

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

苏鲁高压—超高压变质带深俯冲阶段陆表面、 Moho 和构造应力场的时空变化

崔军文¹⁾, 王连捷²⁾, 唐哲民¹⁾, 史金松³⁾

1) 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037

2) 中国地质科学院地质力学研究所, 北京, 100081; 3) 河海大学, 南京, 210024

内容提要: 俯冲作用作为高压—超高压变质岩带形成的重要机制之一, 俯冲块体的运动速度和强度将是制约其形成和演化的重要构造因素, 借助于板块俯冲作用的研究探讨高压—超高压变质岩带的形成过程, 对研究苏鲁高压—超高压变质岩带的形成机制和动力学建模, 是一种有益的尝试。俯冲作用最显观的构造效应是俯冲地块前缘陆表面和 Moho 的强烈下插, 导致山前拗陷带的形成和陆壳的加积、增厚。数值模拟的初步研究表明, 俯冲地块的平移速度与山前拗陷带的拗陷量和拗陷速度及 Moho 的下弯量和下弯速度大致呈正相关关系, 表明两者是俯冲过程中重要的壳内活动性构造界面。俯冲块体作为高压—超高压变质带深俯冲作用的运动载体, 俯冲块体内部构造界面的运移, 间接反映了高压—超高压变质带的形成过程和运动速度的变化, 数值模拟结果似乎表明陆表面和 Moho 有可能成为探讨高压—超高压变质岩带形成过程和深俯冲作用的重要标志。俯冲块体内部的构造应力场也是制约和影响高压—超高压变质带形成过程的重要构造因素之一, 模拟计算表明, 俯冲过程中俯冲地块的壳内应力场较为稳定, 始终以挤压应力为主导, 俯冲作用强度仅影响应力大小, 而不改变壳内应力场的应力分布。可见, 高压—超高压变质岩带基本形成于挤压构造应力场环境。

关键词: 苏鲁高压—超高压变质带; 俯冲作用; 陆表面; Moho; 构造应力场

地质演化历史表明, 当下伏板块沿板块俯冲带俯冲时, 随着时间的推移, 其强度将逐渐减弱, 最终板块碰撞作用将逐渐转化为以仰冲作用为主导, 表明在板块碰撞过程中, 存在有构造作用的转折, 即俯冲作用在某一阶段, 到达某一深度后, 板块活动将逐渐转化为以仰冲作用为主导。就高压—超高压变质岩而言, 其形成与深俯冲息息相关 (Cong, 1996; Lombardo and Rolfo, 2000; Liou and Zhang, 2002; 许志琴等, 2003), 但其折返则发生在板块仰冲阶段。从理论上分析, 俯冲的最大深度和其时的构造应力状态应大致代表折返作用起始时刻的深度和构造应力状态, 因此俯冲和仰冲作用的转化应视为板块碰撞作用的必然结果。可见我们只有同时研究板块俯冲作用和仰冲作用, 才能完整认识高压—超高压变质带形成演化的全过程, 实现真正的动力学建模。

俯冲块体作为高压—超高压变质带形成 (深俯冲) 阶段的运动载体, 俯冲块体内部构造界面位移和应力场的变化, 反映了高压—超高压变质带形成阶

段的受力状态和运动特点。因此俯冲过程中, 俯冲地块内部构造界面和应力场变化的研究, 将有助于分析和推断高压—超高压变质带的形成机制和运动过程。就地壳尺度而言, 俯冲作用最显观的构造效应是不同层次构造界面和应力场的变化, 导致山前拗陷带的形成和 Moho 的向下弯曲 (Cui et al., 2005)。

1 计算模型和网格剖分

1.1 计算的初始模型和网格剖分

本文以陆壳尺度的俯冲作用为主要研究内容, 以通常的地壳结构模型 (丁国瑜等, 1991; 袁学诚, 1996; 杨文采, 2003) 为网格剖分的基础, 即将 Moho 以上 35 km 厚的地壳, 自上而下划分为上、中、下 3 层 (图 1a), 即 8 km 厚的沉积盖层 (上地壳上层)、12 km 厚的花岗质岩层 (上地壳下层) 和 15 km 厚的玄武质岩层 (下地壳)。剖分的初单元数 E 为 12, 结点数 P 为 20 (图 1b), 计算中的实际单元数为 468, 总结点数为 520。

注: 本文为国家重点基础研究发展规划“973”项目 (编号 2003CB716504)、国家自然科学基金重大项目 (编号 40399141)、中国地质调查局地质大调查项目 (编号 121201056606) 和国土资源部大陆动力学重点实验室联合资助的成果。

收稿日期: 2006-07-23; 改回日期: 2006-10-30; 责任编辑: 周健。

作者简介: 崔军文, 男, 1938 年生。研究员, 构造地质学专业。Email: cuijunwen@ccsd.org.cn。

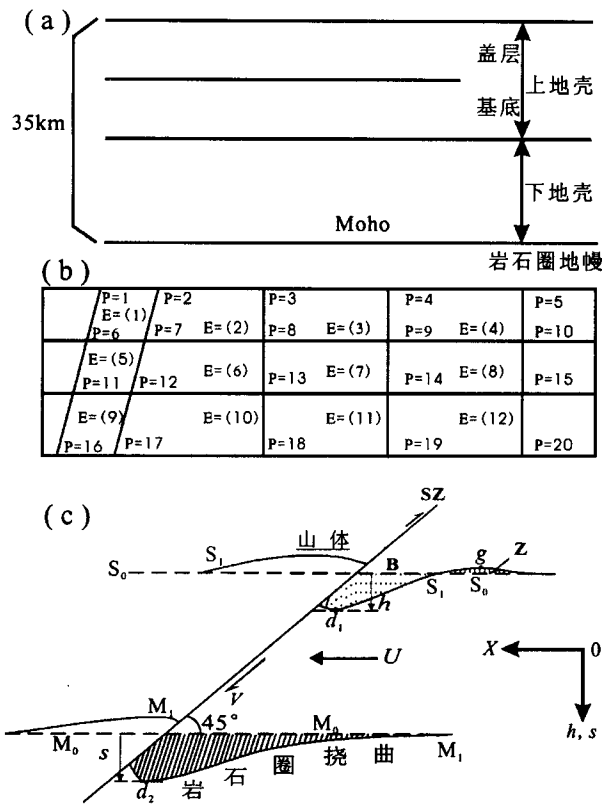


图 1 初始地壳结构模型(a)、计算的粗网格(b)和简化的计算模型图(c)

Fig. 1 Crustal structure model (a), remeshing (b) and simplified geological model (c)

SZ—陆—陆碰撞带或陆内俯冲带; B—山前拗陷带; Z—盆后隆起; S_0 、 M_0 —分别表示俯冲作用前的陆表面和 Moho; S_1 、 M_1 —分别表示俯冲作用后的陆表面和 Moho; d_1 、 d_2 —分别代表山前拗陷带低点和 Moho 下弯低点; h —山前拗陷带拗陷量; s —Moho 下弯量; g —盆后隆起高点; U —俯冲地块的平移速度; V —俯冲速度
SZ—Continent-continent collision zone or intracontinental subduction zone; B—piedmont depression belt; Z—local uplift in the hinterland of the subducting block; S_0 and M_0 are the land surface and the Moho prior to continent-continent collision and S_1 and M_1 are the land surface and the Moho after the continent-continent collision; d_1 —the low point of the piedmont depression belt; d_2 —the low point of the Moho downflexure; h —amount of piedmont depression; s —amount of Moho downflexure; g —high point of local uplift; U —translation rate of the subducting block; V —subducting rate

1.2 计算模型

在脆性状态下,按弹性处理,其计算公式为:

$$\frac{\partial \Delta \sigma_{ik}}{\partial x_k} = -\Delta X_i$$

其中 $\Delta \sigma_{ik}$ 为应力增量,可表示为:

$$\Delta \sigma_{ik} = (C_{ikjl}^e - C_{ikjl}^p)(\Delta \varepsilon_{jl} - \alpha \varepsilon_{jl} \Delta T)$$

式中: C_{ikjl}^e 为弹性系数, C_{ikjl}^p 为塑性对弹性的影响,

ΔX 为荷载增量, ΔT 为温度增量, $\Delta \varepsilon_{jl}$ 为应变增量。

在延性状态下,采用蠕变模型计算:

$$\text{本构模型: } \dot{\varepsilon} = \left(\frac{1}{E} + \frac{t}{3\eta} \right) \sigma$$

式中: $\dot{\varepsilon}$ 为应变, σ 为应力, E 为弹模, η 为粘性系数。

脆性与延性的判别:

当 $\beta \rho g z (1-\lambda) \leq \sqrt{\frac{\dot{\varepsilon}}{A}} \exp\left(\frac{Q}{nRT}\right)$ 为脆性,按弹性处理。

当 $\beta \rho g z (1-\lambda) \gg \sqrt{\frac{\dot{\varepsilon}}{A}} \exp\left(\frac{Q}{nRT}\right)$ 为延性,按脆性处理。

岩石物性参数(表 1)引自 Ranalli & Murphy (1987)和王连捷等(1998)。

表 1 模拟计算中岩石的物性参数
Table 1 Physical properties of the rock in simulation calculation

单元层	上层	中层	下层
弹性模量 $E(\times 10^9 \text{ Pa})$	50	80	110
泊松比 μ	0.26	0.27	0.28
线膨胀系数 $\alpha(\times 10^{-5}/\text{K})$	2.7	2.4	1.6
热传导系数 $k_{ij}[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$	2.6	2.6	2.6
放射性生热系数 $a_0(\times 10^{-5} \text{ W}/\text{m}^3)$	0.31	0.3	0.022
密度 $\rho(\text{g}/\text{cm}^3)$	2.2	2.8	3.0
比热 $C[\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$	0.96	0.96	0.96
断层类型参数 β	3	3	3
应力指数 n	2.1	2.4	3
蠕变激活能 $Q(\text{kJ}/\text{mol})$	123	219	326
阻尼系数 $\eta(\times 10^{26})$	1	1	1

2 边界条件

由于在水平挤压应力条件下,岩石的初始破裂角度一般为 45° ,因此模型中的俯冲带倾角取作 45° ,俯冲块体沿俯冲带自右往左、由上而下滑动(图 1c)。

俯冲块体的右边界以 U 速度向右推移,左边界以 V 速度沿 45° 角向下推滑移(图 1c),上部边界自由,温度 0° ,中部单元考虑有沉积物的自重作用;下部边界右单元为已知位移边界,左单元为反力边界,开始温度为 500° ,由于随着俯冲地块的下滑, Moho 同步向下弯曲,因此计算中将下部边界的结点温度作相应的增加。参考中国大陆现有的地壳运动学数据(丁国瑜等,1991;马宗晋等,1998;王琪等,2002),平移速度(U)分别取 20 km/Ma、30 km/Ma、40 km/Ma,即俯冲地块以 20 km/Ma、30 km/Ma、40 km/Ma 的速度向左推移,地块沿俯冲带向下滑移。采取

0.1 Ma、0.2 Ma、0.3 Ma、0.4 Ma 和 0.5 Ma 五个时间段,分别计算俯冲块体的俯冲量、山前拗陷带的拗陷量和 Moho 下弯量及相应的位移速度。

3 模拟结果分析

通过不同平移速度和不同时间段,陆表面、Moho 和构造应力场的数值模拟,可以看出在俯冲过程中,俯冲地块的陆表面和 Moho 及壳内应力场具有明显的时空变化规律,计算结果见表 2。

表 2 俯冲作用过程中,平移速度(U)与山前拗陷带(前陆盆地)的拗陷量(h)、Moho 的下弯量(s)、俯冲速度(V)关系

Table 2 Correlations of translation rates (U) with the subsidence amount of the piedmont depression belt (foreland basin) (h), the downflexure amount of Moho (s) and subduction rates (V)

平移速度 U (km/Ma)	时间段 t (Ma)	山前拗陷带低点 位置 X (km)	拗陷量 h (km)	Moho 低点 位置 X (km)	下弯量 s (km)	俯冲速度 V (km/Ma)
20	0.1	566.9	1.891	601.9	1.881	26.60
	0.2	568.7	3.706	603.7	3.683	26.04
	0.3	570.5	5.493	605.5	5.455	25.72
	0.4	572.3	7.259	607.2	7.205	25.47
	0.5	574.0	9.006	608.9	8.935	25.27
30	0.1	567.8	2.826	602.8	2.810	39.74
	0.2	570.5	5.543	605.5	5.505	38.93
	0.3	573.2	8.198	608.1	8.136	38.35
	0.4	575.8	10.810	610.7	10.721	37.90
	0.5	578.4	13.383	613.3	13.265	37.52
40	0.1	568.8	3.753	603.7	3.733	52.79
	0.2	572.4	7.357	607.3	7.302	51.63
	0.3	575.9	10.854	610.8	10.762	50.73
	0.4	579.3	14.267	614.1	14.134	49.97
	0.5	582.6	17.596	617.4	17.418	49.27

注: $X=565$ km 处为俯冲作用前,俯冲带地表出露点位置。

3.1 平移速度与俯冲速度的相关性

当平移导致俯冲作用发生时,计算结果表明,地块的俯冲速度大于相应的平移速度。当俯冲地块以 20 km/Ma、30 km/Ma、40 km/Ma 的平移速度平移时,相应的平均俯冲速度依次为 25.82 km/Ma、38.49 km/Ma、50.88 km/Ma(表 2)。在同一平移速度条件下,俯冲速度有随着俯冲作用的持续进行而逐渐下降的趋势(图 2),平移速度与俯冲速度大致呈负线性关系。

3.2 俯冲作用条件下陆表面的时空变化

当沿板块俯冲带发生岩石圈尺度的板块俯冲作用时,俯冲板块中最显观的构造效应是沿俯冲带发生陆表面的下沉和陆壳的增厚(Patrial and

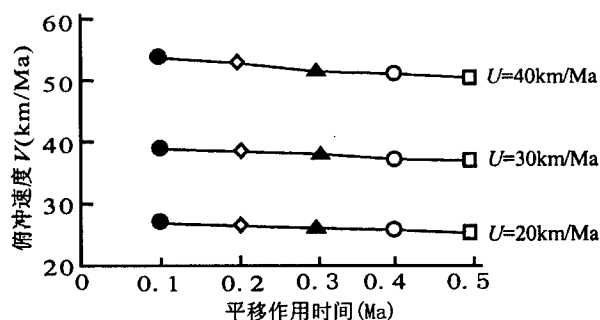


图 2 平移速度(U)与俯冲速度(V)相关图

Fig. 2 Correlations of translation rates (U) with the subduction rates (V)

Achache, 1984; Gibbs, 1986; Mattauer, 1986; 崔军文等, 1990; Van Balen et al., 1998; 滕吉文等, 1999; Lin et al., 2002; Shu et al., 2002), 后者必然导致 Moho 的向下弯曲。俯冲带前缘陆表面下沉导致的山前拗陷带, 许多学者称之为前陆盆地(刘和甫, 1993; 何登发等, 1996)或冲断盆地(崔军文等, 1999), 在数值模拟计算中, 我们发现随着俯冲速度的加大和俯冲作用的持续进行, 在山前拗陷带的后缘可出现局部隆起, 可谓盆后隆起(图 1c)。通过对俯冲地块以 20 km/Ma、30 km/Ma、40 km/Ma 三个不同平移速度和 0.1 Ma、0.2 Ma、0.3 Ma、0.4 Ma、0.5 Ma 五个时间段的计算, 可以看出俯冲地块的平移速度、俯冲速度、山前拗陷带的拗陷速度和拗陷量、Moho 的下弯速度和下弯量之间存在明显的相关性。计算中将山前拗陷带的拗陷中心或下弯的最低点谓山前拗陷带低点(d_1), Moho 下弯量最大部位或最低点谓 Moho 低点(d_2), 盆后隆起最高点谓盆后隆起高点(g)(图 1c)。

3.2.1 山前拗陷带的四维时空变化

在俯冲作用过程中, 山前拗陷带的拗陷速度、拗陷幅度或拗陷量和拗陷中心等显示规律性的变化(表 2)。

(1) 拗陷带的拗陷量: 总的与俯冲地块的平移速度呈正相关关系, 平移速度大, 拗陷带的拗陷量大(图 3)。

(2) 拗陷带的拗陷速度: 在不同平移速度条件下, 拗陷带的拗陷速度随着平移速度的加大而不断增大(图 3); 但同一平移速度条件下, 拗陷带的拗陷速度有随着时间的推移而逐渐降低之势, 如当平移速度为 20 km/Ma 时, 据表 1 可算出 0~0.1 Ma、0.1~0.2 Ma、0.2~0.3 Ma、0.3~0.4 Ma 和 0.4~

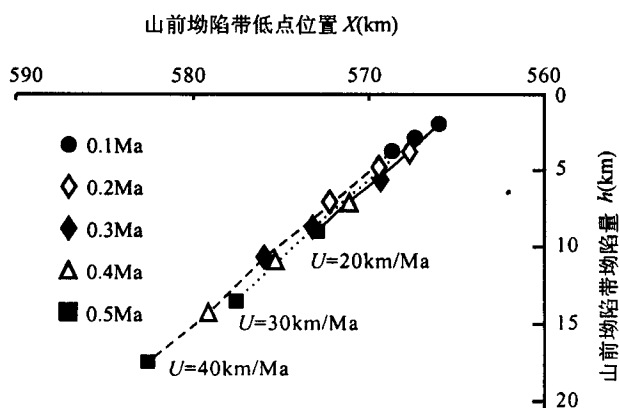


图 3 俯冲作用过程中山前拗陷带低点的时空变化

Fig. 3 Temporal-spatial changes of the low point of the piedmont depression belt

X 轴 565 km 处为俯冲作用起始时刻俯冲带地表出露点位置,

Y 轴 0 km 处为俯冲作用前 Moho 高程

The 565 km point of X axis is the site where the subduction zone is exposed on the surface; the 0 km point of Y axis is the elevation of the Moho before subduction

0.5 Ma 期间, 拗陷带的拗陷速度依次为 1.891 km/Ma、1.815 km/Ma、1.787 km/Ma、1.766 km/Ma 和 1.747 km/Ma。

(3) 拗陷带拗陷中心在水平方向的迁移: 随着时间的推移, 拗陷带拗陷中心在水平方向逐渐向俯冲带靠拢, 总的规律是: 俯冲地块的平移速度愈大, 拗陷带拗陷中心向俯冲带方向的水平迁移速度就愈大, 即其不断接近俯冲带(表 2)。但在同一平移速度条件下, 水平迁移速度有逐渐降低的趋势, 而且这种规律性不受地块平移速度大小的影响(表 2)。

(4) 陆表面的形态: 在 20 km/Ma 和 30 km/Ma 的平移速度条件下, 俯冲地块陆表面的形态总体上呈向俯冲带方向逐渐下弯、腹部平坦的掀斜状(图版 I-A-a, b); 但在 40 km/Ma 的平移速度条件下, 当变形持续到 0.3 Ma 时, 在山前拗陷带的后部出现盆后隆起, 而且隆起的范围有随着时间的推移逐渐向俯冲带方向扩展之势(图版 I-A-c)。在 0.5 Ma 时, 当山前拗陷带的拗陷量达 17.596 km 时, 盆后隆起的最大隆起量可达 1 km。

3.2.2 Moho 的四维时空变化

Moho 作为板块俯冲导致陆壳增厚的最重要的标志性构造界面, 在俯冲作用过程中呈现明显的规律性变化(表 2)。

(1) Moho 的下弯量: 与俯冲地块的平移速度呈正相关关系, 平移速度愈大和俯冲作用持续时间愈

长, Moho 的下弯量愈大(图 4)。

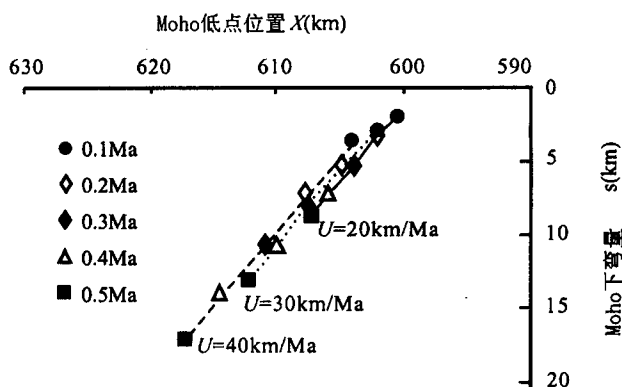


图 4 俯冲作用过程中, Moho 低点的时空变化

Fig. 4 Temporal-spatial changes of the low point of the Moho of the subducting block during subduction

X 轴 565 km 处为俯冲作用起始时刻俯冲带地表出露点位置,

Y 轴 0 km 处为俯冲作用前 Moho 高程

The 565 km point of X axis is the site where the subduction zone is exposed on the surface; the 0 km point of Y axis is the elevation of the Moho before subduction

(2) Moho 的下弯速度: 总的随着俯冲地块平移速度的加快而不断加大(表 2), 在不同平移速度、同一时间间隔内, 平移速度大者, Moho 的下弯速度大(图 4)。但在同一平移速度条件下, 根据表 1 可推算出, 随着时间的推移, Moho 的下弯速度逐渐降低。

(3) Moho 低点在水平方向的迁移: 其迁移规律和山前拗陷带拗陷中心的迁移规律相似。总的随着俯冲地块平移速度的加大, Moho 低点在水平方向向俯冲带迁移(表 1), 即向俯冲带方向靠拢的速度不断增大。但在同一平移速度条件下, 随着俯冲作用的持续进行, Moho 低点向俯冲带方向靠拢的速度略有降低之势, 而且这种规律性不受地块平移速度大小的影响(表 2)。

(4) Moho 形态: 在俯冲作用过程中 Moho 和陆表面具有相协调的形态特征, 随着俯冲作用的持续进行, Moho 逐渐向下弯曲, 总体呈向俯冲带方向倾斜的掀斜状, 在俯冲地块的腹部趋于平坦(图版 I-B-a, b), 但在俯冲速度为 40 km/Ma 的平移速度条件下, 在 Moho 的腹部、大致对应陆表面的盆后隆起部位, Moho 向上拱起(图版 I-B-c)。

3.3 俯冲地块壳内构造应力场的时空变化

通过对俯冲作用条件下, 不同平移速度和不同时间段构造应力场数值模拟计算, 可以看出俯冲地块内部的应力分布, 始终以挤压应力为主导, 拉张应

力主要分布在俯冲地块前缘的陆壳下部和陆表面由平坦到掀斜的转折部位(图版 I -C、D),这一分布特征在整个俯冲作用过程中都较稳定,它不受俯冲地块平移速度大小和俯冲作用时间的影响,但挤压应力值和拉张应力值随着俯冲地块平移速度的加大和俯冲作用的持续进行而不断加大。如在 20 km/Ma、30 km/Ma、40 km/Ma 三个不同平移速度条件下,0.5 Ma 时的最大挤压应力值和最大拉张应力值分别为 -1484 MPa、-2409 MPa、-3553 MPa 和 +506 MPa、+849 MPa、+1298 MPa(图版 I -C、D)。可见俯冲作用条件下俯冲地块的壳内构造应力场,和逆冲扩展过程中逆冲地块的壳内构造应力场(崔军文等,2006)相比,要简单、稳定得多。

4 结论和讨论

板块俯冲是大陆岩石圈最重要的构造作用之一,特别是岩石圈尺度的俯冲作用往往是诱导各种地质作用发生的最重要的驱动机制,作为板块俯冲重要标志的高压—超高压变质岩,其形成和演化大致经历了早期的板块深俯冲和随后的仰冲折返两个阶段。初步的模拟计算表明,与深俯冲作用相关的基本上是构造挤压过程,而与仰冲折返相关的基本上是构造拉张过程(崔军文等,2006),说明在高压—超高压变质岩的形成和演化过程中存在有由挤压向拉张状态的转化。苏鲁高压—超高压变质岩带形成于扬子板块往北深俯冲的 240~220 Ma 时期,在 220~200 Ma 时期整体快速折返(许志琴等 2003;刘福来等,2004;张泽明等,2005),说明大约在 240~200 Ma 短短的 40 Ma 期间要完成构造挤压向拉张状态的转化,促使这种构造转化的基本因素和驱动力是什么?当高压—超高压变质带以俯冲块体为运动载体,沿俯冲带向深部俯冲时,俯冲块体的平移速度将是俯冲作用强度的一个重要标量,由俯冲导致的构造界面的移动规律基本上反映了俯冲块体和高压—超高压变质带的移动和俯冲过程。因此通过对俯冲过程中,俯冲块体内部构造应力场和不同深度构造界面位移的研究,就可获得对深俯冲作用过程的一些定性认识,这将有助于阐明苏鲁高压—超高压变质带的折返机制和动力学建模。

通过俯冲作用数值模拟的初步研究,至少可以得出下列几点重要认识:

(1) 陆表面和 Moho 是度量俯冲作用强度的重要构造界面:俯冲作用作为高压—超高压变质岩形成的主导机制,俯冲块体的运动速度和强度将是制

约高压—超高压变质岩带形成和演化的重要构造因素之一,如何认识和标定地质历史时期曾发生过的板块俯冲作用,是人们广为关注的研究课题。俯冲作用的数值模拟似乎表明,陆表面和 Moho 有可能成为标定俯冲作用强度的重要构造界面(Cui et al., 2005)。在俯冲过程中,陆表面和 Moho 变化的最显观效应是山前拗陷带的形成和 Moho 的向下弯曲(图 1c),当俯冲作用强烈和持续时间较长时,还伴随有盆后隆起(图 1c,图版 I -A-c)。不同时期山前拗陷带凹陷中心的迁移大致平行俯冲带,山前拗陷带的拗陷量和拗陷速度、Moho 的下弯量和下弯速度,与俯冲地块的平移速度大致呈正相关关系,两者大致接近等值(前者略大于后者)(表 2)。山前拗陷带的拗陷量和拗陷速度完全可以通过拗陷带内沉积物厚度及其相应时代的研究获取(Allen and Allen, 1990),这就为我们研究板块俯冲过程中陆表面和 Moho 的三维时空演化提供了可能。可见我们完全可以通过山前拗陷带不同时期沉积层厚度和沉积时代的分析及沉积中心迁移规律的研究,结合沉积物的韵律特征,研究不同地质历史时期曾发生过的板块俯冲作用,进而分析和推断苏鲁高压—超高压变质岩带的形成过程。

(2) 高压—超高压变质带的深俯冲作用过程是不均一的:俯冲过程中俯冲块体内部构造界面的位移是不均一的,总的规律是:山前拗陷带的拗陷量和拗陷速度与 Moho 的下弯量和下弯速度,随着平移速度的加大而不断增大,但在同一平移速度条件下,山前拗陷带的拗陷量和拗陷速度与 Moho 的下弯量和下弯速度,随着时间的推移有逐渐减小的趋势(表 2)。可见当高压—超高压变质带以俯冲块体作为运动载体,发生深俯冲作用,特别是深达 250 km 的大尺度深俯冲作用时,在不同构造旋回和同一构造旋回的不同地质历史时期,其俯冲过程是不均一的、变化的。说明俯冲块体内部构造界面的位移和变化趋势的研究,或许能使定性,乃至定量研究高压—超高压变质带深俯冲过程成为可能。

(3) 俯冲地块的陆壳中以挤压应力状态为主导:就地壳尺度的俯冲作用而言,数值模拟的初步研究似乎表明,当俯冲作用发生时,俯冲地块内部基本以挤压应力状态为主导,拉张区主要分布在俯冲带前缘的陆壳下部和陆壳上部陆表面的形态转折部位,两者分别对应山前拗陷带的拗陷中心和盆后隆起部位。这一应力分布特征不受俯冲地块平移速度和变形作用持续时间的影响,说明在整个俯冲作用

Temporal-Spatial Changes of the Land Surface, Moho and Tectonic Stress Field during Subduction of the Sulu HP—UHP Metamorphic Belt

CUI Junwen¹⁾, WANG Lianjie²⁾, TANG Zhemin¹⁾, SHI Jinsong³⁾

1) *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037*

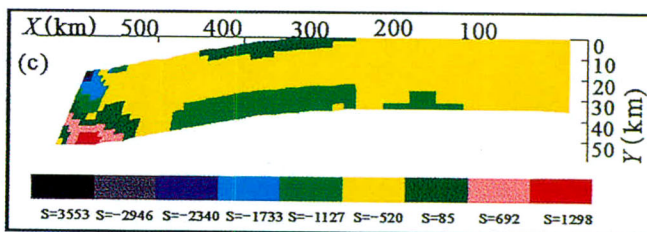
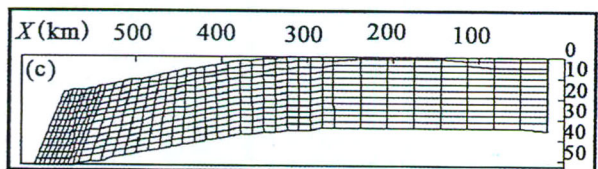
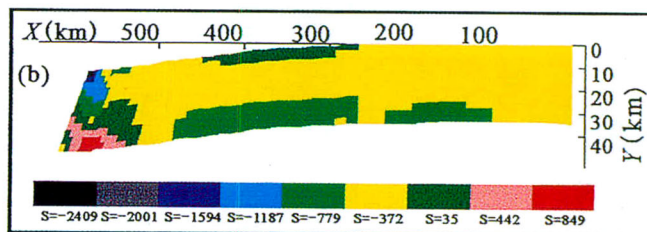
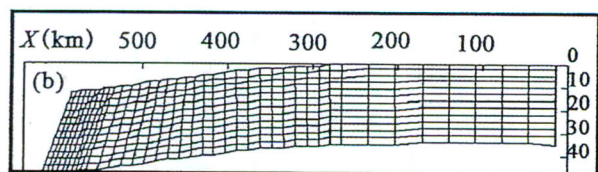
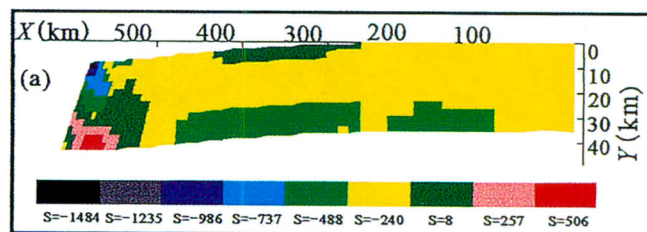
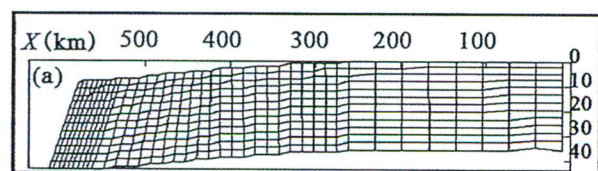
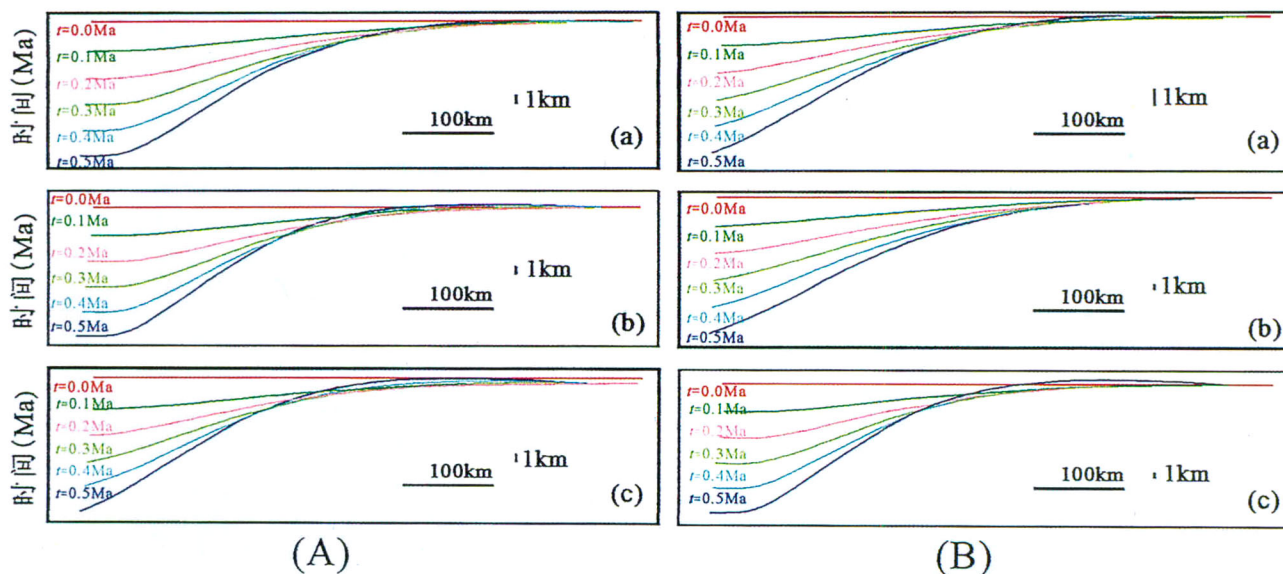
2) *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100081*

3) *Hehai University, Nanjing, 210024*

Abstract

Subduction is one of the important mechanisms for the formation of the high-pressure (HP)-ultrahigh-pressure (UHP) metamorphic belt. The movement rate and strength of a subducted block are important tectonic constraints on its formation and evolution. Studying the formation process of a HP-UHP metamorphic belt by using plate subduction is a useful attempt to study the formation mechanism of the Sulu HP-UHP metamorphic belt and construction of a dynamic model. The most conspicuous tectonic effect of subduction is strong underthrusting of the land surface at the front of a subducted block and the Moho, which results in the formation of a piedmont depression and accretion and thickening of continental crust. Preliminary numerical modeling suggests that the translational rate of a subducted block is broadly positively correlated with the amount and rate of downwarping of a piedmont depression and the amount and rate of downward flexure of the Moho, indicating that they are boundaries of important intracrustal active tectonics. The migration of the tectonic boundary in the interior of a subducted block, as the movement carrier of deep subduction of a HP-UHP metamorphic belt, indirectly reflects the changes in formation process and movement rate of a HP-UHP metamorphic belt. The results of the numerical modeling seem to show that the land surface and Moho is likely to be boundaries of important active tectonics for the study of the formation process of a HP-UHP metamorphic belt and deep subduction. The tectonic stress field in the interior of a subducted block is also an important tectonic factor for constraining and influencing the formation process of a HP-UHP metamorphic belt. Modeling calculation indicates that the intracrustal stress field of a subducted block during subduction is relatively stable and always dominated by compressional stress, while the strength of subduction only affects the magnitude of stress rather than the distribution of stress in the intracrustal stress field.

Key words: Sulu HP-UHP metamorphic belt; subduction; land surface; Moho; tectonic stress field



- A. 俯冲作用过程中, 0.5 Ma 时陆表面形态特征。
B. 俯冲作用过程中, 0.5 Ma 时 Moho 形态特征。
C. 俯冲作用过程中, 0.5 Ma 时逆冲块体网格变形分布图。
D. 俯冲作用过程中, 0.5 Ma 时逆冲块体内部应力分布图。

(a) — 平移速度 20 km/Ma; (b) — 平移速度 30 km/Ma; (c) — 平移速度 40 km/Ma; X 轴 565 km 处为俯冲作用起始时刻俯冲带地表出露点位置, Y 轴 0 km 处为俯冲作用前 Moho 高程。