

遵化蛇绿混杂岩带中豆荚状铬铁矿的构造特征*

Structural Characteristics of Podiform Chromites in Zunhua Archaean Ophiolite Melange Belt

黄雄南 李江海 牛向龙 冯军 陈征

(北京大学地球与空间科学学院地质学系, 北京 100871)

Huang Xiongnan, Li Jianghai, Niu Xianglong, Feng Jun, Chen Zheng

(Geology Department, Peking University, Beijing 100871, China)

摘要 遵化新太古代蛇绿混杂岩带内的铬铁矿具有诸如纯橄岩包壳、瘤状(豆状)结构、环状结构等典型的豆荚状铬铁矿的结构和构造,而且还发育有反映高温塑性流动的韧性变形构造,例如拉分构造、褶皱、条带状构造和糜棱构造等。在已知的可能的太古宙蛇绿岩中,豆荚状铬铁矿很少被报道。遵化的豆荚状铬铁矿的存在证明华北存在太古宙蛇绿岩,并且是在 25 亿年前形成于上俯冲带的环境中的。

关键词 新太古代 蛇绿混杂岩带 豆荚状铬铁矿 构造

豆荚状铬铁矿是指具有纯橄岩包壳的不规则形状的铬铁矿矿体(Thayer, 1964; Leblanc et al., 1992), 主要出现于方辉橄榄岩型的蛇绿岩(相当于中等—快速扩张洋脊, 单向扩张速度 2 cm/a)内, 大多出现在岩石学莫霍面(蛇绿岩的堆积岩与地幔橄榄岩的界面)以下 1~2 km 范围内的方辉橄榄岩中; 在平面上的位置为离散边缘(扩张洋脊中心)、上俯冲带(弧后盆地及岛弧)或者转换断层的下部, 与地幔底辟关系密切(Leblanc et al., 1992), 被认为是蛇绿岩特征的矿产之一。世界上典型的豆荚状铬铁矿分别报道于古巴、纽芬兰、日本、新喀里多尼亚、哈萨克斯坦、菲律宾、澳大利亚、印度、巴基斯坦、伊朗、土耳其、阿尔卑斯山、阿曼、西班牙、希腊、阿尔巴尼亚、南斯拉夫、芬兰、埃及、沙特阿拉伯、摩洛哥、埃塞俄比亚及我国西藏、新疆、内蒙古等地的蛇绿岩中(Ahmed et al., 2001; Melcher et al., 1997; Moreno et al., 2001; Leblanc et al., 1992; Proenza et al., 1999; Tamayo et al., 2001; 鲍佩声等, 1999)。

豆荚状铬铁矿的岩浆结构(矿物结构)有豆状(瘤状)(nodular)、豆壳状(orbicular)、滞留硅酸盐矿物结构(occluded silicate texture)(反环状、网状等)、浸染状、均匀块状, 其中豆状、豆壳状是豆荚状铬铁矿所特有的。豆荚状铬铁矿常显示高温变形特征, 包括拉分构造、拉长(压扁)网孔构造、拉伸浸染状构造、线理构造、条带状构造和褶皱等, 铬铁矿变形主要通过橄榄石的高温塑性流动完成, 反映了大洋上地幔层次的强烈构造变形特点。

豆荚状铬铁矿是蛇绿岩中的独有现象(Leblanc, 1992)。由于豆荚状铬铁矿特有的高温稳定的物理化学性质, 能在经受强烈变形、变质的蛇绿岩中得以保存, 这对在其强烈构造变形的前寒武纪老基底中寻找蛇绿岩意义重大。

近来, 在前人工作的基础上, 经过本文作者广泛研究、对比典型豆荚状铬铁矿, 发现在遵化北部发育有一套蛇绿混杂岩, 其组成包括含豆荚状铬铁矿纯橄岩在内的超镁铁质岩石和镁铁质岩石, 以构造透镜体形式出现在层状的片麻岩中。

* 北京大学 985 项目, 国家自然科学基金项目(编号: 49832030)资助

第一作者简介 黄雄南, 男, 在职博士, 主要研究早前寒武纪地质学和高压变质岩石学、大陆基底构造和蛇绿岩。

1 区域地质

本文工作区在遵化以北，属于遵化片麻岩构造带，是由大面积的 TTG 杂岩和其中的表壳岩残留体组成的。变质表壳岩组合包括斜长角闪岩、石榴石斜长片麻岩、变粒岩以及大量的层状磁铁矿石英岩，变质相达到角闪岩相（850~750℃），主要是一套基性火山岩建造，稀土模式图主要显示出 TH1、TH2 拉斑玄武岩特征，有少量碱性玄武岩，TH1 型的稀土模式图是与蛇绿岩的地球化学特征是一致的。本区 TTG 杂岩主要是英云闪长岩和奥长花岗岩，有少量花岗岩和花岗闪长岩。英云闪长岩和奥长花岗岩主要是高铝型的（大陆），是玄武岩部分熔融产物。在本区片麻岩中有大量的超镁铁岩透镜体，岩石主要为纯橄岩、斜辉辉橄岩、橄橄榄岩、辉石岩和辉长岩。而橄橄榄岩等超基性岩内赋存的铬铁矿，具有豆荚状铬铁矿的特点。

2 豆荚状铬铁矿的构造特征

遵化蛇绿混杂带的豆荚状铬铁矿具有典型的蛇绿岩型铬铁矿的特征。矿体的大小和形状变化很大，有层状、透镜状、杆状和不规则形状，厚度在 10 m 到 1 mm 之间，通常具有一层纯橄岩外壳，其厚度变化在 1 mm 至 1 m 之间，符合经典的豆荚状铬铁矿的定义（Thayer, 1964; Leblanc et al., 1992）。铬铁矿主要由铬尖晶石组成，尖晶石通常有单斜辉石、橄橄榄石、角闪石、金云母等包体矿物，常蚀变成蛇纹石、绿泥石、绢云母和碳酸盐矿物的组合，铬尖晶石颗粒间被橄橄榄石和少量单斜辉石、斜长石（这些矿物组合一般被蚀变，难以保留）充填。铬铁矿具有瘤状（豆状）结构、环状结构、浸染状结构、块状构造和滞留硅酸盐矿物结构（如图 1）。瘤状结构和环状结构的铬铁矿中通常由它形的铬尖晶石组成，而在浸染状结构和滞留结构中

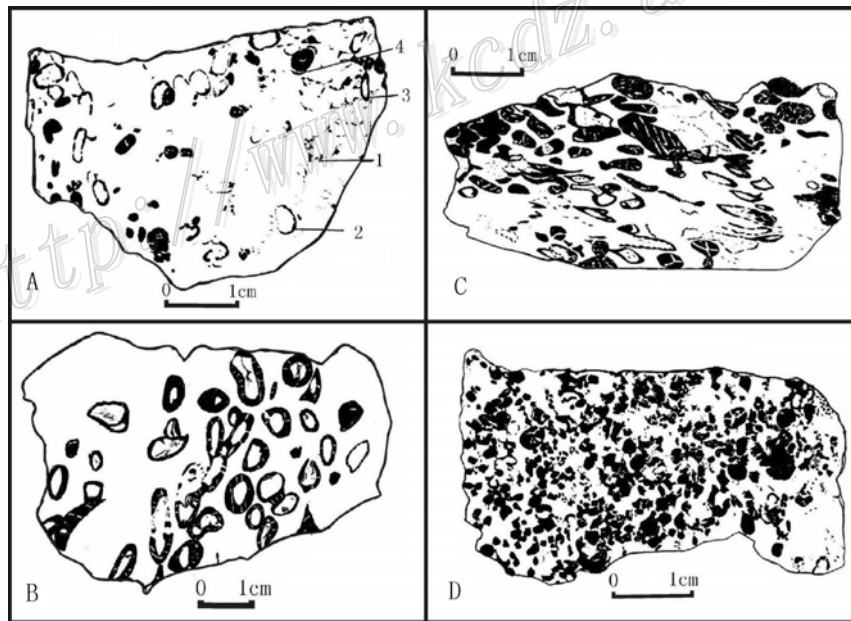


图 1 遵化豆荚状铬铁矿的典型结构素描

黑色—铬铁矿，白色—蛇纹石化橄橄榄岩。图 A 中：1—浸染状结构；2、3—环状结构；4—瘤状（豆状）结构；图 B—环状结构的铬铁矿；

图 C—面理化铬铁矿，其中的瘤状、环状铬铁矿都发育了拉分构造；图 D—弱面理化铬铁矿，瘤状铬铁矿发生脆性破裂

以自形晶为主。部分瘤状的铬铁矿显示出定向、分选和相互挤入等典型的岩浆堆积特征。在一些手标本上可以观察到瘤状（豆状）结构的铬铁矿形成的豆荚构造具有尖端状的分支伸入纯橄橄榄岩中（图 2），表明是

岩浆成因的产物。

在露头 and 手标本，包括瘤状结构、环状结构和致密块状的铬铁矿上都可以观察到发育拉分构造，即垂

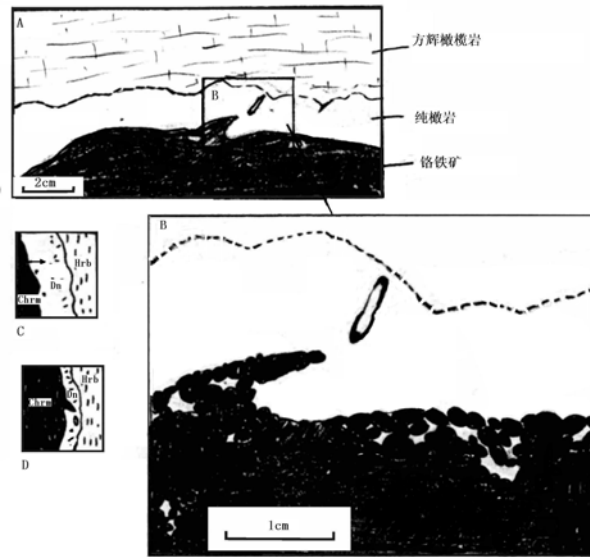


图2 豆荚构造素描

A— 豆荚状铬铁矿的岩浆侵入构造和纯橄岩包壳构造；B—A 的局部放大，显示出铬铁矿矿液向纯橄岩侵入结晶的特征，铬铁矿的结构为紧密堆积的豆状结构，向纯橄岩包壳伸出的尖端有环状结构的铬铁矿；C、D—豆荚构造形成的模式图，C 中的箭头表示矿液迁移结晶方向（其中 Chrm—铬铁矿，Dn—纯橄岩，Hrzb—方辉橄榄岩）

直面理和线理方向，铬铁矿出现张性裂隙直至破碎成细小颗粒，而橄榄石充填裂隙并且塑性变形（拉长、残斑形成眼球构造等）。在一些滞留硅酸盐矿物结构和浸染状结构中，橄榄石发生塑性变形，剪切拉长，

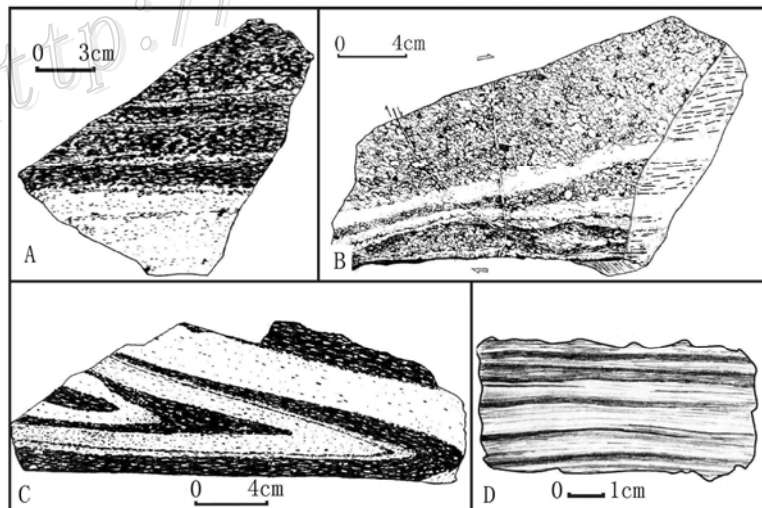


图3 遵化铬铁矿高温变形构造素描

黑色为铬铁矿，白色为蛇纹石化橄榄岩。图 A 中浸染状的铬铁矿遭受剪切变形，面理化；图 B 铬铁矿为浸染状、滞留硅酸盐矿物结构（锐尖晶石包围椭圆形硅酸盐矿物集合体，形成类似网状的结构）。橄榄石发生塑性变形，橄榄石集合体由被压扁到发生片麻理化；图 C 为发生褶皱的铬铁矿；图 D 为糜棱岩化铬铁矿。

形成条带状构造、褶皱或者片麻理构造甚至糜棱构造(图3),反映了地幔层次的高温的塑性变形特点。

3 大地构造意义

对于豆荚状铬铁矿的成因构造环境,一般有两种观点:① 80年代末Nicolas等人根据阿曼、新喀里多尼亚等地蛇绿岩及豆荚状铬铁矿的野外构造研究,认为豆荚状铬铁矿形成理想的构造环境是大洋中脊或者弧后盆地扩张中心的方辉橄榄岩上地幔,并且很好地解释了豆荚状铬铁矿产状和构造变化的规律,而近年来在赤道东太平洋洋脊的深海钻探中获得了豆荚状铬铁矿的样品(Arai et al., 1998),证实了他们的观点。② 近来地球化学的研究表明许多蛇绿岩形成于超俯冲带(Supra-subduction zone)的小洋盆环境,纯橄岩及豆荚状铬铁矿的岩石学特征($Cr^*/(Cr+(Cr+Al))$ 比值大于0.6, $w(TiO_2)<0.3\%$ 和地球化学特征支持它们的岩浆来源于超俯冲带的高镁玻安岩、高镁安山岩和高镁的岛弧拉斑玄武岩,而且豆荚状铬铁矿内常见的含水硅酸盐矿物包体也说明可能是板块俯冲产生的流体的影响。最直接的地质证据是在日本岛弧西南部的碱性玄武岩内发现有豆荚状铬铁矿捕虏体,证明了日本岛弧原地上地幔存在豆荚状铬铁矿(Arai et al., 1994)。

遵化蛇绿混杂岩中的铬铁矿有纯橄岩包壳,具有瘤状(豆状)、环状结构,相当数量的铬铁矿发育拉分构造、褶皱、面理化和糜棱岩化构造等反映高温高压条件下的塑性变形的特征,这些现象与典型的蛇绿岩中的豆荚状铬铁矿的特点是相符合的,是遵化蛇绿岩的确切证据,并且说明遵化蛇绿岩可能形成于超俯冲带环境(弧后盆地或者岛弧)或者快速扩张洋脊(Zhou et al., 2001; Arai et al., 1995; Nicolas et al., 1991)。

参 考 文 献

- 鲍佩声,王希斌,彭根永等.1999.中国铬铁矿床[M].北京:科学出版社.98~142.
- 张秋生,杨振升,高德玉,等.1991.冀东金厂峪地区高级变质区地质与金矿床[M].北京:地质出版社.
- 张贻侠,叶挺松,阎鸿铨,等.1986.冀东太古代地质及变质铁矿[M].中化人民共和国地质矿产部地质专报(区域地质),第6号.北京:地质出版社.
- Ahmed A. H., Arai S., Attia A. K. 2001. Petrological characteristics of podiform chromitites and associated peridotites of the Pan African Proterozoic ophiolite complexes of Egypt[J]. Mineralium Deposita, 36: 72~84.
- Arai, S., Matsukage, K. 1998. Petrology of a chromitite micropod from Hess Deep, equatorial Pacific: a comparison between abyssal and alpine-type podiform chromitites[J]. Lithos 43: 1~14.
- Arai, S., Yurimoto, H. 1995. Possible sub-arc origin of podiform chromitites[J]. The Island Arc, 4: 104~111.
- fluid inclusions in Chromite[J]. Journal of Petrology, 38(10):1419~458.
- Leblanc M., Nicolas A. 1992. Ophiolite chromitites[J]. International Geology Review, 34(7):653~686.
- Melcher, T., Crum, W., Simon, G., et al. 1997. Petrogenesis of the ophiolitic giant chromite deposits of Kempirsai, Kazakhstan: a study of solid and
- Moreno, T., Gibbons, W., Prichard, H.M., et al. 2001. Platiniferous chromitite and the tectonics setting of ultramafic rocks in Cabo Ortegal, NW Spain[M]. Journal of the Geological Society, London, 158, 601~604.
- Nicolas A., Al Azri H., 1991. Chromite-rich and chromite-poor ophiolite: The Oman case. Ophiolite genesis and evolution of the oceanic lithosphere(proceedings of the ophiolite conference, held in Muscatt, Oman, 7-18 January 1990), edited by Peters T.J., Nicolas A. and Coleman R.G. 261~274.
- Prozenza, J., Gervilla, F., Melgarejo, J.C. et al. 1999. Al- and Cr-rich chromitites from the Mayari-Baracoa ophiolitic belt(Eastern Cuba): consequence of interaction between volatile-rich melts and peridotites in suprasubduction mantle[J]. Economic Geology, 91: 547~566.
- Tamayo, R.A., Yumul, G.P., Maury, R.C., et al. 2001. Petrochemical investigation of the antique ophiolite(Philippines); implications on volcanogenic massive sulfide and podiform chromitite deposits[J]. Resource Geology, 51(2): 145~164.
- Thayer, T.P. 1964. Principal Features and origin of podiform chromite deposits, and some observations on the Guleman-soridag District, Turkey[J]. Economic Geology, 59: 1497~1524.
- Zhou, M.F., Malpas, J., Robinson, P.T., Sun, M. et al. 2001. Crystallization of podiform chromitites from silicate magmas and the formation of nodular textures[J]. Resource Geology, 51(1): 1~6.