

大别山超高压榴辉岩流变强度

——来自高温高压实验的证据

金振民^{1,2}, 章军锋^{1,2}, Green H. W.², 金淑燕¹, 王永锋¹

(1. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074; 2. 加利福尼亚大学(Riverside分校)地球物理和行星物理研究所, CA 92521, USA)

摘要: 利用 Griggs 型 5 GPa 高压仪器, 在柯石英稳定域围压条件下 (>3 GPa) 完成大别山超高压榴辉岩流变学实验, 建立了榴辉岩流变状态本构方程(流动律): $\dot{\epsilon} = A \exp(-Q/RT) \sigma^n$, 应力指数(n)为 3.4, 活化能(Q)为 480 kJ/mol, 结构常数(A)为 $10^{3.3}$. 实验结果表明:(1)作为两相矿物组成的榴辉岩, 其流变学强度在很大程度上取决于强相矿物(石榴石)和弱相矿物(绿辉石)含量比例;(2)天然榴辉岩塑性变形机制是以位错蠕变为主;(3)根据实验成果比较榴辉岩和上地幔方辉橄辉岩流变学强度相当, 两者耦合在大陆深俯冲 100 km 左右深度发生拆沉作用可能性很小, 与上地幔上隆(upwelling)作用有关的造山期后伸展作用对超高压岩石折返更具有重要意义.

关键词: 超高压榴辉岩; 流变强度; 位错蠕变; 高温高压实验; 拆沉作用; 大别山.

中图分类号: P588.34⁺2; P589 文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2001)06-0574-07

作者简介: 金振民(1941-), 男, 教授, 博士生导师, 1965年毕业于北京地质学院, 现从事岩石圈流变学和大陆深部构造研究.

0 引言

20世纪60年代初大陆莫霍(Moho)不连续面由玄武岩相变为榴辉岩的假设在当时引起了地学界的广泛兴趣和重视^[1~4]. 30年之后, 在我国大别—苏鲁和世界其他地区变质地体中发现柯石英和微粒金刚石之后, 榴辉岩和超高压(UHP)榴辉岩已成为现代地球科学和大陆动力学中最令人关注的研究领域^[5~8]. 具有超高压特征矿物的发现, 揭示了大陆地壳曾经俯冲到100 km以上深度, 以后又折返到地表的动力学信息^[9~12]. 虽然过去十几年以来, 国内外地学界对UHP榴辉岩的矿物学、岩石学、地球化学和同位素年代学进行了大量深入研究, 但是, 相对地壳岩石和上地幔橄榄岩而言, UHP榴辉岩流变性质的实验研究在国内外至今还是空白^[13~15]. 其主要原因有三方面:(1)在大陆碰撞造山带变质地体中没有

发现含柯石英榴辉岩之前, 由于下地壳和上地幔中榴辉岩含量少, 人们对它在稳定大陆和活动构造带中所起的作用认识不足;(2)传统Griggs高压流变仪不可能提供围压高于3 GPa的流变学实验^[16,17];(3)大多数天然榴辉岩矿物颗粒尺度太大, 不能满足高压实验要求.

本文首次报道了柯石英稳定域的围压条件下 (>3 GPa), 大别山超高压榴辉岩流变学实验成果, 建立了榴辉岩流变学状态本构方程(即流动律), 从实验角度探索了超高压榴辉岩流变性质对大陆深俯冲过程中拆沉作用的约束.

1 实验材料和程序

实验原始材料取自大别山碧溪岭地区新鲜粗粒含柯石英榴辉岩. 根据平衡温度—压力计算结果, 榴辉岩形成的压力为2.8~3.6 GPa, 温度为700~800 °C. 实验样品榴辉岩及其组成矿物(石榴石和绿辉石)的矿物和化学成分见表1. 根据Fourier(傅立

收稿日期: 2001-06-21

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(G19999075501); 大陆科学钻探项目; 中国地质大学壳—幔开放实验室基金; 美国自然科学基金(EAR-9725575)资助.

表 1 榴辉岩实验原始材料组成和化学成分

Table 1 Composition of starting materials used in experiments

成分	超高压榴辉岩	石榴石	绿辉石
SiO ₂	52.35	39.51	55.86
TiO ₂	1.34	0.04	0.05
Al ₂ O ₃	15.27	22.80	10.59
Fe ₂ O ₃	1.59		
Cr ₂ O ₃	0.01	0.03	0.01
FeO	10.33	13.32	1.74
MnO	0.20	0.33	0.01
MgO	6.06	9.03	10.03
CaO	8.52	14.13	14.70
Na ₂ O	2.94	0.02	6.07
K ₂ O	0.15	—	—
P ₂ O ₅	0.17	—	—
H ₂ O ⁺	0.75	—	—
NiO	—	0.01	0.02
合计	99.68	99.22	99.17
石榴石	50%*	Py ₁₃ Alm ₃₁ Gro ₃₃	<10×10 ⁻⁶ **
绿辉石	40%	Di ₇₃ Jd ₂₇	100×10 ⁻⁶ ~200×10 ⁻⁶
石英	10%		<10×10 ⁻⁶
金红石	微量		>1 000×10 ⁻⁶

*. 体积分数; **. 结构水质量分数.

叶)变换红外光谱(FTIR)分析结果,榴辉岩矿物结构水质量分数为 100×10⁻⁶~200×10⁻⁶[18]. 将天然榴辉岩样品粉碎成颗粒大小为 30~50 μm,经矿物分离,按天然榴辉岩原矿物组成比例混合(表 1),并在 150 °C 真空条件下烘干 48 h. 将含石榴石(50%)、绿辉石(40%)、石英(10%)的混合样粉(powder)充填在 3 mm 内径,7.3 mm 长圆柱状白金套内. 白金套底部放入圆形镍薄片,白金套内样品顶部放入 Al₂O₃ 短柱体和圆形镍薄片并焊结封闭,以保证变形实验氧逸度(*f*(O₂))控制在 Ni-NiO 范围内.

氯化铯(CsCl)作为围压介质分布于白金套(Pt)和金属镍套(Ni)之间. 实验样品装置结构如图 1 所示. 变形实验之前先将白金套中混合样粉按图 1 装置结构在 Griggs 5 GPa 伺服控制仪中(围压 3 GPa, 温度 1 300 K 条件下)热压 12 h. 对热压之后样品磨制标准薄片(30 μm 厚度)预先进行光学显微镜仔细检查,没有出现各向异性组构矿物定向排列,矿物化学成分保持原始平衡状态(即绿辉石没有发生透辉石-斜长石分解反应,图 2a). 将热压之后样品在围压 3 GPa, 温度 1 500~1 600 K, 应变速率 4.6×10⁻⁴~4.6×10⁻⁵ s⁻¹ 条件下进行相关流变学实验. 每次实验要求应变达到 20%~25%. 变形实验之后样品进行光学显微镜的显微构造观察和研究.

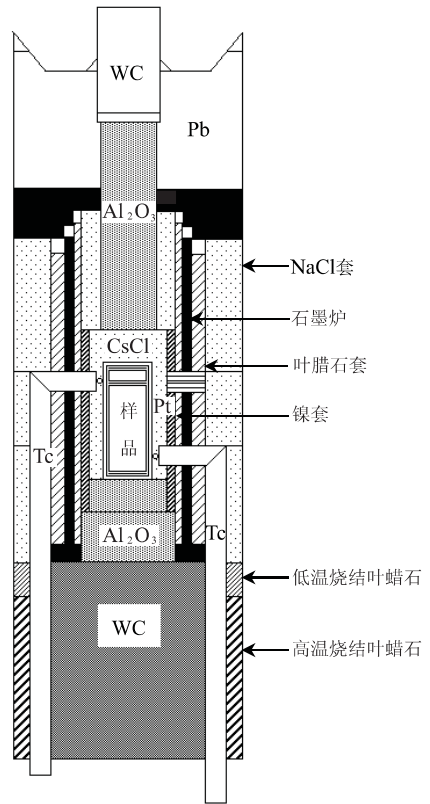


图 1 高压实验样品装置

Fig. 1 High-pressure sample assembly used in experiments

2 实验结果

2.1 力学资料

岩石高温高压流变学实验的主要目的是:测定岩石稳定流动变形过程中的力学参数;建立流变状态本构方程(即流变律 power law)和查明岩石变形机制. 岩石流变律表达式为

$$\dot{\epsilon} = A \exp\left(\frac{-Q}{RT}\right) \sigma^n \quad (1)$$

式中: *Q*. 活化能, kJ/mol; $\dot{\epsilon}$. 应变速率, s⁻¹; σ . 流动差异应力, MPa; *n*. 应力指数; *T*. 绝对温度, K; *R*. 气体常数; *A*. 岩石物质结构常数.

为了确定榴辉岩变形机制和相应的应力指数(*n*), 分别在固定两种温度(1 500 K, 1 600 K)和固定围压(3.0 GPa)条件下, 完成了不同应变速率(4.6×10⁻⁴ s⁻¹, 1.3×10⁻⁴ s⁻¹ 和 4.6×10⁻⁵ s⁻¹) 两组流变学强度实验(图 3a), 从图 3a 中稳定变形的应力-应变曲线变化特征可知, 在温度 1 500 K 下, 上述不同应变速率的榴辉岩相应流动差异应力分别为

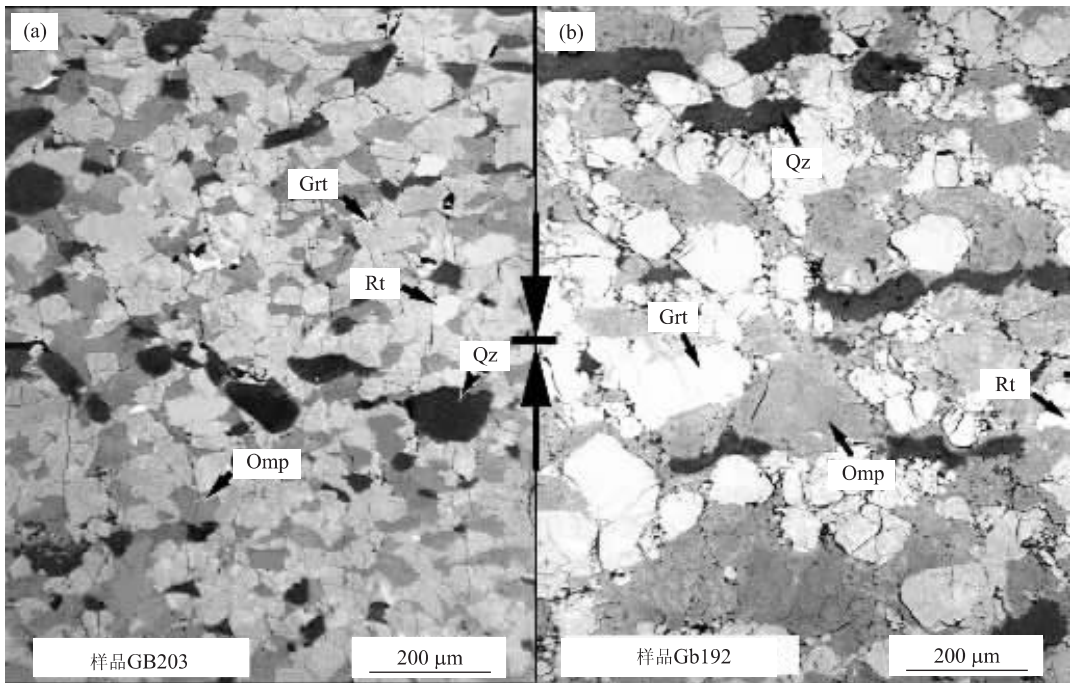


图 2 实验原始榴辉岩(a)和实验变形榴辉岩(b)的显微构造比较

Fig. 2 Microstructural comparison of starting eclogite (a) and experimentally deformed eclogite (b)

Grt. 石榴石; Omp. 绿辉石; Rt. 金红石; Qz. 石英

853 MPa, 557 MPa 和 440 MPa; 而在温度 1 600 K 时, 流动差异应力分别为 455 MPa, 322 MPa 和 222 MPa. 根据流变律方程(1), 在固定 p, T 条件下, 应力指数(n)应为:

$$n = \frac{\partial \ln \dot{\epsilon}}{\partial \ln \sigma} \quad (2)$$

从图 3a 两组 6 个实验力学资料获得应力指数 $n=3.4$ (图 3b), 结构常数为 $10^{3.3}$.

为了测定榴辉岩活化能值, 在固定应变速率 ($\dot{\epsilon}=4.5 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$) 和固定围压(3.0 GPa)条件下, 分别完成不同温度时(1 450 K, 1 500 K, 1 550 K, 1 600 K), 榴辉岩流动差异应力随温度而变化实验. 从图 3c 应力—应变曲线明显可见, 温度 1 450 K 时相应流变差异应力为 1 475 MPa, 当温度每升高 50 K, 流变强度相应减低了 300~250 MPa. 温度对岩石流变强度的影响是十分敏感的. 根据方程(1), 在固定围压和应变速率条件下, 岩石蠕变活化能(Q)为:

$$Q = -R \frac{\partial \ln \dot{\epsilon}}{\partial (1/T)}$$

从图 3c 实验力学资料求得活化能(Q)为 480 kJ/mol(图 3d).

榴辉岩高温高压流变学实验条件和力学强度资

料见表 2.

为了查明组成榴辉岩主要矿物(石榴石和绿辉石)体积分数比例不同对榴辉岩流变的影响, 在温度 1 500 K, 围压 3.0 GPa, 应变速率 $4.6 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ 条件下分别对榴辉岩(石榴石(50%)、绿辉石(40%)、石英(10%)), 石榴石岩(石榴石(90%)、绿辉石和石英(10%))和绿辉石岩(绿辉石(90%)、石榴石和石英(10%))进行流变强度比较实验(图 4). 石榴石岩流变强度是榴辉岩流变强度的两倍, 是绿辉石岩流变强度的 4 倍. 在同样变形条件下含 0.3% 水湿榴辉岩的流变强度是干榴辉岩流变强度的二分之一(图 4).

2.2 变形岩石显微构造

对榴辉岩变形样品的光学显微镜观察表明, 岩石发生明显塑性变形, 每个样品中都出现由变形绿辉石和拉长石英构成的明显页理构造. 在绿辉石和石英颗粒中普遍见有不均匀消光和亚颗粒(subgrain)特征. 部分变形绿辉石中可见到显微双晶纹. 沿矿物颗粒边界出现少量绿辉石和石英重结晶的明显拉长及绿辉石和石英呈透镜状(图 2b). 对应变 40%~50% 的样品来说, 变形石英颗粒达到 10~150 μm , 长短轴比为 5:1~3:1. 变形绿辉石颗粒达到 50~100 μm , 长短轴比为 5:3~3:1. 石榴石没有表现明显塑性变形和颗粒拉长现象, 这种特征

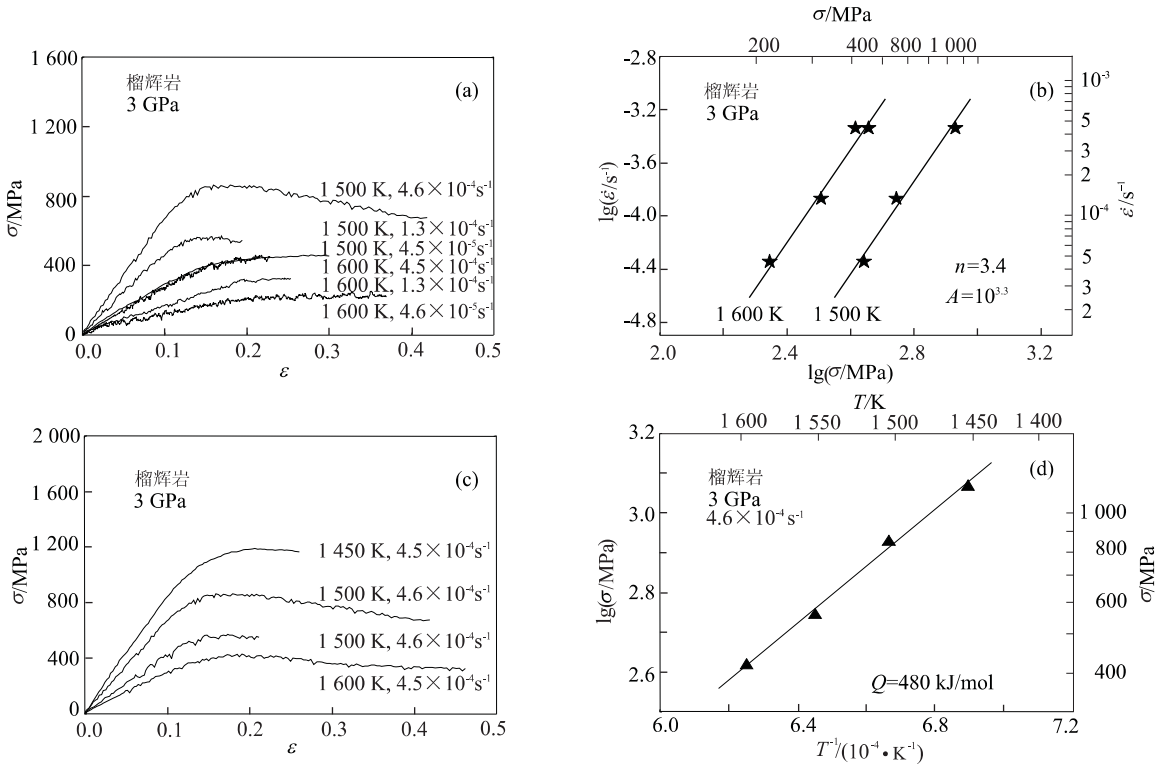


图 3 榴辉岩高温蠕变力学资料(围压 3.0 GPa)

Fig. 3 Mechanical results of high-temperature creep of eclogite under 3.0 GPa pressure

a. 应力—应变曲线; b. 应变速率—流动应力及其对数关系; c. 应变与差异应力关系; d. 应力与温度关系

表 2 榴辉岩高温高压流变实验条件和流变强度

Table 2 Summary of experimental conditions and rheological strength of eclogite

编号	岩石类型	压力/GPa	温度/K	应变速率/ s^{-1}	流变强度/MPa	$w(\text{H}_2\text{O})/\%$	围压介质
GB190	榴辉岩	3.0	1500	4.6×10^{-4}	853		CsCl
GB192	榴辉岩	3.0	1600	4.6×10^{-4}	413		CsCl
GB194	榴辉岩	3.0	1450	4.6×10^{-4}	1175		CsCl
GB200	榴辉岩	3.0	1500	4.6×10^{-5}	440		CsCl
GB207	石榴石岩	3.0	1500	4.6×10^{-4}	1746		CsCl
GB209	榴辉岩	3.0	1500	4.6×10^{-4}	557		CsCl
GB219	绿辉石岩	3.0	1500	4.6×10^{-4}	307		CsCl
GB220	榴辉岩	3.0	1550	4.6×10^{-4}	559		CsCl
GB224	榴辉岩	3.0	1500	4.6×10^{-4}	402	0.3	CsCl+Talc
GB242	榴辉岩	3.0	1600	4.6×10^{-5}	222		CsCl
GB244	榴辉岩	3.0	1600	1.3×10^{-4}	322		CsCl
GB246	榴辉岩	3.0	1600	4.6×10^{-4}	455		CsCl

与天然变形榴辉岩(大别山双河、碧溪岭、五庙)特征是十分相似的^[18].

3 讨论和结论

(1) 由于目前国内外还没有榴辉岩高温高压流变学实验资料,因此人们对榴辉岩的流变性质认识

主要来自天然变形绿辉石和石榴石光学显微镜和透射电镜(TEM)观察和组构测量^[19~21]. Karato 等^[6]对石榴石单晶体变形实验建立了归一化流变律. Cordier 等^[22]最近利用金刚石腔砧对石榴石单晶体进行高温高压变形实验,结果表明当温度低于 1000 °C 时,石榴石以脆性变形为主,当温度高于 1000 °C 时开始表现为位错蠕变,但没有定量确定其

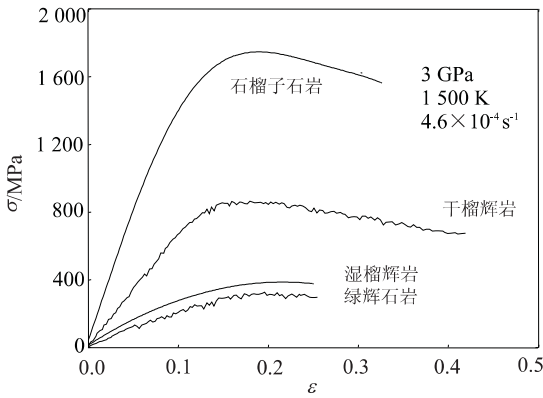


图 4 在相同实验条件下,石榴子石岩、干榴辉岩、湿榴辉岩和绿辉石岩的流变强度比较

Fig. 4 Comparison of the rheological strength of garnetite, dry eclogite, wet eclogite and omphacite under similar experimental conditions

流变状态方程。由于绿辉石在高温低压条件下化学成分不稳定性,其塑性变形实验目前还没有开展过。尽管不少学者对顽火辉石和透辉石进行过单晶和多晶体变形实验并建立了相应幂律方程^[7,13],但是绿辉石与其他类型辉石的流变性质是有明显差异的,因为绿辉石化学成分上富含钠。榴辉岩作为两相矿物组成的多晶集合体与石榴石和绿辉石单晶体流变性质有显著不同。本次实验成果第一次报道了 UHP 榴辉岩流变学参数并建立了幂律流变方程:

$$\dot{\epsilon} = 10^{3.3} \exp(-480\,000/RT) \sigma^{3.4} \quad (4)$$

它为榴辉岩流变学提供了新的实验成果。

(2) 实验结果的应力指数 ($n=3.4$) 表明,榴辉岩塑性变形机制是位错蠕变,这与天然变形榴辉岩和绿辉石和石榴石中位错显微构造和绿辉石晶格优选方位特征是相符的。我们成果表明,在实验条件下至少高于 1 200 °C 以上榴辉岩才开始发生塑性变形。以本次实验建立的幂律方程(1),(4)和

$$\ln \sigma = 1/n(Q/RT + \ln \dot{\epsilon} - \ln A) \quad (5)$$

为基础:计算了天然应变速率 (10^{-14} s^{-1}) 和超高压榴辉岩变质峰期温度 (800~900 °C) 条件下的构造差异应力分别为 60 MPa 和 16 MPa。因此从流变学实验角度来看,大陆碰撞俯冲过程中要产生构造超压的可能性是很小的^[23,24]。

(3) Ji 等^[25] 根据单矿物流变关系提出石英(或斜长石)和石榴石之间有流变强度逆转现象:即在温度低于 700 °C 时,石榴石流变强度比石英流变强度大,当温度高于 700 °C 时石榴石流变强度比石英流变强度弱。我们大量实验有力表明,样品中伴生

石英在大于 900 °C 时,石英流变强度远比石榴石强度弱,前者发生了显著塑性拉长变形,而石榴石仍表现相对刚性体(图 2b),因此实验成果不支持 Ji 等提出的石英和石榴石之间有流变逆转现象。Brook 等^[26] 最近提出石榴石颗粒边界扩散蠕变(GBDC)观点。我们认为榴辉岩或石榴石蠕变不仅取决于变形环境 ($p, T, \dot{\epsilon}$ 成分及其比例、流体、氧逸度等),而且与矿物颗粒大小有密切关系。例如同样成分的多晶钇铝石榴石(YAG)有不同变形机制:5.0~6.3 μm 颗粒的多晶钇铝石榴石集合体具有纳巴罗-赫林(Nabarro-Herring)扩散蠕变 ($n=1.24$),而粗粒单晶钇铝石榴石塑性变形符合位错蠕变 ($n>3$)。事实上,绝大部分天然产出榴辉岩和超高压榴辉岩都是中粗粒结构。因此,大量天然榴辉岩塑性变形位错蠕变构造与我们力学实验资料是相符的。当少量流体或熔体存在时,榴辉岩塑性变形可能涉及一部分动态重结晶恢复作用。

(4) 根据应力—应变曲线(图 3a, c 和图 4) 与 Borch 等^[27] 实验资料对比,上地幔类岩石流变强度(由强→弱)依次如下:石榴石岩→榴辉岩(或方辉橄榄岩)→湿榴辉岩(绿辉石岩)→纯橄榄岩。石榴石岩是迄今上地幔岩石中流变强度最大岩石。榴辉岩作为两相矿物组成的典型岩石代表,它的塑性变形量很大程度上是取决于弱相绿辉石矿物含量的多少。与弱相绿辉石塑性变形有关的强晶格优选方位(LPO)对壳幔过渡带地震波各向异性有重要影响,而石榴石作为高强度相刚性矿物,难以产生较明显的塑性变形。值得注意的是,大别山双河、五庙和东海毛北地区强面理化变形榴辉岩中^[28],石榴石显示明显拉长变形,变形颗粒长短轴比可达到 4:1~2:1。石榴石这种强塑性变形可能与矿物原始结构水含量和后期折返过程退变含水矿物的弱化作用有关;或者与榴辉岩变质之前原岩沉积条带和层状辉长岩条带经变质重结晶作用而成,这些有意义的问题有待进一步研究。

(5) 榴辉岩和方辉橄榄岩流变强度在上地幔浅部是相当的,由于两者耦合协调,在 100 km 左右上地幔发生拆沉可能性很小。而大别山和苏鲁地区的榴辉岩与不同类型岩石(大理岩、长英质片麻岩和超基性岩)共生,在大陆板块碰撞过程的后期是否会产生拆沉作用有待进一步研究。不过从实验角度分析,与上地幔上隆(upwelling)有关的碰撞造山带期后伸展作用对超高压岩石折返更具有重要意义。

致谢:本文全部实验是在加利福尼亚大学(Riv-

erside 分校) 构造物理实验室完成的. 感谢技师 F. Forgit 帮助完成样品加工和精细装置工作. 在实验过程中与 E. Riggs 和 L. Dobrzhinetskaya 博士进行了有意义的讨论.

参考文献:

- [1] Ringwoods A E, Green D H. An experimental investigation of the gabbro-eclogite transformation and some geophysical implication [J]. *Tectonophysics*, 1966, 3: 383—427.
- [2] Green D H, Ringwood A E. A comparison of recent experimental data on the gabbro garnet granulite-eclogite transition [J]. *J Geology*, 1972, 80: 277—288.
- [3] Ito K, Kennedy G C. An experimental study of the basalt-garnet granulite-eclogite transition [A]. In: Heacock J G, ed. *The structure and physical properties of the earth's crust* [C]. Washington D C: Am Geophys Union, 1971. 303—314.
- [4] Kushiro I, Aoki K. Origin of some eclogite inclusions in kimberlite [J]. *Amer Mineral*, 1968, 53: 1347—1367.
- [5] Ater P C, Egger D H, Mc Callum M E. Petrology and geochemistry of mantle eclogite xenoliths from Colorado-Wyoming kimberlites: recycled ocean crust [A]. In: Kornprobst J, ed. *Kimberlites II: The mantle and crust-mantle relationships* [C]. Netherlands: Elsevier Science Publisher, 1984. 309—318.
- [6] Karato S, Wang Z C, Liu B F. Plastic deformation of garnets: systematic and implication for the rheology of the mantle transition zone [J]. *Earth Planet Sci Lett*, 1995, 130: 13—30.
- [7] Ratteron P, Jaoul O. High-temperature deformation of diopside single crystal I. mechanical data [J]. *J Geophys Res*, 1991, 96: 14277—14286.
- [8] Chopin C. Coesite and pyrope in high-grade pelitic blueschists of the western Alps; a first record and some consequences [J]. *Contrib Mineral Petrol*, 1984, 86: 107—118.
- [9] Smith D C. Coesite in clinopyroxene in the Caledonides and its implication for dynamics [J]. *Nature*, 1984, 310: 641—644.
- [10] Xu S, Okey A I, Sengor A M C. Diamond from the Dabie Shan metamorphic rocks and its implication for tectonic setting [J]. *Science*, 1992, 256: 80—82.
- [11] Sobolev N V, Shatsky V S. Diamond inclusions in garnets from metamorphic rocks: a new environment for diamond formation [J]. *Nature*, 1990, 343: 742—746.
- [12] Dobrzhinetskaya L, Green H W, Wang S. Alpe Arami: a peridotite massif from depths of more than 300 kilometers [J]. *Science*, 1996, 271: 1841—1845.
- [13] Kirby S H, Kronenberg A K. Deformation of clinopyroxene: evidence for a transition in flow mechanisms and semibrittle behavior [J]. *J Geophys Res*, 1984, 89(3): 177—192.
- [14] 王清晨, 从柏林. 大别山超高压变质岩的地球动力学意义[J]. *中国科学(D辑)*, 1996, 26(3): 271—281.
- [15] Wang X, Zhang R, Liou J G. UHPM terrane in east central China [A]. In: Coleman R G, Wang X, eds. *Ultrahigh pressure metamorphism* [C]. New York: Cambridge University Press, 1995. 365—390.
- [16] Green H W, Broch R S. A new molten salt cell for precision stress measurement at high pressure [J]. *Eur J Mineral*, 1989, 1: 213—219.
- [17] Tingle T N, Green H W, Young T E. Improvement to Griggs-Type apparatus for mechanical testing at high pressure and temperature [J]. *Pure Appl Geophys*, 1993, 141: 523—543.
- [18] 章军锋, 金振民, Green H W. 大陆深俯冲带中的水: 来自大别山超高压榴辉岩的证据[J]. *科学通报*, 2000, 45(17): 1889—1894.
- [19] 金淑燕, 焦述强. 超高压榴辉岩中绿辉石组构测定及其流变学意义[J]. *地球科学——中国地质大学学报*, 1998, 23(1): 37—40.
- [20] 陈晶, 王清晨. 榴辉岩中石榴石的塑性变形特征[J]. *中国科学(B辑)*, 1995, 25(10): 1116—1120.
- [21] Godard G, Van Roermund L M. Deformed-induced clinopyroxene fabrics from eclogites [J]. *J Struct Geol*, 1995, 17: 1425—1443.
- [22] Cordier P, Ratteron P, Wang Y. TEM investigation of dislocation microstructures of experimentally deformed silicate garnet [J]. *Phys Earth Planet Int*, 1996, 97: 121—131.
- [23] 吕古贤, 陈晶. 构造附加静水压力研究与含柯石英榴辉岩成岩深度测算[J]. *科学通报*, 1988, 43(24): 2590—2620.
- [24] 王清晨, 刘景波, 从柏林. 构造超压能引起超高压变质作用吗[J]. *科学通报*, 1999, 44(21): 2346—2350.
- [25] Ji S C, Martignole J. Ductility of garnet as an indicator of extremely high temperature deformation [J]. *J Struct Geol*, 1996, 7: 985—996.
- [26] Brook B D, Kruhl T H. Short notes: ductility of garnet as an indicator of extremely high temperature; discussion [J]. *J Struct Geol*, 1996, 11: 1369—1373.
- [27] Borch R S, Green H W. Deformation of peridotite at

high pressure in a new molten salt cell; comparison of traditional and homologous temperature treatments [J]. *Phy Earth planet Int.*, 1989, 55: 269—276.

[28] 徐树桐, 刘贻灿, 苏文, 等. 大别山超高压变质带面理化榴辉岩中变形石榴石的几何学和运动学特征及其大地构造意义[J]. *岩石学报*, 1999, 15(3): 321—337.

RHEOLOGICAL STRENGTH OF UHP ECLOGITE FROM DABIE SHAN: EVIDENCES FROM HIGH p - T EXPERIMENTS

Jin Zhenmin^{1,2}, Zhang Junfeng^{1,2}, Green H W², Jin Shuyan¹, Wang Yongfeng¹

(1. *Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074*; 2. *Institute of Geophysics & Planetary Physics, University of California, Riverside, CA 92521, USA*)

Abstract: The authors present here experimental study of the rheological properties of UHP eclogite from Dabie at a pressure of 3 GPa by utilizing the 5 GPa Griggs-type piston cylinder apparatus. The rheological constitutive equation of eclogite is determined with a stress exponent of 3.4, an activation energy of 480 kJ/mol and a pre-exponential factor of $10^{3.3}$. The study shows that: (1) As a typical two-phase rock, the flow strength of eclogite depends on the proportions between the strong phase (garnet) and the weak phase (omphacite); (2) The plastic deformation of eclogite is dominated by dislocation creep; (3) The research result that eclogite has the same strength as does the upper mantle harzburgite suggests that the delamination of the subducting crust component from the underlying upper mantle is unlikely. Therefore, the stretching after the collision orogeny coupled with the upwelling of the upper mantle might play a more important role in the exhumation of UHP rocks.

Key words: UHP eclogite; rheological strength; dislocation creep; high pressure and temperature experiment; delamination; Dabie Shan.