

西藏罗布莎蛇绿岩中透镜网络系统的特征及成因

李德威

(中国地质大学 武汉)

摘要 通过对罗布莎蛇绿岩进行详细的构造解析,厘定了造山带蛇绿岩中多种类型、尺度的透镜网络系统,并认为它们是在裂陷海盆向造山带离合转换和镁铁质、超镁铁质岩从上地幔向上地壳固态位移过程中,由部分熔融产生的物性不均一的变质橄榄岩,在中、下地壳塑性挤压状态下发生变形分解的产物。

罗布莎蛇绿岩具有部分熔融程度高、纯橄岩和铬铁矿十分发育、成岩成矿后构造变形十分强烈等特点。多类型、多尺度的透镜网络系统不仅是罗布莎蛇绿岩的主要变形特征之一,而且在构造演化和成矿演化过程中占有重要地位。因而,研究造山带蛇绿岩的变形作用,对于重塑蛇绿岩剖面、分析蛇绿岩生成和肢解的构造过程、搞清豆英状铬铁矿的空间分布规律和成矿演化规律,都具有重要的意义。

1 多尺度透镜网络系统

透镜体化是罗布莎蛇绿岩重要变形方式之一。岩体、岩带、矿带、硅质岩、纯橄岩分离体、铬铁矿体以及变斑晶、豆状矿石等构成多级透镜网络系统,统一于造山初期一定构造层次非均匀缩短变形场中。

1.1 大型透镜体

位于雅鲁藏布江蛇绿岩带东段的罗布莎橄榄岩体是一个大型透镜体(图 1)。受雅鲁藏布江深断裂带的控制,在中生代伸展背景下发育的张性深断裂控制了裂陷海盆的沉积建造和地幔岩侵位。在新生代陆块敛合和高原隆升过程中,深断裂向压扭性转化,导致蛇绿岩的肢解。

罗布莎岩体呈宽缓的“S”形展布于上三叠统一套巨厚的浅变质砂板岩夹少量结晶灰岩和细碧角斑岩的复理石建造与上白垩统海相火山岩、放射虫硅质岩以及第三系磨拉石建造之间。岩体呈长透镜状延伸 30 余 km,中间最宽处约 3km。物探资料显示该岩体为垂向延深有限的无根岩体,中段最深处不超过 5km,向东西两侧急剧减薄至消失。

透镜状岩体被近东西向逆冲断层和北北东、北北西向平移—正断层分割成条块,纵向逆冲断层顺岩性界面发育,主体向北逆冲,导致蛇绿岩剖面层序倒置(图 2)。平移—正断层一方面调节了差异推覆的逆冲岩片,另一方面组成了南北向堑—垒构造,罗布莎Ⅱ—Ⅴ矿群为地堑中心,岩体埋深最大。

地质和物探资料一致表明,罗布莎岩体是雅鲁藏布江构造带中的一个大型构造透镜体,剖面上仅保存透镜状岩体下部楔状残余体,并被多级逆冲断层分割成多组叠覆的似板状、透镜状

断块。反映了造山期雅鲁藏布江边界断裂的活动性和对蛇绿岩的塑性、脆性叠加改造作用。

1.2 中小型透镜体

罗布莎蛇绿岩中包含着大量露头尺度和手标本上可以观察到的构造透镜体,一般见于存在显著物性差的强岩石中,如辉长岩透镜体(图版I—1)、铬铁矿透镜体(图版I—2)、纯橄岩异常体(图版I—3)等。这些透镜体的边缘发育不同程度的线性强应变带,变形带的类型和强度取决于原岩成分和构造部位。在构造含矿杂岩带,以糜棱面理为主,^[1]此外,还有蛇纹片理和构造片理。

透镜状弱应变域与线性强应变带具有成群出现、分段集中的特点,在一定区段上构成透镜网络系统。罗布莎矿区各矿群具有中小尺度上典型的透镜型式(图3)。

分存于罗布莎蛇绿岩中各种透镜体的形态受区域性南北向挤压应力以及透镜体所处的断裂带或剪切带的局部构造应力场的联合控制,透镜体的长轴近东西向,AB面大多向南陡倾。在一定区域范围内,透镜体呈现规律性组

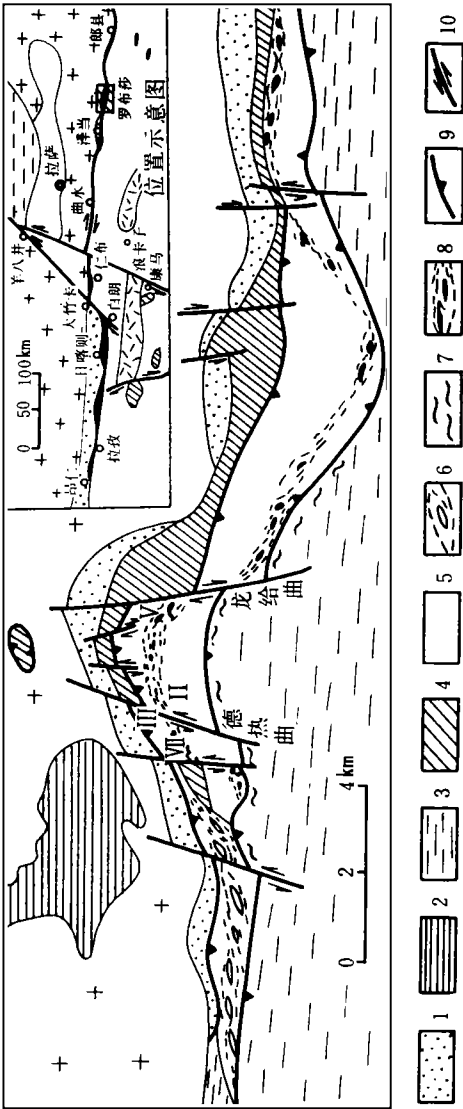


图1 罗布莎地区构造略图

Fig. 1 Tectonic sketch map of the luobusha area
1—第三系,2—上侏罗—下白垩统,3—上三叠统,4—纯橄岩,5—斜辉橄辉岩,6—构造混染岩,7—韧性剪切带,8—构造含矿杂岩,9—逆冲断层,10—平移断层

合,表现为串珠状、分枝状,呈斜列、侧列、平列等多种组合型式。

1.3 微型透镜体

在光学显微镜下,超镁铁质糜棱岩和浸染状铬铁矿(图版I—4)也呈压扁拉长的透镜体,边缘部分是细粒化矿物(主要是橄榄石)构成的强变形带,具有塑性变形,显示出定向结构。

在透射电子显微镜下,变形橄榄石的亚颗粒和边界的位错壁构成微米级的超微透镜网络^[1,2]。亚颗粒内自由位错密度较低,通常小于 10^5 cm^{-2} ,边界位错以网络或条带的形式编成连续的位错壁,造成颗粒边界滑动。随着边界位错的增殖和位错壁的增厚,透镜状亚颗粒进一步细粒化,导致地幔岩发生超塑性流动。

2 透镜体的类型划分

根据透镜体的成生特点、构造特征及其相互关系,将其划分为三种类型,即原生型、次生型和混杂型。

2.1 原生型透镜体(Ⅰ型)

透镜体化岩石是原生成因的,在构造变形前后,没有发生成岩成矿作用。罗布莎蛇绿岩南部透镜体网络带中辉长岩透镜体属于此类。辉长岩透镜与边缘片理带组成结构单一的透镜网络。按排列方式为东西两段,以曲高邦堡南为界。东段透镜体呈左行左阶,西段为右行右阶。可能与南北向挤压作用派生的局部共轭非共轴应力场有关。

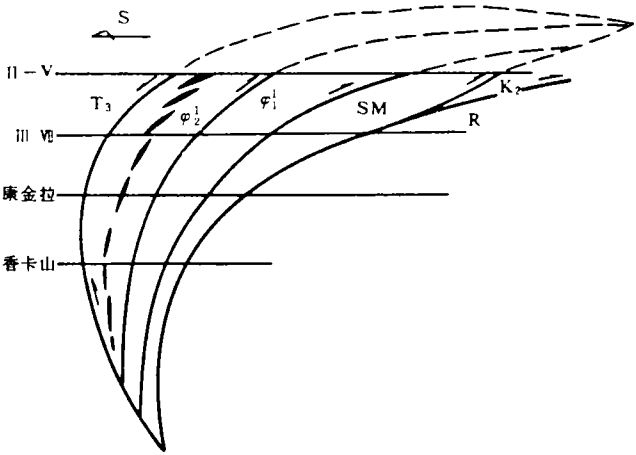


图2 罗布莎蛇绿岩剖面构造型式

Fig. 2 Tectonic forms of the Luobusha ophiolite section

R—罗布莎群, K₂—上白垩统, T₃—上三叠统, φ_2^1 —斜辉辉橄岩, φ_1^1 —纯橄岩, SM—构造混杂岩。实心透镜体代表铬铁矿体, I、II、V、VI 为矿群编号, 水平线代表出露部位

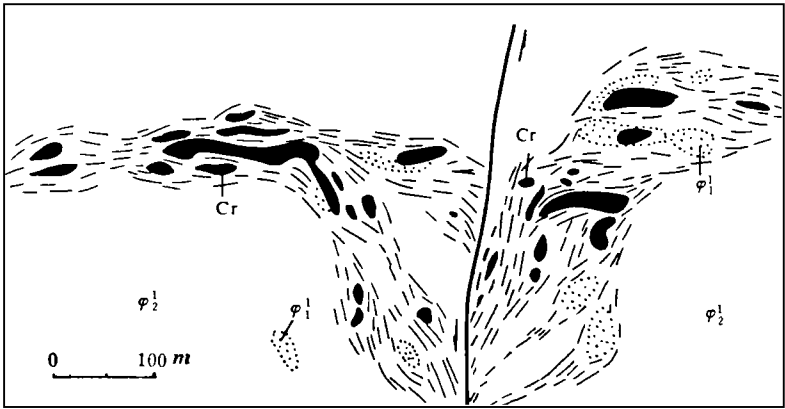


图3 罗布莎Ⅲ矿群透镜网络图

Fig. 3 Lens-network system of Luobusha deposit group III

φ_1^1 —纯橄岩, φ_2^1 —斜辉辉橄岩, Cr—铬铁矿

2.2 次生透镜体(Ⅱ型)

透镜化岩石是在动态条件下形成的新生岩石。在递进变形过程中,由于岩石次生的物质不均一性而发生变形分解作用。罗布莎蛇绿岩中部透镜网络带中纯橄岩分离体(图版 I—3)、豆荚状铬铁矿体(图版 I—2)属于此类。它们与超镁铁质糜棱面理、蛇纹片理和具原生流动构造的新生构造片理一起组成构造含矿杂岩带,具有大量显示韧性剪切的透镜体(图版 I—5)。

这类透镜体是在岩石圈深层次剪切流变状态下,由二辉橄榄岩经部分熔融和动力重融而成的,并在伴随着镁铁质、超镁铁质岩向地壳侵位过程中发生改造。因而,具有同构造成岩成矿和变形的特点。

2.3 混杂型透镜体(Ⅲ型)

在邻近主逆中断后的北部透镜网络带,原生型和部分次生型构造透镜体在后期构造作用下,发生构造混杂作用,形成弱定向和多岩类的混杂透镜体,其中包括辉长岩、硅质岩、纯橄岩、异剥橄榄岩透镜体。它们大小混杂,结构凌乱,边界不清,具有不同程度的碎裂岩化和角砾岩化(图版 I—6)。反映了蛇绿岩体上侵到地壳浅层次叠加的脆性变形。

上述三类透镜网络的变形特征和岩石成分存在显著的差异(表 1),是透镜化过程中变形状态和变形体制的反映。

表 1 透镜网络特征的对比
Table 1 Comparative features of the lens—networks

类 型	特 征	形态	物质组成	岩石结构	变形特点	变形机制
弱 应 变 域 (A)	A _I	透镜状 石香肠状	辉长岩 辉绿岩	自形、半自形 弱定向粒状结构	弱香肠化 波状消光	位错滑移
	A _{II}	透镜状 椭球状 扁豆状	纯橄岩 铬铁矿	自形、半自形 定向粒状结构	透镜化 波状消光变形纹	位错滑移
	A _{III}	不规则状	辉长岩 硅质岩	粒状结构 碎裂结构	碎裂改造和 构造混杂	碎裂作用
强 应 变 带 (B)	B _I	片状 网状	纯橄岩 斜辉橄榄岩	等粒结构	波状消光扭折带	位错滑移 位错攀移
	B _{II}	带状 片状 网状	超镁铁质 糜棱岩 蛇纹岩	糜棱结构 片状结构	亚颗粒、扭折带、 拉伸线理 构造片理	位错蠕变 压溶作用
	B _{III}	角砾状 角斑状	异剥辉石岩 碎裂岩	片状结构 碎裂结构	片理化叠加 碎裂化	碎裂作用

3 透镜网络的变形特征

罗布莎蛇绿岩中不同尺度的透镜网络,具有基本相同的几何结构和构造样式。然而,透镜网络系统中的透镜状弱应变域与线状强应变带之间,存在显著不同的变形特征。

3.1 弱应变域

透镜状弱应变域一般具有如下变形特征:(1)透镜体的中心部位基本上没有发生应变,向边缘方向收缩应变逐渐增强,在边缘出现与透镜体边界呈小角度(一般小于 15°)相交的剪切面理。通过对发育完整的单个透镜体横截面的详细研究,可以重塑递进变形过程中岩石的变形变质序列;(2)透镜体呈块状,其内一般不发育透入性面状构造;(3)尽管透镜体的大小悬殊,但是具有相似的形态比,对于中小型和显微透镜体, $\lambda_1 : \lambda_2 : \lambda_3$ 一般为(2.5—3.1):(1.7—2.3):1;(4)宏观透镜体中发育破裂构造,如节理、裂隙、断层等,常见的是垂直于透镜体长轴方向的张裂面,如辉长岩透镜体中的张节理(图版 I—1)和罗布莎岩体中的横向正断层;(5)岩石基本上保留原岩结构,如辉长岩的辉长结构,纯橄岩异离体的粒状结构、镶嵌结构等。

3.2 强应变带

线状强应变带一般具有如下变形特征：(1)构造变形极强，形成新生透入性面状构造，初始岩浆结构几乎全部消失；(2)构造面理环绕着透镜体发生分叉和联合，构成网状构造格局；(3)具有强烈的塑性变形，有些已达糜棱岩化程度，显示出剪切流变特征；(4)应变量大，一般是透镜体的数倍至数十倍；(5)发生动力变质，岩石矿物成分和结构构造相应地发生变化，形成超镁铁质糜棱岩、蛇纹片岩、滑石菱镁片岩等。

4 透镜网络的成因

4.1 形成条件

在一定构造环境和变形场中形成的透镜网络系统，主要受变形岩石的结构和物质不均一性的制约。罗布莎镁铁质、超镁铁质岩层成层性差、岩性复杂，透镜化与片理化岩石在力学性质上存在着显著的差异。而且，透镜状岩体与变形围岩也表现出上述差异性(表 2)。

表 2 罗布莎地区岩石单轴抗压强度
Table 2 Uniaxial compressive strength of rocks in the Luobusha area

岩 性	取样点	变形特征	样品数	平均抗压强度 (MPa/cm ²)
灰 岩	拉索曲	片理化	3	36.3
板 岩	德热	劈理发育	2	21.5
硅质岩	龙给曲下游	透镜化、角砾化	3	72.4
蛇纹岩	X 矿群	片理化	4	31.6
纯橄岩(分离体)	V 矿群	透镜化	3	68.6
斜辉橄榄岩	I 矿群	面理化	2	54.5
辉长岩	者堡曲	透镜化	3	94.3
浸染状铬铁矿	V 矿群	透镜化、内部片理化	3	107.2
块状铬铁矿	X 矿群	透镜化	4	138.7
构造角砾岩	跟德	角砾化、碎裂化	2	20.1

说明：(1)所测岩石不同程度地受到后期构造(如脆性断裂)的改造，其结果不能代表初始的岩石强度，仅供参考；
(2)对于片理化岩石，均垂直片理施力；(3)由中国地质大学(武汉)工程地质实验室完成测试

4.2 形成环境

4.2.1 变形期

从区域构造背景上来看^[3,4]，雅鲁藏布江蛇绿岩在三叠纪至侏罗纪期间，由于喜马拉雅隆块与冈底斯隆块之间的“陆间海盆”伸展裂陷，地幔物质部分熔融，并沿着张性深断裂带底辟上侵。晚侏罗世至白垩纪发生的地幔伸展性水平韧性剪切作用和壳幔滑脱作用有助于镁铁质、超镁铁质岩进一步向上拆离^[1,2,4]。晚白垩世末至始新世，随着陆块拼合和陆间海盆消亡，在早期伸展背景下形成的镁铁质、超镁铁质岩处于地壳深部挤压状态，非均一化岩石发生差异塑性变形及透镜网络系统。它们在青藏高原隆升过程中，被脆性断裂系统(包括逆冲断层、正断层和走滑断层)所改造。

4.2.2 变形场

排除后期断裂的影响之后，恢复罗布莎地区不同尺度和类型的变形透镜体的长轴(即 A 轴)方向，均为近东西向，与区域构造线相吻合，是近南北向水平挤压的结果。

4.2.3 变形相

透镜网络系统的形成,不仅是先存脉状铬铁矿和部分强岩石透镜化,而且伴有成岩作用。一些透镜体边缘协调分布大量的蛇纹片岩的蛇纹糜棱岩,是在地下水参与下发生变形变质的产物,其均一化温度为 $450\sim 650^{\circ}\text{C}$ 。后者比前者略高,但都是在中部构造层次形成的。它们也控制了透镜网络的发育层位。

4.3 形成机制

透镜网络系统是受物性强度差别的制约,由变形分解作用形成的构造形式。具体而言,罗布莎蛇绿岩中广泛发育的透镜网络系统,是地幔部分熔融的残余物运移到中下地壳,在区域性南北向挤压背景下,由于物性上和应变的不均一而发生变形分解作用,形成上述不同变形组合。

变形分解理论是 Bell 研究变质岩的微观变形后提出来的^[5,6,7]。近年来,许多学者将其应用范围从显微尺度扩大到宏观的造山带^[8,9,10]构造分析中。实际上大陆岩石圈也普遍存在线状强应变带与透镜状弱应变域的规律组合。最近,王绳祖(1993)通过研究地震网络揭示了亚洲大陆岩石圈深层塑性流动网络^[11]。由此可见,在一定的变形和物性条件下,变形分解作用可发生在各种尺度的地质体中,尤其是物性不均一的非层状地质体中。

变形分解作用是指在递进变形过程中,由于地质体结构的不均一性导致应变的不均一性,岩石变形可分解成递进缩短变形分量和递进剪切变形分量^[7]。非共轴递进不均匀变形的地质体自透镜体中心向边缘分解成四个部分(图4):(1)无应变域;(2)以递进缩短应变为主;(3)以递进剪切应变为主;(4)递进剪切应变(图上未标注)。

罗布莎蛇绿岩中各种岩石的力学性质有明显的差异(见表2),又处于造山带内强烈的构造活动带。因而,在岩性不均一的岩带、岩体(岩块)、矿体(矿石和碎斑)中发生多次尺度的变形分解作用。

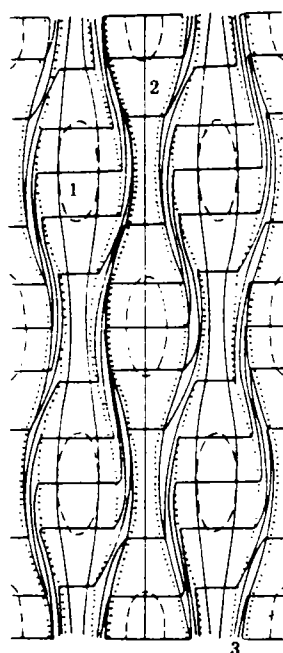


图4 非共轴递进总的非均匀缩短应变场中变形分解作用

Fig. 4 Deformation and decomposition in the total nonhomogeneous shortening strain field non-coaxial progressive

5 结论

(1)本文首次运用变形分解理论解释造山带蛇绿岩中广泛发育的多尺度透镜网络系统,并认为透镜网络系统与岩石圈深层次韧性剪切系统,浅层次脆性断裂系统相并列,是造山带蛇绿岩的重要构造型式之一。

(2)确定透镜网络系统,对于认识蛇绿岩中豆荚状铬铁矿的成矿演化规律具有重要意义。详细的矿田构造解析表明,透镜状铬铁矿体是在脉状铬铁矿体形成后,由变形分解作用改造而成。

(3)透镜网络是蛇绿岩生成和肢解过程中一个重要的变形环节。位于雅鲁藏布江蛇绿岩带东段的罗布莎蛇绿岩,随着特提斯的离合和青藏高原的隆升,经历了地幔韧性剪切作用,中、下

地壳变形分解作用和上地壳脆性断裂作用等三个构造层次的构造变形发展阶段。因而,无论是在构造样式上,还是构造演化上都不可忽视透镜网络系统。

(4) 由于变形分解作用对于认识造山带蛇绿岩的构造变形和成矿规律具有重要意义,因而,在测制各种图件(如地质图、构造图、成矿规律图)时,应该以适当的形式反映多类型、多尺度的透镜网络系统。

6 参考文献

- [1] 李德成,1993,雅鲁藏布江蛇绿岩中橄榄石的位错构造及上地幔流变状态。现代地质,第4期。
- [2] 李德成,1993,雅鲁藏布江蛇绿岩微观型构造特征及变形分带。地学探索,第8期。
- [3] 李德成,1992,喜马拉雅造山带构造不对称演化。地球科学,第5期。
- [4] 李德成,1994,青藏高原构造特征及隆升机制。地球科学,第5期。
- [5] Bell, T. H., 1981, Foliation development; the contribution, geometry and significance of progressive bulk inhomogeneous shortening. *Tectonophysics*, 75, 273—296.
- [6] Bell, T. H., 1985, Deformation partitioning and porphyroblast rotation in metamorphic rocks; a radical reinterpretation. *J. Metamorphic Geol.*, 3, 109—118.
- [7] Bell, T. H., 1986, Porphyroblast nucleation, growth and dissolution in regional metamorphic rocks as a function of deformation partitioning during foliation development. *J. Metamorphic Geol.*, 4, 37—67.
- [8] 马杏垣, 1989, 江苏响水至内蒙满都拉地质断面南北两段的地质观察。地球科学, 第1期。
- [9] 王春增, 1988, 变形分解作用及其研究意义。地质科技情报, 第2期。
- [10] 索书田, 1991, 造山带的变形分解作用。造山带核部杂岩变质过程与构造解析(游振东等著), 中国地质大学出版社。
- [11] 王绳祖, 1993, 亚洲大陆岩石圈多层构造模型和塑性流动网络。地质学报, 第1期。

图版 I 说明

1. I 矿群南侧辉长岩透镜体。
2. IV 矿群豆荚状铬铁矿体(出露上半部)。
3. III 矿群纯橄岩分离体。
4. 透镜状铬尖晶石(+)×40。
5. 铬尖晶石剪切透镜体及边缘强度带(+)×40。
6. 龙给曲上游构造混杂带中构造透镜体。

FEATURES AND GENESIS OF LENS—NETWORK SYSTEMS IN THE LUOBUSHA OPHIOLITE, TIBET

Li Dewei

Abstract

Multi—type and multi—scale lens—network systems in orogenic ophiolites have been determined by means of detailed structural analysis of the Luobusha ophiolite in Tibet. The author holds that they are the product of deformation and decomposition of inhomogeneous metamorphosed peridotite produced by partial melting of the mantle in the compressional plastic state of the middle and lower crust during the process of "opening— and —closing" transformation from a taphrogenic sea to orogenic belt and solid emplacement of mafic and ultramafic rocks from the upper mantle to upper crust.