

西藏罗布莎铬铁矿床的地幔剪切成矿作用^①

李德威

(中国地质大学地球科学学院, 武汉 430074)

摘要 罗布莎豆荚状铬铁矿床产于高度部分熔融和动力重熔的变质橄榄岩中。地幔剪切带不仅控制了铬铁矿的分布, 而且为铬铁矿的形成提供了热动力和构造动力。该铬铁矿床是在晚中生代岩石圈伸展和地幔隆升的构造背景下, 由部分熔融、剪切流变、动力重熔、剪切破裂等多种动力成矿方式综合作用下形成的递进改造式地幔动力矿床。

关键词 地幔剪切带 动力成矿 豆荚状铬铁矿 罗布莎

关于豆荚状铬铁矿床的成因, 众说纷纭, 提出了多种岩浆成矿和地幔成矿模式^[1-4]。然而, 这些研究侧重于成矿建造, 忽视了成矿背景、成矿构造与铬铁矿形成机制之间的内在联系。实际上, 区域构造演化和地幔剪切作用制约了豆荚状铬铁矿的成矿演化。

1 成矿地质背景

罗布莎豆荚状铬铁矿产于藏南阿尔卑斯型橄榄岩体中, 该岩体是喜马拉雅地块与冈底斯地块之间的重大构造边界——雅鲁藏布江蛇绿岩带的重要组成部分。

罗布莎岩体呈透镜状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、细碧角斑岩的复理石建造与上白垩统细碧角斑岩、安山岩、硅质岩、粉砂岩和第三系山间盆地磨拉石建造之间。岩体两侧及其内部各岩带之间均以断层接触。斜辉橄榄岩、纯橄岩和镁铁质岩分别向北不均匀逆冲推覆, 造成蛇绿岩体平面上的弧形结构和剖面上的倒置层序。

罗布莎蛇绿岩体由镁铁质岩石和超镁铁质岩石组成。前者分布在岩体的北侧, 主要是辉长岩和异剥橄榄岩, 被后期脆性断裂改造形成

构造混杂岩带。后者位于岩体南侧, 主要由纯橄岩和斜辉橄榄岩组成, 具有强烈的塑性变形, 是铬铁矿的成矿层位和主要围岩。

2 成矿构造类型

罗布莎铬铁矿具有成带分布、分段集中、雁行排列、成层产出等分布特征。矿田构造研究表明, 在区域构造演化过程中, 蛇绿岩体从岩石圈深层次向浅层次发展而形成的地幔剪切带、透镜网络系统和脆性断裂系统制约了该区铬铁矿的成矿规律。其中地幔韧性剪切带和壳幔过渡区脆—韧性剪切带是主要的成矿构造。

2.1 地幔韧性剪切带

以橄榄石糜棱岩、蛇纹石糜棱岩为特征的幔型韧性剪切带的研究, 是近几年才开展的。目前仅在美国西部 Josephine 蛇绿岩^[5]、英格兰西南部 Lizard 蛇绿岩^[6]、意大利 Alpine 缝合带^[7]和雅鲁藏布江蛇绿岩^[8]中发现地幔韧性剪切带。至于地幔韧性剪切带与豆荚状铬铁矿之间的密切关系, 尚未见报道。

罗布莎地幔韧性剪切带位于蛇绿岩剖面的中下部, 由数厘米至数十米厚的超镁铁质糜棱岩组成^[8], 总体上顺层展布, 控制了主铬铁矿

① 地矿部矿床资源定量预测与勘查评价开放实验室资助项目
李德威, 男, 34岁, 教授

带的分布,受到后期脆性断裂不同程度的改造,是构造含矿杂岩带的主体组成部分。

超镁铁质糜棱岩以塑性流变的橄榄石定向排列为特征,发育糜棱面理和矿物拉伸线理。橄榄石斑晶呈丝带状、长条状和透镜状,在TEM下可观察到多边形亚颗粒,具有典型的糜棱结构(图1,2)。橄榄石糜棱岩中矿物拉伸线理的倾伏方向(SE160°~170°)与糜棱面理的倾向基本一致,也与S-C组构和旋转碎斑系指示的剪切方向一致。地幔韧性剪切带具有近北向顺层剪切和面状伸展的构造性质。

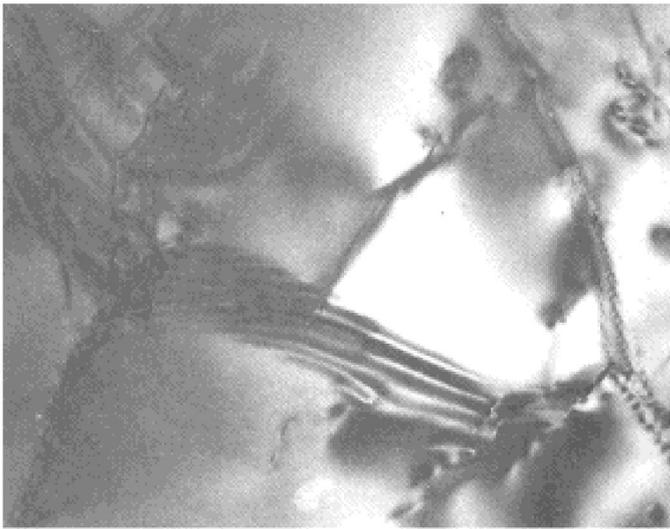


图1 罗布莎超镁铁质糜棱岩中变形橄榄石的亚颗粒(TEM)

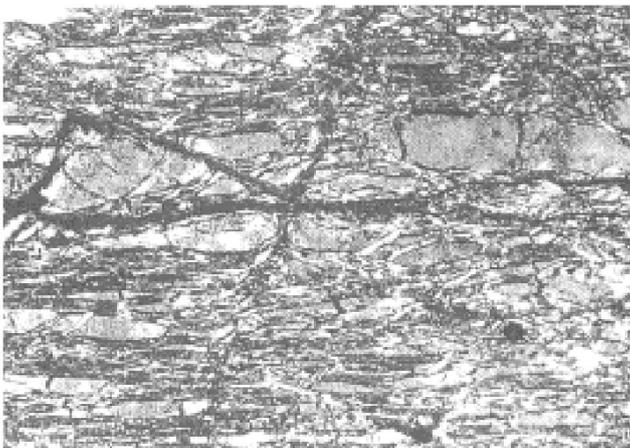


图2 罗布莎橄榄石糜棱岩, (+), ×40

罗布莎浸染状铬铁矿受地幔韧性剪切带的控制。豆状、长条状、纹带状铬铁矿平行于糜棱面理定向分布(图3),显示出顺层流动特征。

剪切流变强度梯度导致矿化分带,在强应变带铬尖晶石大量聚集,显著拉长,强烈定向(图3下部),反映铬铁矿早期成矿阶段的剪切富集。在地幔剪切成矿过程中,初步富集的铬尖晶石发生同构造剪切变形,形成旋转碎斑系(图4),是地幔韧性剪切带的重要指向标志。

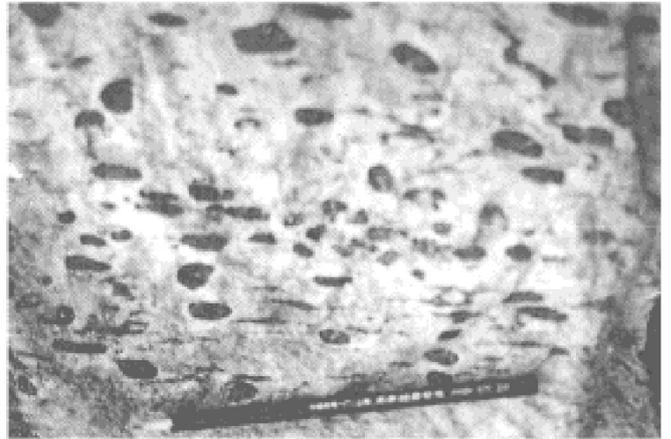


图3 罗布莎地幔剪切带中定向排列的铬铁矿

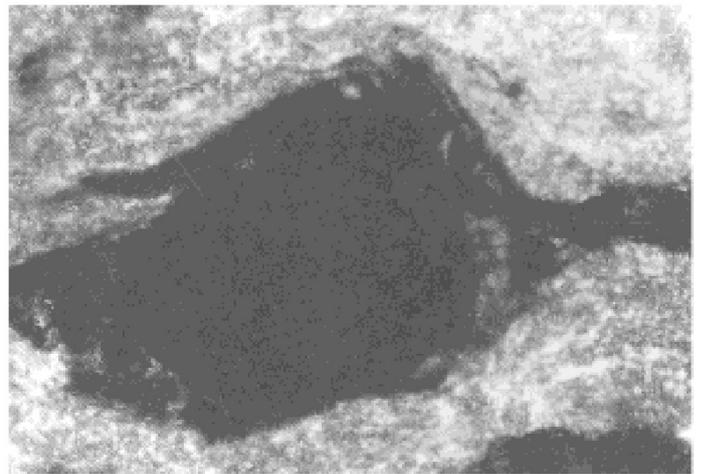


图4 罗布莎地幔剪切带中铬铁矿旋斑(+), ×40

2.2 壳幔过渡区脆—韧性剪切带

构造含矿杂岩带中主铬铁矿体呈长条状、透镜状、似脉状,与围岩呈截然清楚的构造接触。透镜状矿体周围协调分布数厘米至数十厘米厚的构造片理,构成透镜网格系统。它们是在成矿后的造陆阶段和造山阶段地幔橄榄岩上升过程中,由于物性和应变的不均一性而发生变形分解作用的产物^[9]。在后期构造改造较弱的含矿地段,透镜体化不明显,仍保留初始的脉状矿体(图5),它们是在主期成矿阶段含铬

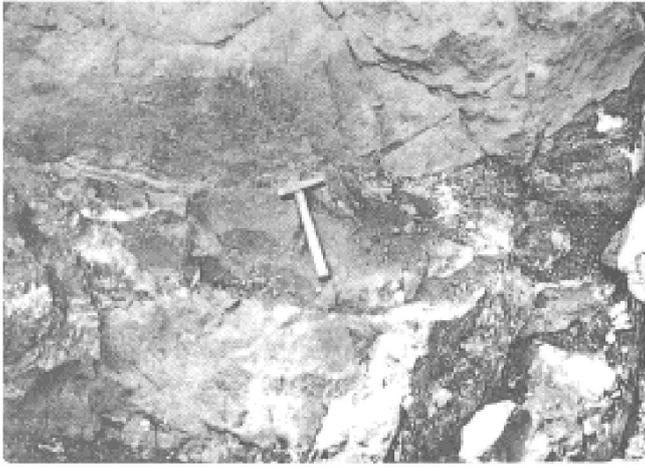


图5 脉状铬铁矿

流体贯入裂隙形成的。

罗布莎地区矿化具有分带性, 在矿石结构和成矿温度上呈规律性变化。主矿体以块状矿石为主, 成矿温度为 650~ 900 °C。从矿体向围岩方向, 矿石结构由稠密浸染状 → 中等浸染状 → 稀疏浸染状, 成矿温度也逐渐增加。块状矿体与浸染状矿化带呈明显的叠加关系, 它们分别受控于不同的成矿构造: 壳幔过渡区脆-韧性剪切带和地幔韧性剪切带。

罗布莎铬铁矿区主要矿体的剖面综合投影

(图6)表明: 透镜化改造的脉状铬铁矿体叠加在地幔韧性剪切带之上, 呈雁行式排列, 构成脆-韧性剪切带。如果消除新特提斯会聚过程中构造压扁作用引起脉状矿体的位态调整, 铬铁矿体基本上沿脆-韧性剪切带的主张裂隙分布。恢复其初始状态, 反映了地幔韧性剪切带在地幔隆升过程中, 在壳幔过渡带叠加同向剪切的脆-韧性剪切带, 地幔韧性剪切带中初步富集的含铬流体在地幔底辟上侵和地壳伸展减薄过程中贯入脆-韧性剪切带的主张裂隙, 形成具有块状结构的脉状矿体。在其后的构造演化过程中, 脉状矿体发生塑性和脆性改造。

3 动力成矿机理

在青藏特提斯构造演化过程中形成的罗布莎铬铁矿床, 具有显著的动力成矿特征。其成矿机理主要体现在矿质来源、矿质迁移及其赋存空间、成矿过程和成矿环境等方面, 可概括为成矿源、成矿场、成矿期和成矿相。

3.1 成矿源

统计结果表明(表1), 罗布莎铬铁矿与地幔橄榄岩具有同源化学组分。从斜辉橄榄岩和

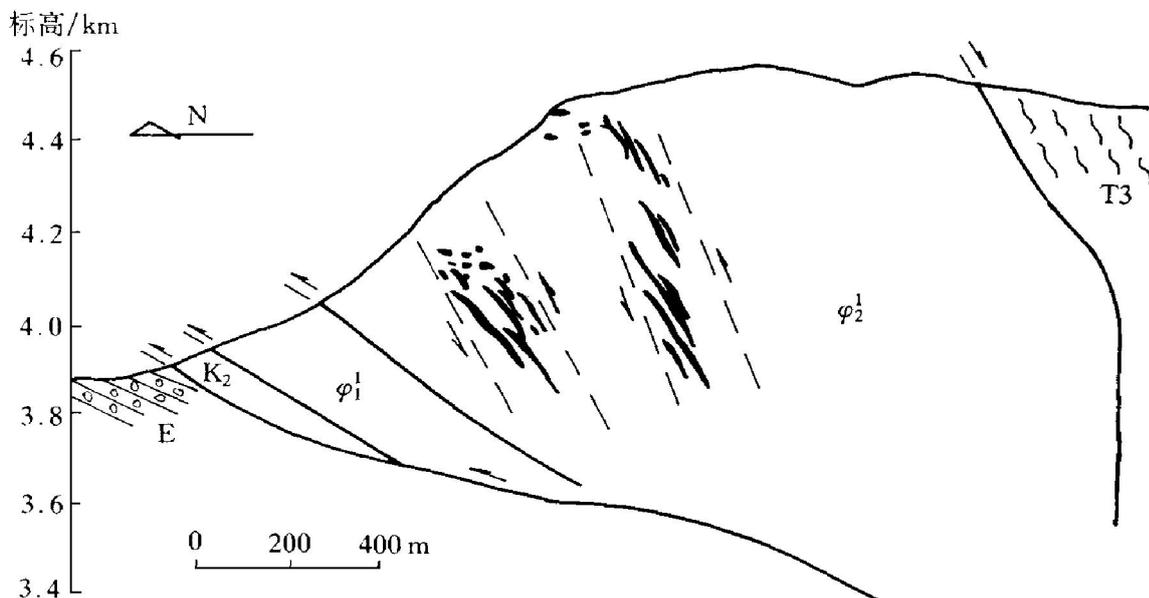


图6 罗布莎主要铬铁矿体剖面投影图(据西藏地矿局第二地质大队勘探资料编制)

E—第三系砾岩; K₂—上白垩统; T₃—上三叠统; φ₁—纯橄岩;
φ₂—斜辉橄榄岩; 虚线—剪切带; 实线—断层; 粗线(点)—矿体

表1 罗布莎岩石化学统计结果(%)

岩性	样品数	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Cr ₂ O ₃	MgO	CaO	TFe	RFe
斜辉橄榄岩	223	40.72	0.96	1.54	6.29	0.44	42.60	1.11	8.53	0.20
纯橄岩	39	39.94	0.32	1.61	6.03	0.47	45.57	0.37	8.31	0.21
贫铬铁矿	50	5.79	9.56	4.09	8.25	52.09	18.06	0.42	13.25	0.33
富铬铁矿	56	2.48	11.30	4.75	7.93	56.21	16.49	0.24	13.56	0.37

(据西藏地矿局第二地质大队资料进行统计)

纯橄岩向贫铬铁矿(主要为受地幔韧性剪切带糜棱面理控制的浸染状铬铁矿)再向富铬铁矿(主要为受脆-韧性剪切带裂隙系统控制的、被成矿后强烈的挤压作用改造的透镜状铬铁矿体), Al₂O₃、Cr₂O₃、Fe₂O₃ 的含量增加, 而SiO₂、MgO 含量减少, 说明成矿物质来自上地幔的部分熔融和动力重熔。在这个成岩成矿系列中, 高价铁的增加, 反映了铬铁矿富集过程是岩石圈深部向浅部转换的成矿演化过程, 并与该区构造层次和构造相转换保持一致。

3.2 成矿场

成矿场与变形场的关系十分密切。罗布莎铬铁矿在其成矿演化过程中, 至少经历了三种变形场, 即侵位流动场、韧性剪切变形场和脆-韧性剪切变形场。铬铁矿形成之后, 又在塑性挤压变形场和脆性断裂变形场中发生改造。

侵位流动场位于新特提斯伸展裂陷海盆上地幔中, 岩浆房顶部晶粥状分异物质处于粘流状态, 按流体力学和热力学规律流动, 形成面状和线状流动构造。分异的铬尖晶石定向聚集, 开始排列成纹带状, 显示出流动特征。

韧性剪切场位于上地幔的顶部, 处于近水平的伸展剪切固态流变状态。铬尖晶石在地幔韧性剪切变形场中剪切富集、不断增生, 往往构成雪球状构造和旋转碎斑系(图4)。

在韧性剪切场中, 由于应变连续性和面理透入性, 尽管有大量的含铬流体流动和剪切富集, 但矿化仍然较分散, 而且规模不大。随着地幔隆升和壳幔拆离作用的加剧以及流体孔隙压力的作用, 地幔韧性剪切带内叠加的脆-韧性剪切带周期性应力集中和释放产生的裂隙系统, 增加了岩石的渗透率, 开拓了容矿空间。地幔韧性剪切带中初步富集的含铬流体在

温压梯度和应力梯度驱动下贯入脆-韧性剪切变形场的裂隙中, 形成脉状铬铁矿体。

3.3 成矿期

成矿构造序列分析表明: 罗布莎铬铁矿的成矿演化经历了十分复杂的构造过程^[10]。总体来说, 成矿期是处于新特提斯伸展裂陷环境的中生代, 在上地幔顺层剪切带中发生剪切动力成矿, 包括两个成矿阶段, 即早期地幔韧性剪切、矿质初步富集阶段和晚期(或主期)脆-韧性剪切叠加、改造成矿阶段。矿床改造期是处于陆块焊接、挤压收缩、高原隆升的新生代, 铬铁矿与其母岩及载体一起, 在向地壳固态就位过程中发生塑性和脆性改造, 导致矿体的透镜体化和碎裂岩化。

3.4 成矿相

罗布莎铬铁矿床的构造特征、矿化特征和物化特征反映了地幔剪切流变成矿相, 可进一步划分为地幔熔融流动成矿亚相、地幔韧性剪切成矿亚相和壳幔过渡区脆-韧性剪切成矿亚相。它们是在成矿构造演化过程中, 受构造层次转换制约的铬铁矿成矿亚相系列。这种成矿亚相的转换也就是铬铁矿的矿化富集过程。

4 动力成矿模式

罗布莎豆荚状铬铁矿形成于新特提斯裂陷及其相关的地壳伸展、地幔隆升、壳幔拆离构造环境中。伸展降压构造环境和高温剪切流变状态有利于地幔岩的部分熔融和橄榄岩的动力变质, 产生成矿物质和容矿岩石。壳幔拆离作用和脆-韧性剪切作用有利于地幔派(衍)生物质的动力重熔和矿质迁移、富集。

构造成矿相和构造变形方式的转化制约了

成矿物质的散聚规律和成矿演化过程。在中生代岩石圈伸展背景下发生的地幔熔融流动、地幔韧性剪切、壳幔脆-韧性剪切是一个降温降压过程,也是铬铁矿的矿化富集过程。这种复杂的成矿构造演化造就了不同类型的铬铁矿。首先是在熔浆流动状态下发生的分散型矿化,包括在地幔底辟过程中产生的结晶分异型矿化和由地幔部分熔融作用产生的熔离渗滤型矿化。然后是上地幔近水平的韧性剪切作用使先存分散的矿质向强烈变质的地幔韧性剪切带迁移,形成韧性剪切型矿化。其后,在地幔隆升过程中,应变硬化的超镁铁质糜棱岩发生剪切破裂和水压破裂,在地幔韧性剪切带中叠加脆-韧性剪切带。剪切带中富含挥发份的含铬矿液贯入具有低压空间的裂隙系统,形成具有工业价值的脉状铬铁矿。

上述不同成因类型的铬铁矿具有显著不同的地质特征和矿化特征^[11]。继这种构造动力改造成矿之后,罗布莎铬铁矿在新生代新特提

斯消减和青藏高原隆升过程中发生强烈的塑性和脆性改造,形成豆荚状、透镜状、碎裂状、粉末状铬铁矿。最终,铸成造山带蛇绿岩型铬铁矿的复杂面貌。

参考文献

- 1 王恒升、白文吉. 中国铬铁矿床及成因. 北京: 科学出版社, 1983.
- 2 Bernard L L *et al.* J Petrol. 1982, 23: 103- 125.
- 3 Thayer T P. Econ Geol, 1969, 4: 132- 146.
- 4 Ceuleer G, Nicolas A. Mineral Deposits, 1985, 20: 177- 185.
- 5 Norrell G T. Geol Soc Am Bull, 1989, 101: 673- 682.
- 6 Gibbons W, Thompson L. Geology, 1991, 19: 1009 - 1012.
- 7 Vissers R C M *et al.* Geology, 1991, 19: 990- 993.
- 8 李德威. 地球科学-中国地质大学学报, 1994, 19(4): 455 - 460.
- 9 李德威. 中国区域地质, 1995, (1): 50- 56.
- 10 李德威. 现代地质, 1995, 9(4): 450- 458.
- 11 李德威, 地质找矿论丛, 1994, 9(2): 41- 51.

MANTLE SHEAR MINERALIZATION OF LUOBUSHA CHROMITES, TIBET

Li Dewei

Faculty of Earth Sciences,

China University of Geosciences, Wuhan 430074

ABSTRACT The Luobusha podiform chromites locate at metamorphic peridotites that show partial melting and dynamic remelting. The mantle shear zones not only control distribution of the chromites, but also provide heat source and tectonic dynamics. The chromites are progressive reworking type mantle deposits formed by shear flow, partial melting, shear fracture and dynamic remelting in the tectonic setting of Mesozoic lithospheric extension and mantle uplift.

Key words mantle shear zone dynamic mineralization podiform chromite Luobusha

(编辑 何学锋)