang Ruirui et al. , 2011)

(a)—构造物理模拟的边界条件;(b)—构造物理模拟的最终结果

(a)—The boundary condition of the analogue modelling; (b)—the final results of analogue modelling results

到垂向上的变形机制。笔者之前三维的构造物理模拟的工作明确了滑脱作用在大巴山弧形构造演化中必不可少的作用(图6)(王瑞瑞等,2011)。滑脱造山机制是南秦岭造山带的一个重要特征(许志琴,1987)。因此,本文认为大巴山弧形构造是在早期伸展背景下形成的弧形断裂边界、前缘两侧基底地块的砥柱作用、滑脱作用等多因素综合作用的结果。

笔者认为,由于成因上的联系,应当把北大巴构造带、南大巴构造带及其间的城口-房县弧形断裂作为一个构造组合来研究大巴山弧形构造的形成。因此,大巴山弧形构造可能的演化过程为:在晋宁期,汉南隆起、黄陵隆起及神农架基底隆起快速隆升(周鼎武等,1996;张宗清等,2000;许长海等,2010);古生代或者更早时期的伸展环境造就了城口-房县弧形断裂的初始边界,而汉南和神农架等起砥柱作用的隆起在弧形边界的形成过程中可能起促进作用;随后,这个弧形边界作为重要的伸展边界,控制了扬子板块北缘地区沉积作用和岩浆活动;在印支-燕山期,在NE-SW向的挤压下,大巴山弧形构造在伸展背景下先成的弧形断裂边界、前缘两侧隆起的砥柱作用、底部滑脱作用等多因素控制下形成了现今主体的构造面貌。

## 4 结论

本文运用数值模拟的方法模拟了大巴山地区的主造山期的应力场和位移场,并在笔者之前物理模拟工作的基础上对大巴山弧形构造的成因进行了探讨,得到以下结论。

(1)大巴山地区印支-燕山主造山期的主应力轨迹受城口-房县断裂和前缘两侧隆起所控制。

(2)大巴山弧形构造是以早期伸展背景下形成的弧形断裂边界、前缘两侧隆起的砥柱作用和底部滑脱作用为主要控制因素而形成的。

**致谢:**感谢中国地质科学院地质力学研究所王连捷研究员、武红岭研究员、施炜副研究员和辛鹏博士在成文过程中所提供的帮助,感谢评审老师提出宝贵的修改意见。

## 注 释

- ① 武红岭,2009,大巴山前陆构造带力学特征的数值模拟研究报告. 中国地质科学院地质力学研究所.

## 参 考 文 献

董树文,胡健民,施炜,张忠义,刘刚. 2006. 大巴山侏罗纪叠加褶皱

- 与侏罗纪前陆. 地球学报,27(5):403~410.
- 董树文,施炜,张岳桥,胡健民,张忠义,李建华,武红岭,田蜜,陈虹,武国利,李海龙. 2010. 大巴山晚中生代陆内造山构造应力场. 地球学报,31(6):769~780.
- 高长林,刘光祥,张玉箴,吉让寿. 2003. 东秦岭-大巴山逆冲推覆构造与油气远景. 石油实验地质,25(增刊):523~531.
- 郭正吾,邓康龄,韩永辉. 1996. 四川盆地形成与演化. 北京:地质出版社:102~108.
- 何建坤,卢华复,张庆龙,朱斌. 1997. 南大巴山冲断构造及其剪切挤压动力学机制. 高校地质学报,3(4):419~428.
- 何建坤,卢华复,朱斌. 1999. 东秦岭造山带南缘北大巴山构造反转及其动力学. 地质科学,34(2):139~153.
- 胡健民,施炜,渠洪杰,陈虹,武国利,田蜜. 2009. 秦岭造山带大巴山弧形构造带中生代构造变形. 地学前缘,16(3):49~68.
- 吉让寿,秦德余,高长林. 1990. 古东秦岭洋关闭和华北与扬子两地块拼合. 石油实验地质,12(4):353~365.
- 姜春发,朱志直,孔凡宗. 1981. 秦岭地槽马蹄型构造. 见:黄汲清,李春昱主编. 中国及其邻区大地构造论文集. 北京:地质出版社,102~114.
- 李鹏远,张进江,郭磊,杨雄英. 2010. 北大巴山逆冲推覆构造带前缘构造特征及变形年代学研究. 地学前缘,17(3):191~199.
- 刘殊. 2007. 前陆褶皱冲断带构造特征研究——以米仓山、龙门山前陆盆地及其褶皱带为例. 北京:国家地震局地质研究所博士学位论文,72~73.
- 王存智,杨坤光,徐扬,程万强. 2009. 北大巴基性岩墙地球化学特征、La-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年及其大地构造意义. 地质科技情报,28(3):19~26.
- 王瑞瑞,张岳桥,解国爱,许怀智. 2011. 大巴山弧形构造的成因:来自砂箱实验的认识. 地质学报,85(9):1409~1419.
- 武红岭,施炜,董树文,田蜜. 2009. 大巴山前陆叠加构造力学特征的模拟研究. 地学前缘,16(3):190~196.
- 许长海,周祖翼,常远,Guillot François. 2010. 大巴山弧形构造带形成与两侧隆起的关系:FT 和 (U-Th)/He 低温热年代约束. 中国科学:地球科学,40(12):1684~1696.
- 许志琴. 1987. 扬子板块北缘的大型深层滑脱构造及动力学分析. 中国区域地质,4:289~300.
- 张国伟,程顺有,郭安林,董云鹏,赖绍聪,姚安平. 2004. 秦岭-大别中央造山系南缘勉略古缝合带的再认识——兼论中国大陆主体的拼合. 地质通报,23(9-10):846~853.
- 张国伟,董云鹏,赖绍聪. 2003. 秦岭-大别造山带南缘勉略构造带与勉略缝合带. 中国科学(D),33(12):1121~1135.
- 张岳桥,施炜,李建华,王瑞瑞,李海龙,董树文. 2010. 大巴山弧形构造带形成机理分析. 地质学报,84(9):1300~1315.
- 张宗清,张国伟,唐索寒,张巧大,王进辉. 2000. 汉南侵入杂岩年龄及其快速冷凝固原因. 科学通报,45(23):2567~2572.
- 周鼎武,董云鹏,华洪. 1996. “磨拉石建造”和“不整合”在地层对比中的意义——以扬子地块及其北缘晚前寒武纪地层为例. 地质论评,42(5):416~423.
- 邹先武,段其发,汤朝阳,曹亮,崔森,赵武强,夏杰,王磊. 2011. 北大巴山镇坪地区辉绿岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年和岩石地球化学特征. 中国地质,38(2):282~291.
- 梅志超,崔智林,孟庆任,屈红军. 1995. 秦岭早古生代沉积作用与构造演化. 高校地质学报,1(2):29~36.
- 孟庆任,张国伟,于在平,梅志超. 1996. 秦岭南缘晚古生代裂谷——有限洋盆沉积作用及构造演化. 中国科学(D辑),26(增刊):28~33.
- 崔智林,梅志超,孟庆任,屈红军. 1997. 南秦岭寒武-奥陶纪碳酸岩台地演化. 沉积学报,15(1):161~167.

张国伟,张本仁,袁学诚,肖庆辉. 2001. 秦岭造山带与大陆动力学. 北京:科学出版社:1~855.

田云涛,朱传庆,徐明,饶松,Barry P K,胡圣标. 2010. 白垩纪以来米仓山—汉南穹窿剥蚀过程及其构造意义:磷灰石裂变径迹的证据. 地球物理学报,53(4):920~930.

常远,许长海,Peter W R,周祖翼. 2010. 米仓山—汉南隆起白垩纪以来的剥露作用:磷灰石(U-Th)/He 年龄记录. 地球物理学报,53(4):912~919.

刘海军,许长海,周祖翼,Donelick R A. 2009. 黄陵隆起形成(165-100 Ma)的碎屑岩磷灰石裂变径迹热年代学约束. 自然科学进展,19(12):1326~1332.

葛肖虹,王敏沛,刘俊来. 2010. 重新厘定“四川运动”与青藏高原初始隆升的时代、背景:黄陵背斜构造形成的启示. 地学前缘,17(4):206~217.

孙树林,卢华复. 1993. 川东北地区节理间距与岩层厚度关系的研究. 河海大学学报,21(4):103~105.

刘顺,刘树根,李智武,雍自权,孙玮. 2005. 南大巴山褶皱断带西段中新生代构造应力场的节理研究. 成都理工大学学报(自然科学版),32(4):345~350.

李智武,罗玉宏,刘树根,单钰铭,刘维国,刘顺. 2005. 川东北地区岩石声发射实验及历史构造应力研究. 成都理工大学学报(自然科学版),32(6):614~620.

施炜,董树文,胡健民,张忠义,刘刚. 2007. 大巴山前陆西段叠加构造变形分析及其构造应力场特征. 地质学报,81(10):1314~1327.

Hou Guiting, Wang Chuancheng, Li Jianghai, Qian Xianglin. 2006. Late Paleoproterozoic extension and a paleostress field reconstruction of the North China Craton. Tectonophysics, 422: 89~98.

Hou Guiting, Kusky T M, Wang Chuancheng, Wang Yanxin. 2010. Mechanics of the giant radiating Mackenzie dyke swarm: A paleostress field modeling. Journal of Geophysical Research, 115, B02402, doi:10.1029/2007JB005475.

Munoz-Martin A, Cloetingh S, De Vicente G, Andeweg B. 1998. Finite-element modelling of Tertiary paleostress fields in the eastern part of the Tajo Basin ( Central Spain ). Tectonophysics, 300: 47~62.

Wang Erchie, Meng Qingren, Burchfiel B C, Zhang Guowei. 2003. Mesozoic large-scale lateral extrusion, rotation, and uplift of the Tongbai-Dabie Shan belt in east China. Geology, 31( 4 ): 307~310.

Shi Wei, Zhang Yueqiao, Dong Shuwen, Hu Jianmin, Wiesinger M, Ratschbacher L, Jonckheere R, Li Jianhua, Tian Mi, Chen Hong, Wu Guoli, Ma Licheng, Li Hailong. 2012. Intra-continental Dabashan orocline, southwestern Qinling, Central China. Journal of Asian Earth Sciences, 46: 20~38.

Origin of the Dabashan Salient: Evidence from Numerical Modelling

WANG Ruirui<sup>1,2,3)</sup>, XU Zhiqin<sup>3)</sup>, LIANG Fenghua<sup>3)</sup>

1) School of Resource and Earth Science, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu, 221116; 2) Key Laboratory of CBM Resources and Reservoir-Forming Process, China Ministry of Education, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu, 221116; 3) State Key Laboratory of Continental Tectonics and Dynamics, Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, 26 Baiwanzhuang Road, Beijing, 100037

Abstract

Dabashan salient, located in the southern margin of the Qinling orogenic belt, has attracted much attention by its remarkable bow-shaped geometry. The mechanics of the salient has long been discussed and several models have been proposed. However, these models can not account for the forming of a series of specific characteristics in the Dabashan structural belt. Recently, some researchers’works have revealed that the maximum horizontal principal stress field is radial. Using the numerical modelling method, the displacement field and stress field during intra-continental orogeny are modelled in the article. And the formation mechanism of the Dabashan salient is discussed. The numerical modelling results show that the pre-existing salient-shaped boundary originated in extensional setting and a pair of indenters in the front control the trajectory of the maximum horizontal principal stress during intra-continental orogeny. Considering the background and previous analogue modelling results by the author, décollement is also considered to be a key role in the process. The Dabashan salient resulted mainly from pre-existing salient-shaped boundary formed in extensional setting, a pair of indenters in the front and lower décollement.

**Key words:** numerical modelling; Dabashan; salient; boundary; indenter; décollement