

中国山东威海含柯石英麻粒岩的发现*

随着柯石英榴辉岩不断被发现, 中国大别山-苏北-胶东超高压变质带已成为世界地球科学界研究的热区。但是, 在本研究之前, 含真柯石英的榴辉岩只见于大别山和苏北, 而且已发现的柯石英榴辉岩至多局部受到角闪岩相退变质作用。本文报道的威海含柯石英麻粒岩是柯石英榴辉岩的退变产物。这是世界上的首例。

含柯石英石榴二辉麻粒岩见于威海市黄泥沟(图1)。它们呈不规则状岩块(几米至几十米长), 产于蛇纹石化的橄榄岩体和围岩花岗片麻岩之间接触带附近, 可在岩体中也可在围岩中。它们的主要组成矿物是石英、石榴石、二辉石和斜长石。次要矿物有角闪石、多硅白云母、绿帘石、蓝晶石和金红石等。柯石英($2v(+)$, $c. 60^\circ$) 作为包体产在石榴石中, 其四周发育典型的放射状裂纹其边部已退变为细粒的多晶石英集合体。它们的成分是中基性的, 但由于实际矿物含量变化较大, 其成分仍显示较大的变化范围(SiO_2 ,

49.2—59.8 wt%; Al_2O_3 , 12.4—16.3 wt%; FeO^* , 10.2—15.4 wt%; MgO , 5.9—8.3 wt%; CaO , 5.9—7.9 wt%), 它们在化学成分上以非常低量的 TiO_2 (0.18—0.26 wt%) 和碱质 (Na_2O , 0.48—1.10 wt%; K_2O , 0.02—0.14 wt%) 为特征。

根据岩相学观察, 含柯石英麻粒岩的变质历史可以分为如下四个阶段:

阶段 A: 石榴石的富镁的核部及其中的柯石英和绿辉石包体可视为该阶段的产物。因此, 此阶段形成柯石英榴辉岩;

阶段 B: 该阶段的产物是石英榴辉岩, 但绿辉石现均已分解为次透辉石和钠质斜长石。阶段 A 和 B 可称为榴辉岩相变质阶段;

阶段 C: 该阶段可称为主阶段即麻粒岩相变质阶段, 其产物是石榴二辉麻粒岩, 由前一阶段的石榴石与绿辉石和石英的反应以及绿辉石分解生成;

阶段 D: 角闪岩相退变质阶段, 其产物以岩石中不均匀分布的少量钙质角闪石和绿帘石为代表。

利用有关的矿物压力计和温度计以及矿物反应的单变曲线实验资料, 估算的各阶段变质温度和压力条件如下: 阶段 A, $c. 28\text{ kb}$ 和 790°C ; 阶段 B, $c. 20\text{ kb}$ 和 800°C ; 阶段 C, $c. 14\text{ kb}$ 和 850°C , 及阶段 D, $5\text{—}7\text{ kb}$ 和 $500\text{—}700^\circ\text{C}$ 。

威海含柯石英麻粒岩的发现具有以下地质意义:

1. 它表明大别山-苏北-胶东超高压变质带向东北延伸可入渤海, 因此它不太可能延伸到南朝鲜和日本西南部, 却有可能延伸到朝鲜半岛的北部。

* 国家自然科学基金会资助项目。

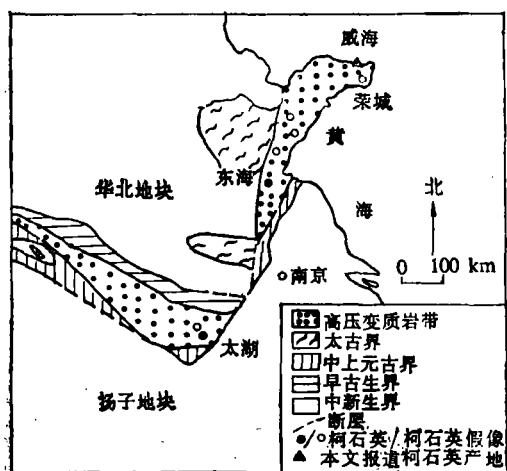


图1 柯石英麻粒岩产地的苏鲁-大别高压变质岩带示意图

2. 在麻粒岩相变质条件下, 柯石英能幸存的事实暗示了高压岩块的快速抬升, 否则在低压和高温条件下柯石英应相变为石英;

3. 正如上所述, 含柯石英麻粒岩既产生在橄榄岩体中又产生在片麻岩中, 但是片麻岩未显示任何榴辉岩相和麻粒岩相变质的痕迹。这说明了含柯石英高压岩石不太可能就

地生成, 而很可能是外来构造岩块。

从柏林 石渡明¹⁾ 王清晨 夏并正树²⁾ 张儒媛 翟明国 赵中岩 平岛崇男³⁾ 坂野升平³⁾ 李家驹

(中国科学院地质研究所岩石圈构造演化开放实验室, 北京 100029;¹⁾ 金泽大学理学部地质学教室, 日本金泽市 920;²⁾ 名古屋大学理学部地质学教室, 日本名古屋市 464-01;³⁾ 京都大学理学部地质学和动物学教室, 日本京都市 606)

微孔弹性动力学的能量原理

1983 年 Cowin 和 Nunziato 建立了微孔线弹性动力理论^[1], 它对现代新材料的发展与工程应用有重要意义。本文根据对偶互补的基本思想, 通过作者在文献[2, 3]中提出的一条简单而统一的新途径, 系统地建立了微孔线弹性动力学的能量原理, 包括虚功原理、互等定理和各种变分原理等。我们的主要结果如下:

1. 广义虚功原理

$$\begin{aligned} & \int_V (\rho_i * \dot{u}_i + \sigma_{ij} * u_{i,j} + h_i * \varphi_i + \rho \kappa \dot{\phi} * \dot{\phi}) dV \\ & + \int_V [(\sigma_{ij,i} - \dot{p}_i) * u_i + (h_{i,i} - \rho \kappa \dot{\phi}) * \varphi] dV \\ & - \int_{\partial V} (T_i * u_i + h * \varphi) ds \\ & + \int_V [\rho_i u_{0i} - p_{0i} u_i + \rho \kappa (\dot{\phi} \varphi_0 - \dot{\phi}_0 \varphi)] dV \\ & = 0. \end{aligned}$$

2. 虚功原理

$$\begin{aligned} & \int_V [\rho (f_i * u_i + l * \varphi) - (p_i \tilde{u}_{0i} - \tilde{p}_{0i} u_i) \\ & - \rho \kappa (\dot{\phi} \tilde{\varphi}_0 - \tilde{\varphi}_0 \dot{\phi})] dV \\ & + \int_{\partial V} (T_i * u_i + h * \varphi) ds \\ & - \int_V (\sigma_{ij} * \varepsilon_{ij} + h_i * e_i - g * \varphi \\ & + p_i * v_i + \rho \kappa \dot{\phi} * \dot{\phi}) dV \end{aligned}$$

3. 互等定理

$$\int_V \{(\rho f_i^{(1)} * u_i^{(2)} - p_i^{(1)} \tilde{u}_{0i}^{(2)} + \tilde{p}_{0i}^{(1)} u_i^{(2)})$$

$$\begin{aligned} & + [\rho l^{(1)} * \varphi^{(2)} - \omega \dot{\phi}^{(1)} * \varphi^{(2)} \\ & - \rho \kappa (\dot{\phi}^{(1)} \tilde{\varphi}_0^{(2)} - \tilde{\varphi}_0^{(1)} \dot{\phi}^{(2)})] dV \\ & + \int_{\partial V} (T_i^{(1)} * u_i^{(2)} + h^{(1)} * \varphi^{(2)}) ds \\ & - \int_V \{(\rho f_i^{(2)} * u_i^{(1)} - p_i^{(2)} \tilde{u}_{0i}^{(1)} + \tilde{p}_{0i}^{(2)} u_i^{(1)}) \\ & + [\rho l^{(2)} * \varphi^{(1)} - \omega \dot{\phi}^{(2)} * \varphi^{(1)} \\ & - \rho \kappa (\dot{\phi}^{(2)} \tilde{\varphi}_0^{(1)} - \tilde{\varphi}_0^{(2)} \dot{\phi}^{(1)})] dV \\ & + \int_{\partial V} (T_i^{(2)} * u_i^{(1)} + h^{(2)} * \varphi^{(1)}) ds \end{aligned}$$

4. 各种简化 Gurtin 型变分原理 现只给出其中的十类变量广义变分原理, 其势能形式的泛函为

$$\begin{aligned} & \mathcal{I}_0(p_i, v_i, u_i, \varepsilon_{ij}, \sigma_{ij}, \varphi, e_i, h_i, \phi, g) \\ & = \int_V \left\{ \frac{1}{2} \rho v_i * v_i - p_i * (v_i - \dot{u}_i) \right. \\ & + \frac{1}{2} \rho \kappa \dot{\phi} * \dot{\phi} + \frac{1}{2} (E_{ijkl} \varepsilon_{ij} * \varepsilon_{kl} \\ & + A_{ij} e_i * e_j + \xi \varphi * \varphi) + \beta_{ijk} \varepsilon_{ij} * e_k \\ & + \gamma_{ij} \varepsilon_{ij} * \varphi + b_i e_i * \varphi \\ & - \sigma_{ij} * \left[\varepsilon_{ij} - \frac{1}{2} (u_{i,i} + u_{i,i}) \right] \\ & - h_i * (e_i - \phi_{,i}) + g * \varphi \\ & - \rho f_i * u_i - (g + \rho l) * \phi \\ & + \frac{1}{2} \omega \dot{\phi} * \dot{\phi} \} dV - \int_{\partial V_T} \bar{T}_i * u_i ds \\ & - \int_{\partial V_u} (u_i - \bar{u}_i) * T_i ds \\ & - \int_{\partial V_h} \bar{h} * \phi ds - \int_{\partial V_\varphi} (\phi - \bar{\varphi}) * h ds \end{aligned}$$