

## ① 东秦岭松树沟蛇绿橄榄岩结构构造及其组构特征

159-162

P588.125

董云鹏 周鼎武<sup>✓</sup> 刘良

(西北大学地质学系, 710069, 西安; 第一作者 27 岁, 男, 博士生)

**A 摘要** 东秦岭松树沟蛇绿岩的橄榄岩结构构造及组构研究表明, 该蛇绿橄榄岩主要经历了 3 期塑性变形的叠加改造, 分别为洋盆扩张阶段以动态重结晶作用为主要特征的塑性变形、蛇绿橄榄岩块底辟侵位于上覆玄武岩过程中的高温塑性变形和蛇绿岩构造侵位过程中的低温塑性变形, 反映了其特征的构造演化过程。

**关键词** 东秦岭; 蛇绿岩; 韧性剪切带; 橄榄石; 组构

**分类号** P545

橄榄岩 变形,  
结构构造,

蛇绿岩中的上地幔橄榄岩变形特征既是窥探上地幔动力学过程的窗口, 也为其构造侵位和变形改造研究提供重要信息。橄榄岩的结构、构造及组构研究, 是探索幔源超镁铁岩形成过程中动力学特征的重要手段之一。在野外构造研究的基础上, 本文主要对东秦岭松树沟蛇绿岩中橄榄岩的结构构造及组构特征进行研究, 为反演秦岭带中一晚元古代洋盆的形成、演化及蛇绿岩构造侵位过程提供了重要信息。

## 1 地质概况

松树沟蛇绿岩出露于秦岭造山带商丹缝合带北侧, 是以逆冲推覆体形式构造成位于早元古代秦岭群变质杂岩南缘之上的洋壳残片。总体形态为扁而长的透镜状, 长约 27 km, 平均宽约 2 km, 呈 NW—SE 向展布于陕西松树沟—河南洋淇沟一线。主要由镁铁质和超镁铁质两大岩类组成, 镁铁质岩以角闪岩、石榴石斜长角闪岩和斜长角闪(片)岩等变质基性火山岩为代表; 超镁铁岩主要由中粗粒纯橄岩、橄质糜棱岩及少量的方辉橄岩和铬铁岩组成, 呈多个规模悬殊的透镜状、饼状无根岩块, 以构造关系夹杂于镁铁质岩中。其中, 最大的超镁铁岩块——松树沟岩块面积约为 20 km<sup>2</sup>, 长达 18.5 km, 呈 NW—SE 向平行于区域构造线展布, 是研究蛇绿橄榄岩的主要对象。

在蛇绿橄榄岩块中发育幔型韧性剪切带, 并以网状交织的糜棱岩带为特点, 反映了深层次上地幔环境的塑性变形特征。在此基础上叠加了中深层次变形的挤压片理, 其后, 在地壳浅层次沿片理面发生多次不同方向的剪切滑动, 而镁铁质岩内部主要发育中深层次的褶皱和片理化等变形构造, 在此基础上叠加浅层次的剪切滑动构造。上述超镁铁质岩和镁铁质岩变形特征的差异性表明, 蛇绿橄榄岩块是在经历了深层次的上地幔塑性变形并形成幔型韧性剪切带之后, 才与镁铁质岩(玄武岩)组合在一起共同遭受透入性片理的叠加改造。结合蛇绿橄榄岩块的地幔残余成因的地球化学特征<sup>[1]</sup>, 及其与变玄武岩(镁铁质岩)的构造接触关系推测松树沟蛇绿橄榄岩块是上地幔部分熔融残余体, 由于洋盆的发展演化及板块的相互作用, 以固体状态底辟侵位于上覆玄武岩中, 共同组成蛇绿岩。在底辟侵位过程中, 蛇绿橄榄岩块

• 国家自然科学基金资助课题

收稿日期: 1995-03-22

发生塑性变形,形成幔型韧性剪切带的主体格架,其后与玄武岩组合在一起,共同接受蛇绿岩构造侵位过程中的挤压变形,形成蛇绿岩内部透入性的片理,并共同遭受了晚期多次脆性变形的叠加改造。

## 2 蛇绿橄榄岩的结构构造特征

在剔除晚期脆性碎裂变形作用叠加改造的基础上,综合研究各个方向切片中橄榄石矿物粒度及晶质流变特征,结果表明松树沟蛇绿橄榄岩的结构主要为糜棱结构和斑状结构。

### 2.1 糜棱结构

主要发育于蛇绿橄榄岩块的强应变带中,由残碎斑晶(5%~15%)和糜棱基质(85%~95%)组成,残碎斑晶主要由橄榄石和少量斜方辉石组成,多为椭圆状或条带状。其长轴定向,平行或近于平行糜棱面理,内部具扭折带、波状消光、带状消光等塑性变形特征,边界参差不齐,常被细粒基质橄榄石包围,构成核幔构造。糜棱基质主要由橄榄石亚颗粒和动态重结晶颗粒组成。在YZ面薄片中,基质橄榄石为近等轴粒状,定向性不明显。在XZ面薄片中,糜棱面理和矿物定向性极为发育,糜棱基质橄榄石多为长条状或条带状,长轴严格定向,平行于糜棱面理,长短轴长之比可达10:1以上,平均约为5:1。应变分析表明,橄榄石动态重结晶作用以拉长型应变为主。结合动态重结晶作用所要求的高温条件(>1 200 °C)推测,橄榄石动态重结晶作用主要是洋盆扩张阶段的上地幔伸展环境中的塑性变形。

### 2.2 斑状结构

主要发育于蛇绿橄榄岩块的弱应变域中。橄榄石粒径大小不一,大者可达5 mm,小者仅0.2 mm,具有较明显的优选方位,波状消光发育,是塑性变形的标志。

## 3 蛇绿橄榄岩组构特征

松树沟蛇绿橄榄岩块中发育幔型韧性剪切带,其主要造岩矿物橄榄石记录了上地幔变形的有关信息。因此,对不同结构的橄榄岩进行组构分析,可为研究蛇绿橄榄岩在地幔中的流变特征,反演蛇绿岩演化过程提供重要信息。

### 3.1 斑状结构橄榄岩中残斑橄榄石组构

弱应变域中斑状结构橄榄岩(X-6)的残斑橄榄石具有明显的组构优选方位,XZ面薄片中残斑橄榄石的Ng[100],Np[010]和Nm[001]组构如附图,X-6所示。

3.1.1 Ng[100]组构 为不完整的大圆环带型,环带平面平行于XZ面,在环带背景上出现近于垂直XY面(糜棱面理)的主极密。同时存在与XY面夹角分别为45°和15°的两个次极密。组构图整体呈单斜对称。

3.1.2 Np[010]组构 呈不完整的大圆环带型,在环带背景上出现与XY面夹角约15°的主极密,并与矿物线理方向小角度相交。同时存在两个与XY面夹角分别为20°和30°的次极密。岩组图整体呈单斜对称。

3.1.3 Nm[001]组构 为点极密型,平行或近于平行Y轴,最高极密值达10%。

### 3.2 糜棱结构橄榄岩中基质橄榄石组构

强应变带中糜棱结构橄榄岩(X-3,X-4)XZ面定向薄片中糜棱基质橄榄石的Ng[100],Np[010]和Nm[001]组构如附图,X-3;X-4所示。

3.2.1 Ng[100]组构 糜棱基质橄榄石的Ng[100]组构为完整的大圆环带型,环带平面平行于XZ面,在环带的背景上出现近于平行X轴和XY面的主极密,并出现与XY面大角度相交的次极密,Ng[100]组构整体呈单斜对称型。

3.2.2 Np[010]组构 糜棱基质橄榄石的Np[010]组构为大圆环带型,环带面平行于XZ面。X-3中的Np[010]环带较为完整,在此基础上出现垂直于糜棱面理(XY面)的主极密,同时,出现与糜棱面理夹角约40°的次极密,对应于Ng[100]组构图中的次极密。X-4中的Np[010]环带不完整,在环带背景

上出现 3 个与糜棱面理夹角分别为  $85^\circ$ ,  $72^\circ$  和  $70^\circ$  的主极密, 同时存在多个与糜棱面理近于平行的次极密。Np[010]组构整体呈单斜对称型。

3.2.3 Nm[001]组构 糜棱基质橄辉石 Nm[001]组构整体为点极密型。在 X-3 中, Nm[001]组构为一严格平行于 Y 轴的点极密。在 X-4 中, Nm[001]组构特点表现为以 Y 轴为中心, 呈小圆环带型分布的多个主极密和次极密, 与 Y 轴夹角不超过  $15^\circ$ 。

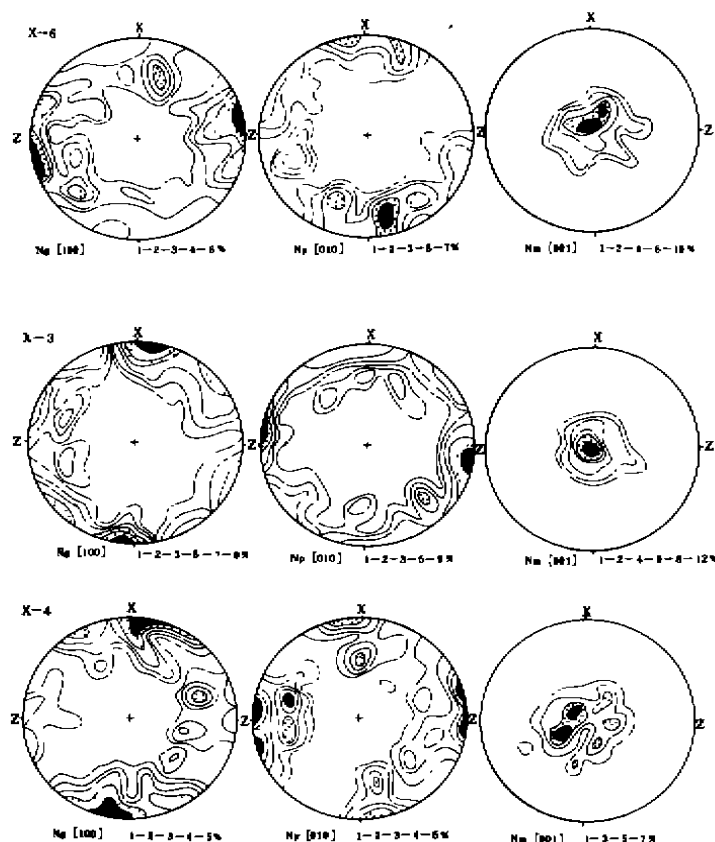
综合研究糜棱岩基质橄辉石的 Ng[100], Np[010] 和 Nm[001]组构特征, 表明橄辉质糜棱岩曾遭受多次塑性变形的叠加改造。Ng[100]形成一个在糜棱面理(XY 面)上的极密部, 表明[100]是滑移方向。Np[010]出现与糜棱面理成高角度的极密, 表明滑移面是(010)面<sup>[2]</sup>, 反映高温组构滑移系为(010)[100]。Nm[001]亦表现为在糜棱面理上的点极密, 表明其滑移方向为[001], 结合 Ng[100], Np[010]

组构特征, 推测其滑移面可能为(100)和(010), 反映低温组构滑移系为(100)[001]或(010)[001]。松树沟蛇绿橄辉岩中糜棱基质橄辉石组构特征及其所反映的滑移系, 相似于 Mercier 和 Nicolas(1976)对夏威夷和法国中央岩体玄武岩中的橄辉岩包体组构研究结果<sup>[3]</sup>。

## 4 讨论与结论

Carter 及 Avé Lallemant(1970)的实验资料<sup>[4]</sup>表明, 橄辉石在不同的温度范围内, 产生不同的滑移系, 从低温至高温, 依次出现 $\{110\}[001]$ ,  $\{0kl\}[100]$ 及(010)[100]滑移系。Nicolas 及 Poirier(1976)<sup>[5]</sup>认为, 在低温( $<800^\circ\text{C}$ )和高应变速率下可观察到(100)[001],  $\{110\}[001]$ 滑移系, 特别情况下有(100)[010]滑移系, 而在较高温度( $>1000^\circ\text{C}$ )和较低应变速率下滑移系为 $\{0kl\}[100]$ , 更高温度( $>1200^\circ\text{C}$ )和更低应变速率下, (010)[100]滑移系占优势。同时, 他们指出(010)[100]和 $\{0kl\}[100]$ 形成于地幔环境, 而 $\{110\}[001]$ 则主要形成于地壳环境。

松树沟蛇绿橄辉岩中糜棱基质橄辉石 Ng[100], Np[010]和 Nm[001]组构综合研究表明, Ng[100]组构滑移系为(010)[100], 是典型的高温滑移系, 形成于上地幔环境, 温度高于  $1000^\circ\text{C}\sim 1200^\circ\text{C}$ 。Np[010]组构滑移系为(100)[010], Nm[001]组构滑移系为(100)[001]或(010)[001], 是低温滑移系, 形成于地壳环境, 温度约为  $600^\circ\text{C}\sim 1000^\circ\text{C}$ 。另外, 在 Np[010]组构中存在近于垂直糜棱面理而平行于 Z 轴的极密部, 而 Nicolas(1973)的实验结果<sup>[6]</sup>表明, 随着应变的增大 Np[010]是向压应力  $\delta_1$  的方向迁移的, 而 Ng[100]则是趋向于平行  $\delta_2$  方向的。据此可推知, Z 轴方向代表了主压应力  $\delta_1$  方向, 亦表明 Np



附图 松树沟蛇绿橄辉岩中橄辉石组构图

Fig. Fabric Diagrams of Olivines in Songshugou Ophiolite

[010]组构的形成与 Z 轴方向的压应力有关。综合野外构造解析认为, Np[010]组构的形成与蛇绿岩构造侵位相关, 糜棱基质橄榄石 Ng[100]组构是测定动态重结晶的基质橄榄石得到的, 所以, 其形成应不早于发生动态重结晶作用的洋盆伸展阶段的洋内剪切变形, 但应早于 Np[010]组构的形成。综合分析认为, 糜棱基质橄榄石的 Ng[100]组构形成于蛇绿橄榄岩块底辟侵位于上覆玄武岩的过程中。

斑状结构橄榄岩的 Ng[100]组构主极密近于垂直 XY 面, 而 Np[010]和 Nm[001]组构极密分别近于平行 X 轴和 Y 轴, 与糜棱结构中基质橄榄石组构极密方位截然不同。这是因为斑状结构橄榄岩采于韧性剪切带的弱应变域中, 其组构更可能反映残存于剪切带内的主变形期前的塑性变形特征, 所以, 其 Ng[100]组构应反映洋盆扩张阶段的洋内剪切变形。在 Ng[100]组构图中出现有一近于平行糜棱面理的次极密, 与糜棱基质橄榄石 Ng[100]组构主极密方位相近, 可能属于同期产物。

综合上述橄榄岩结构构造及组构特征, 可得如下结论。

(1) 松树沟蛇绿橄榄岩块是以固体状态底辟侵位于上覆玄武岩中的上地幔部分熔融残余体。

(2) 蛇绿橄榄岩中发育幔型韧性剪切带, 由线状强应变带和透镜状弱应变域互相交织成网状结构。主要形成于洋盆扩张阶段及蛇绿橄榄岩块底辟侵位过程中。

(3) 蛇绿橄榄岩中发育高温组构和低温组构。高温组构以 Ng[100]为代表, 滑移系为(010)[100], 形成温度高于 1 000°C~1 200 °C, 是上地幔环境的塑性变形, 形成于蛇绿橄榄岩块底辟侵位过程中; 低温组构为 Np[010]和 Nm[001]组构, 滑移系分别为(100)[010], (100)[001]和(010)[001], 形成温度约为 600°C~1 000°C, 形成于松树沟蛇绿岩构造侵位过程中。

### 参 考 文 献

- 1 张泽军. 松树沟超镁铁岩和铬铁岩的微量元素及锶氧同位素地球化学研究. 矿物岩石, 1992, 12(4): 88~94
- 2 何永年, 林传勇, 史兰斌. 构造岩石学基础. 北京: 地质出版社, 1988
- 3 Mercier J C, Nicolas A. Textures and fabric of upper mantle derived peridotites as illustrated by xenolith from basalt. *Jour. Petrol.*, 1975, 16: 454~487
- 4 Carter N L, Avé Lallemant H G. High temperature flow of dunite and peridotite. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1970, 81: 2 181~2 202
- 5 Nicolas A, Poirier J P. *Crystalline Plasticity and Solid State Flow in Metamorphic Rocks*. London: John Wiley & Sons, 1976
- 6 Nicolas A. Ecoulement des peridotites dans Les déformations naturelles et expérimentales. *Bull. Soc. Geol. France*, 1973 (XV): 587~599

责任编辑 张银玲

## Structure-texture and Fabric Features of Peridotites in Songshugou Ophiolite, Eastern Qinling

Dong Yunpeng Zhou Dingwu Liu Liang

(Department of Geology, Northwest University, 710069, Xi'an)

**Abstract** Based on the structural analysis of deformed peridotites in Songshugou ophiolite, the mantle ductile shear zone was discovered, which was superimposed by ductile-brittle and brittle deformations. The structure-texture and fabric features suggest that the ophiolitic peridotites evolved through three phases of plastic deformations. First, the olivines were deformed during the ocean extended, and the dynamic recrystallization is the main mechanism of the plastic deformation. Second, high temperature fabric was formed during the peridotites diapiric emplaced into the overlying basalts. Third, low temperature fabric was formed during the tectonic emplacement of Songshugou ophiolite.

**Key words** eastern Qinling; ophiolite; ductile shear zone; olivine; fabric