

# 地球深部包体与成矿关系

## ——一个有意义的研究方向

赫 英<sup>1</sup>, 张维萍<sup>1,2</sup>, 岳可芬<sup>1,2</sup>, 张红强<sup>1</sup>, 成 一<sup>1</sup>

(1. 西北大学 地质学系, 陕西 西安 710069; 2. 西北大学 化学与材料科学学院, 陕西 西安 710069)

**摘要:** 结合在实际工作中的体会, 提出和讨论了“地球深部包体与成矿关系”这一有意义的研究方向及其先导性科学问题。地球深部包体中镍、金、钼、钨等成矿元素的含量是不均一的, 镍和金在地幔岩包体中含量最高, 钼在玄武岩及镁铁质麻粒岩包体中最高, 而钨在长英质麻粒岩和花岗岩类包体中含量最高。这些反映岩石圈和软流圈以及岩石圈的不同层次中镍、金、钼、钨等成矿元素的含量不均一, 分别提供了地壳中镍、金、钼、钨矿床的初始物质来源。这一认识可能给镍、金、钼、钨等金属矿床和矿床集中区的战略预测提供一些新思路。

**关键词:** 地球深部; 包体; 成矿; 金属矿床; 研究方向

中图分类号: P595 文献标志码: A 文章编号: 1672-6561(2010)01-0024-03

# Relationship of the Deep-seated Xenoliths to the Mineralization

## ——a Significant Research

HE Ying<sup>1</sup>, ZHANG Wei-ping<sup>1,2</sup>, YUE Ke-fen<sup>1,2</sup>, ZHANG Hong-qiang<sup>1</sup>, CHENG Yi<sup>1</sup>

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China;

2. School of Chemistry and Material Sciences, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China)

**Abstract** The relationship of the deep-seated xenoliths to the mineralization and related guide scientific problems are put forward and discussed. The contents of Ni, Au, Mo, W of the deep-seated xenoliths and their host basalts from eastern China are inhomogeneous. The contents of Ni, Au are highest in the mantle-derived xenoliths; the contents of Mo, W are highest in the basalts and the mafic granulite and the leptyte and the granitoids, respectively. Those reflect the contents of Ni, Au, Mo, W in different spheres of Earth may be inhomogeneous. The result may have special significance on the controlling of the formation and distribution of Ni, Au, Mo, W deposits-concentrated districts.

**Key words:** deep-seated; xenolith; mineralization; ore deposit; research

## 0 引言

岩石圈是地球演化的产物, 研究岩石圈的化学组成和结构、形成和演化过程、岩石圈—软流圈以及岩石圈不同层次间的相互作用, 可以从本质上认识地壳中发生的各种成矿作用, 从而为找矿提供重要的信息。岩石圈的演化目前还有争议, 但可以肯定的是岩石圈演化至今, 其化学不均一性客观存在。而这种不均一性在纵向和横向上都有表现, 可

能就是成矿这棵大树的“根”<sup>[1]</sup>。很现实的问题是, 岩石圈的这种化学不均一性在时间和空间上是否有规律。如果没有规律, 其与成矿间的联系是很难预测的; 而如果有规律, 其与成矿间的联系则对区域成矿预测有特殊的意义。这一问题只能通过基本事实的确证以及对事实的比较和分析来解决<sup>[2-3]</sup>。本文所谓地球深部包体主要指源自岩石圈不同层次(岩石圈地幔、下地壳、上地壳等)的斜方橄榄岩包体、二辉橄榄岩包体、辉石岩包体、镁铁质

收稿日期: 2009-06-30

基金项目: 高等学校博士点基金项目(20040697003)

作者简介: 赫 英(1944-), 男, 吉林长春人, 教授, 从事矿床和地球化学研究。E-mail: heying@nwu.edu.cn; he69ying@126.com

麻粒岩包体、长英质麻粒岩包体、花岗片麻岩包体等,它们是认识地球深部不同层次岩石圈的窗口。尽管国内外学者对地球深部包体的矿物学、岩石学和地球化学已有大量研究,但对其与成矿关系几乎没有涉及。笔者初次在这方面做了一些尝试。

## 1 地球深部包体与成矿的可能联系

主要通过对地球深部包体的初步研究,笔者归纳出以下事实:

(1)世界镍、金、钼、钨矿床和矿床集中区的数量和规模与有关地块的年龄有相关性。如与南非、西澳、西伯利亚、加拿大等古老地块相比,中国华北和扬子等地块的稳定性差,基底形成年龄较新,超镁铁、镁铁质组分减少而长英质成分增多,相应地,铬、镍、铁、金矿床和铬、镍、铁、金矿化集中区的规模和数目也减小,但钼、钨、锡矿床和钼、钨、锡矿床集中区却明显增大和增多。这些金属矿床在空间上有以古老地块为中心向外的分带现象。如世界上具有代表性的金川镍矿就分布在华北地块的西南缘,其他镍矿也大多分布在古老地块边缘或古老地块边缘内外不远<sup>[4]</sup>;中国的金矿比较集中在山东、河南、陕西、河北等省和东北地区的华北地块南北两缘;而钼矿主要分布在华北地块两缘但分别偏南和偏北;钨矿主要分布于华南的江西、湖南、两广;而锡矿则在广西、云南等西南各省更为发育<sup>[5]</sup>。

(2)中国东部地幔岩包体及其中硫化物的金在空间分布上有非均一性。中国东部地幔岩中金含量以华北地台为中心,向北和向南(向南更明显一些)分别降低。其高于地幔金丰度为 $5 \times 10^{-9}$ 的样品,主要集中在华北地台两缘(辽宁、河北、山西、山东),与冀北西部和山东的金矿集中区有对应关系<sup>[6,7]</sup>。分析的地幔岩包体大多是尖晶石二辉橄榄岩包体,它们应来自岩石圈地幔。中国东部的金矿多集中于华北克拉通两缘而向南向北有减少或减小的趋势,反映中国东部金的成矿省与岩石圈地幔金的地球化学省可能是基本耦合的。

(3)中国东部地球深部包体及寄主玄武岩中地幔岩包体的金含量最高。中国东部玄武岩中地幔岩包体及寄主玄武岩中 $w(\text{Au})$ 分别为 $(0.5 \sim 10.0) \times 10^{-9}$ 和 $(0.2 \sim 5.3) \times 10^{-9}$ 。包体、玄武岩平均 $w(\text{Au})$ 分别为 $4.6 \times 10^{-9}$ 、 $2.7 \times 10^{-9}$ <sup>[9]</sup>,包体平均含金高于玄武岩。地幔岩包体和各类麻粒岩包体以及片麻岩等包体的金含量分析和比较表明,

地幔岩包体中金含量最高。如在河北大麻坪和江苏安峰山,二辉橄榄岩包体、二辉岩包体、镁铁质麻粒岩、长英质麻粒岩、片麻岩包体、花岗岩类包体平均 $w(\text{Au})$ 分别为 $4.3 \times 10^{-9}$ 、 $8.7 \times 10^{-9}$ 、 $1.3 \times 10^{-9}$ 、 $0.9 \times 10^{-9}$ 、 $2.2 \times 10^{-9}$ 、 $1.3 \times 10^{-9}$ <sup>[8,9]</sup>。

(4)中国东部玄武岩中钼含量在空间分布上有非均一性。其高于世界基性岩钼丰度为 $1.4 \times 10^{-6}$ 的样品,主要集中在华北地台边缘的山东、安徽而以安徽最高 $(6.5 \sim 7.2) \times 10^{-6}$ ,这与中国钼矿主要分布于华北地块南北两缘但比金矿更偏南、偏北的基本事实是一致的<sup>[10]</sup>。

(5)中国东部玄武岩和镁铁质麻粒岩包体中钼含量最高。中国东部玄武岩中地幔岩包体及寄主玄武岩中 $w(\text{Mo})$ 分别为 $(0.1 \sim 0.4) \times 10^{-6}$ 和 $(0.8 \sim 7.2) \times 10^{-6}$ 。其中包体、玄武岩平均 $w(\text{Mo})$ 分别为 $0.2 \times 10^{-6}$ 、 $3.2 \times 10^{-6}$ <sup>[10]</sup>,玄武岩平均钼质量分数高于包体。地幔岩包体和各类麻粒岩包体以及片麻岩等包体的钼含量分析和比较表明,玄武岩和镁铁质麻粒岩包体中钼含量最高。如在河北大麻坪和江苏安峰山,二辉橄榄岩包体、二辉岩包体、镁铁质麻粒岩、长英质麻粒岩、玄武岩平均 $w(\text{Mo})$ 分别为 $0.3 \times 10^{-6}$ 、 $0.5 \times 10^{-6}$ 、 $0.7 \times 10^{-6}$ 、 $0.5 \times 10^{-6}$ 、 $0.7 \times 10^{-6}$ <sup>[8]</sup>。

(6)中国东部地幔岩包体中钨含量在空间分布上较为均一。地幔岩包体及寄主玄武岩中 $w(\text{W})$ 分别为 $(0.1 \sim 1.0) \times 10^{-6}$ 和 $(0.1 \sim 2.5) \times 10^{-6}$ ,前者接近上地幔钨的丰度,后者与世界基性岩钨的丰度非常一致<sup>[11]</sup>。对玄武岩和地幔岩包体、各类麻粒岩包体以及片麻岩包体等的钨含量比较表明,长英质麻粒岩和片麻岩、花岗岩类包体中钨含量最高。如在河北大麻坪和江苏安峰山,二辉橄榄岩包体平均 $w(\text{W})$ 为 $0.2 \times 10^{-6}$ ,二辉岩包体平均 $w(\text{Mo})$ 为 $0.2 \times 10^{-6}$ ,镁铁质麻粒岩平均 $w(\text{Mo})$ 为 $0.3 \times 10^{-6}$ ,长英质麻粒岩平均 $w(\text{Au})$ 为 $0.5 \times 10^{-6}$ ,片麻岩和花岗岩类包体 $w(\text{W})$ 为 $0.5 \times 10^{-6}$ ,玄武岩平均 $w(\text{Mo})$ 为 $0.2 \times 10^{-6}$ <sup>[8,9]</sup>。

(7)中国东部地球深部包体及寄主玄武岩中地幔岩包体,特别是二辉橄榄岩包体及带状地幔岩包体的二辉橄榄岩带中镍含量最高。对玄武岩和地幔岩包体中镍含量分析和比较表明,后者的 $w(\text{Ni})$ ( $2.278 \times 10^{-6}$ )要大大高于前者( $208 \times 10^{-6}$ ),相差10倍有余。而各类包体及带状包体不同带中镍含量以二辉橄榄岩包体和二辉橄榄岩带中镍含量最

高,反映出岩石圈地幔和软流圈地幔以及岩石圈不同层次的不同贡献<sup>[8, 10, 12]</sup>。

(8)中国东部地幔岩包体硫化物中镍含量具有非均一性,并主要集中在镍黄铁矿中。镍黄铁矿中 $w(\text{Ni})$ 在空间分布上有非均一性,以华北地台边缘最高,可高达 $10^{-2} \sim 10^{-4}$ ,是全岩的数十万倍<sup>[7]</sup>。

## 2 讨论

对上述事实进行综合比较,可以合理地推测在岩石圈的不同层次镍、金、钼、钨等成矿元素的含量不均一但是有规律。其中镍和金倾向富集于古老的岩石圈地幔,钼倾向富集于下地壳,而钨倾向富集于中—上地壳。这一顺序和世界镍、金、钼、钨矿床分布以及中国镍、金、钼、钨矿床由华北地块两缘向外的分布规律一致,也和镍、金、钼、钨的地球化学相容性的变化顺序一致。这三者间的耦合显然不是偶然的,镍和金随地球演化倾向于向地球更深部集中,因此古老岩石圈应比年轻岩石圈更富镍、金;而钨、钼是不相容元素,他们有向地壳中富集的倾向。相比之下,钼比钨的相容性高一些,倾向于在镁铁质下地壳富集,后者常与软流圈底侵作用有关,这就是玄武岩和镁铁质麻粒岩中钼含量要比地幔岩包体高的可能原因。地幔熔融、岩石圈减薄、玄武岩底侵、地幔流体与花岗岩成矿等可能在上述不同元素的成矿过程中有不同的贡献。上述认识可能给镍、金、钼、钨等金属矿床和矿床集中区的战略预测提供一些新思路,可见地球深部包体与成矿间关系的研究对成矿预测和找矿可能有重大意义。

岩石圈的成矿效应可能主要有两方面:高含成矿元素的岩石圈提供成矿物质基础;次生作用将岩石圈中成矿元素带入地壳成矿。中生代是中国东部金、钼、钨、锡等金属矿床的重要成矿期,岩石圈减薄导致岩石圈中成矿元素被带出成矿可能是成矿基本机制。

当前,在地球深部包体与成矿关系研究中,建议对以下科学问题应给予高度关注:①通过地幔岩包体的研究,进行详细而系统地幔岩填图,积累基础科学数据;②对各种类型的地球深部包体及其与成矿关系作比较研究;③研究岩石圈不同成矿元素的不同活化调动机制;④注意古生代、中生代、新

生代各类包体及其与成矿关系的差别;⑤注意研究各种类型包体中不同包裹体的微观成矿意义;⑥岩石圈形成后次生变化及其对不同成矿元素富集和迁移的影响。

## 3 结语

地球深部包体与成矿关系研究是一个很有意义的研究方向。地球深部包体中镍、金、钼、钨等成矿元素的含量是不均一的,它们分别在橄榄岩包体(特别是二辉橄榄岩包体)、二辉橄榄岩包体(特别是尖晶石二辉橄榄岩包体)、玄武岩及镁铁质麻粒岩包体和长英质麻粒岩、片麻岩、花岗岩类包体中含量最高,反映岩石圈和软流圈以及岩石圈的不同层次中镍、金、钼、钨等成矿元素的含量不均一但是有规律。这一认识可能给镍、金、钼、钨等金属矿床和矿床集中区的战略预测提供一些新思路。

### 参考文献:

- [1] 翟裕生, 邓 军, 李晓波. 区域成矿学[M]. 北京: 地质出版社, 1999.
- [2] 赫 英. 比较矿床学导论[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 1996.
- [3] 涂光灿, 李朝阳. 浅谈比较矿床学[J]. 地球化学, 2006, 35(1): 1-5.
- [4] 汤中立, Barnes S J. 岩浆硫化物矿床成矿机制[M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [5] Хэ И. Региональная, Промежуточная и Локальная Зональности Аз, Мо, W, Sn-Орудений на Примере Рудных Районов России и Китая[J]. Геология и Разведка, 1998(1): 154-156.
- [6] He Y, Dong Z X, Yue K F et al. Gold Content of Mantle-derived Rocks from Eastern China and Its Implications[J]. Acta Geologica Sinica, 2003, 77(2): 212-219.
- [7] 岳可芬, 赫 英. 中国东部地幔岩包体及其中硫化物相金含量的比较研究[J]. 中国科学(D 辑), 2008, 38(1): 78-86.
- [8] 张维萍. 华北地块北缘深源包体的地球化学及其与成矿关系的研究[D]. 西安: 西北大学, 2007.
- [9] 成 一. 中国东部深源包体中的 Au、Mo、W 含量及其意义——以江苏东海县安峰山一带为例[D]. 西安: 西北大学, 2007.
- [10] 岳可芬. 中国东部地幔岩中的金、钼、钨、锡含量及其与成矿关系比较研究[D]. 西安: 西北大学, 2006.
- [11] 赫 英, 岳可芬, 董振信, 等. 中国东部地幔岩中的钨含量及其意义[J]. 地球化学, 2003, 32(6): 561-565.
- [12] 张红强. 河北大麻坪带状包体中 Ni、Au、Mo、W 含量与成矿关系的初步研究[D]. 西安: 西北大学, 2008.