

含豆荚状铬铁矿蛇绿岩与非含矿蛇绿岩

邹海波 周新民 周国庆

(南京大学地球科学系)

笔者以蛇绿岩中铬铁矿的含矿性为依据,将蛇绿岩分为含豆荚状铬铁矿蛇绿岩和不含豆荚状铬铁矿蛇绿岩。并根据国内外蛇绿岩套的资料,总结了含矿蛇绿岩与非含矿蛇绿岩的差异,还以伏川蛇绿岩套和赣东北蛇绿岩套为例进行了说明。

关键词: 豆荚状铬铁矿; 蛇绿岩



本文试图以蛇绿岩中铬铁矿的含矿性为依据,将蛇绿岩分为含豆荚状铬铁矿蛇绿岩(简称含铬矿蛇绿岩)和不含豆荚状铬铁矿蛇绿岩(简称非含矿蛇绿岩)。

含铬矿蛇绿岩与非

含矿蛇绿岩特征

除了前寒武纪层状矿床外,世界上最重要的铬铁矿都产于造山褶皱带内异地生成的蛇绿岩中。笔者选择了国内外若干地区的含铬矿蛇绿岩和非含矿蛇绿岩,将其特征对比列于表1。

1. 含铬矿蛇绿岩

鉴于变质橄榄岩是上地幔部分熔融后的残留体,而在部分熔融过程中 Al_2O_3 、 CaO 、 REE 倾向于进入熔体,所以上地幔部分熔融程度较高时,变质橄榄岩中 CaO 、 Al_2O_3 、 REE 含量较低;部分熔融程度较低时,它们的含量则较高。含铬矿蛇绿岩中变质橄榄岩的成分,反映了它是上地幔发生了较高级的部分熔融后的残留体。

含铬矿蛇绿岩的变质橄榄岩中铬尖晶石的 $Cr^*[100Cr/(Cr+Al)]$ 较高,一般大于60。目前研究认为蛇绿岩套的变质橄榄岩中的铬尖晶石在蚀变过程中较稳定,并且其 Cr^* 值可以反映部分熔融程度和原生构造环境^[21]。含铬矿蛇绿岩较高的 Cr^* 值反映了上地幔发生了较高级的部分熔融,并可能指示蛇绿岩形成于弧后盆地的环境。

含铬矿蛇绿岩的变质橄榄岩多发生利蛇纹石化。实验证明超镁铁岩的利蛇纹石化是发生在较低温度($<200^\circ C$)的条件下^[22],指示了这种蚀变是由于海水或地下水在低温条件下的混染。含铬蛇绿岩的变质橄榄岩中辉绿岩墙通常没有蚀变为异剥钙榴岩,有人认为这说明了辉绿岩是侵入到蛇纹岩中而不是侵入到新鲜的橄榄岩中^[23,24]。笔者认为这可能与反应条件有关,超镁铁岩发生利蛇纹石化的温度($<200^\circ C$)是不能满足产生异剥钙榴岩的温压条件。Coleman认为异剥钙榴岩形成的温度条件为 $200\sim 500^\circ C$ ^[25]。

含铬矿蛇绿岩的洋壳部分常见超镁铁质堆积岩,堆积岩类型为单斜辉石型和斜方辉石型,堆积岩厚度较大,这表明岩浆房规模较大,代表一种较快的扩张过程。

含豆荚状铬铁矿蛇绿岩与非含矿蛇绿岩的特征

表 1

		含 铬 矿 蛇 绿 岩	非 含 矿 蛇 绿 岩
地 幔 剖 面	岩石组合	方辉橄榄岩为主, 次为纯橄榄岩, 二辉橄榄岩较少	二辉橄榄岩大量出现, 方辉橄榄岩、纯橄榄岩较少
	岩石化学	$MgO/(MgO + FeO^*)$ 较高, 贫 Al_2O_3 、 CaO	偏 低, 富 Al_2O_3 、 CaO
	稀土元素	ΣREE 低	ΣREE 较高
	铬尖晶石	$Cr^* > 60$	$Cr^* < 60$
	蛇纹石化	利蛇纹石	利蛇纹石和叶蛇纹石
	异剥钙榴岩 橄 榄 石 斜方辉石	很少出现 Fo 较 高 贫 Al	大量出现 Fo 较 低 富 Al
洋 壳 剖 面	超镁铁堆积岩	常 见	少 见
	堆积岩类型 玄武岩类型	单斜辉石型和斜方辉石型 岛弧拉斑玄武岩和 MORB	斜长石型 MORB
实 例		Semail(阿曼) ^[5] 、 岛湾(纽芬兰) ^[6] 、Zambales (菲律宾) ^[7] 、Massif dusud (新喀里多尼亚) ^[8] 、 Canyon Mountain(俄勒冈) ^[9] 、 伏川(安徽) ^[10-11] 、 日喀则(西藏) ^[12] 、 贺根山(内蒙) ^[13]	Trinity(加尼福尼亚) ^[14] 、 Piemont-Liguria(意大利) ^[15] 、 Lanzo(西意大利) ^[16] 、 Othris(希腊) ^[17] 、 Zabargad(埃及) ^[18] 、 赣东北(江西) ^[19] 、 双沟(云南省新平) ^[20]

2. 非含矿蛇绿岩

非含矿蛇绿岩的变质橄榄岩中尖晶石的 Cr^* 值较低, 一般小于 60, 多属于深海尖晶石橄榄岩。反映了上地幔部分熔融程度较低, 其形成环境可能是小洋盆环境。

非含矿蛇绿岩的变质橄榄岩多为利蛇纹石化和叶蛇纹石化蚀变, 并发育有异剥钙榴岩。叶蛇纹石较利蛇纹石形成于较高的温度条件下, 实验资料表明其形成温度为 250~500°C^[25], 多发育于利蛇纹石之前。异剥钙榴岩是变质橄榄岩中辉绿岩墙和辉长岩墙的蚀变产物。这些叶蛇纹石和异剥钙榴岩形成于高绿片岩相、低角闪岩相的条件下, 生成较利蛇纹石早, 这种蚀变作用发生在洋壳已经形成的扩张中心附近。异剥钙榴岩的大量出现表明上覆洋壳较薄(一般小于 3km)^[3], 从而使海水可以以渗透的方式进入到地幔层中进行水热蚀变反应。

非含矿蛇绿岩的洋壳部分的堆积岩厚度

较小, 一般不出现超镁铁质堆积岩。厚度较小的堆积岩说明岩浆房规模较小, 代表一种缓慢扩张的产物。

造成含铬矿蛇绿岩与非含矿蛇绿岩上述特征差异的主要原因是上地幔部分熔融程度的差异。高程度的部分熔融可以提供足够的熔体, 有利于形成豆荚状铬铁矿, 从而使蛇绿岩套中发育强烈亏损的方辉橄榄岩, 并含 Cr^* 值高的铬尖晶石, 形成较厚的超镁铁质堆积岩。高程度的部分熔融可以产生较厚的洋壳, 海水不能以渗透的方式进入到地幔层中进行水热反应形成叶蛇纹石和异剥钙榴岩。

实 例

笔者选取中国华南的两个典型蛇绿岩套——伏川含铬矿蛇绿岩套和赣东北非含矿蛇绿岩套作为实例。这两个蛇绿岩曾被作为一个蛇绿岩来看待, 1987年周新民教授首先

指出这两者存在着显著的差异,不应是一个蛇绿岩套,而后他和笔者又从构造环境方面简要的讨论了其差异^[26]。本文将从含矿性方面进行比较。

伏川蛇绿岩中的变质橄榄岩主要是方辉橄榄岩,从其化学成分(表2)可以看出,

变质橄榄岩的 Al_2O_3 (0.07~1.26%)、CaO(0.05~0.94%)含量较低, $MgO/(MgO+FeO^*)$ 较高且恒定,其尖晶石的 $Cr^*=57\sim 76$ ^[26],属于Ⅲ型橄榄岩。稀土元素资料(表3)表明,变质橄榄岩稀土总量较低, $\Sigma REE<3.0ppm$ 。伏川蛇绿岩的变质橄榄岩中辉长

伏川蛇绿岩套与赣东北蛇绿岩套中变质橄榄岩的化学成分(wt%)

表 2

	伏 川 蛇 绿 岩						赣 东 北 蛇 绿 岩				
	1	2	3	4(3)	5(6)	6(9)	7(8)	8(4)	9(9)	10	11
SiO ₂	45.22	44.38	45.36	46.15	46.25	45.95	45.85	46.10	48.87	44.87	44.83
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.07	0.07	0.07	0.12	0.10	0.16	0.01	0.07
Al ₂ O ₃	0.34	0.23	0.07	1.16	1.26	1.11	2.08	1.48	1.95	1.18	1.18
Fe ₂ O ₃	8.53	9.32	7.72	6.64	5.20	6.71	6.49	5.74	5.64	8.35	8.38
FeO	0.52	0.96	0.80	1.36	2.42	1.39	2.74	2.09	3.06	1.88	1.88
MnO	0.09	0.06	0.11	0.09	0.06	0.06	0.13	0.14	0.16		
MgO	45.08	44.58	44.92	43.99	42.81	44.18	41.66	42.01	36.04	43.02	42.96
CaO	0.09	0.05	0.15	0.31	0.94	0.37	0.78	1.50	4.00	0.50	0.51
Na ₂ O	0.14	0.11	0.18	0.16	0.16	0.11	0.13	0.17	0.10	0.01	0.02
K ₂ O	0.05	0.02	0.07	0.07	0.05	0.06	0.02	0.03	0.02		
M/(M+F)	0.85	0.83	0.85	0.86	0.86	0.86	0.83	0.85	0.81	0.82	0.82

注:从分析中扣除(+),(-)水,然后标准化;()内数字为样品数; $M/(M+F)=MgO/(MgO+FeO+Fe_2O_3\times 0.9)$;

资料来源:1~3Zou & Zhou(1991),4安徽332队(1974),5白文吉等(1986),6叶德隆等(1991),7江西省地矿局(1984),8汪新(1985),9周国庆(1989),10樟树墩蛇纹石矿勘探报告(1958),11赣东北105队(1962)。

伏川蛇绿岩套与赣东北蛇绿岩套中变质橄榄岩的稀土元素含量(ppm)

表 3

	伏川蛇绿岩套变质橄榄岩						赣东北蛇绿岩套中变质橄榄岩								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
La	0.72	0.48	0.28	0.13	0.30	0.63	1.54	0.51	1.75	0.802	0.469	1.109	0.853	0.836	1.279
Ce	0.36	0.43	0.28	0.28	0.53	1.02	3.58	0.94	3.05	2.768	1.058	1.547	2.117	2.605	3.826
Pr	0.18	0.17	0.08	0.04	0.11	0.17	0.75	0.41	0.61	0.464	0.381	0.372	0.348	0.306	0.488
Nd	0.65	0.48	0.25	0.14	0.32	0.51	1.68	0.46	1.96	1.715	1.543	0.943	0.857	0.660	1.458
Sm	0.13	0.11	0.09	0.04	0.10	0.14	0.52	0.16	0.45	0.483	0.405	0.198	0.285	0.112	0.492
Eu	0.03	0.02	0.01	0.011	0.02	0.05	0.16	0.03	0.50	0.207	0.216	0.044	0.155	0.066	0.173
Gd	0.08	0.08	0.02	0.035	0.08	0.11	0.33	0.05	0.43	0.469	0.477	0.130	0.364	0.095	0.807
Tb	0.02	0.02	0.01	0.008	0.02	0.04	0.13	0.04	0.06	0.085	0.081	0.044	0.085	0.037	0.162
Dy	0.06	0.08	0.02	0.044	0.04	0.07	0.36	0.05	0.39	0.462	0.436	0.122	0.541	0.085	1.046
Ho	0.01	0.02	0.01	0.009	0.02	0.03	0.07	0.01	0.06	0.078	0.083	0.031	0.105	0.020	0.218
Er	0.04	0.04	0.02	0.028	0.04	0.07	0.22	0.03	0.15	0.227	0.245	0.081	0.350	0.050	0.761
Tm	0.01	0.01	0.00	0.005	0.01	0.02	0.06	0.02	0.03	0.038	0.036	0.025	0.057	0.018	0.096
Tb	0.03	0.05	0.02	0.032	0.03	0.06	0.24	0.04	0.14	0.202	0.237	0.050	0.474	0.023	0.492
Lu	0.01	0.01	0.00	0.005	0.01	0.02	0.04	0.01	0.01	0.016	0.018	0.010	0.036	0.059	0.064
ΣREE	2.33	2.01	1.09	0.807	1.63	2.94	9.68	2.76	9.59	8.016	5.685	4.706	6.627	4.972	11.362

资料来源:1~3据Zou & Zhou(1991),4邢凤鸣(1990),5~6叶德隆等(1991),7~9汪新(1989),10~15周国庆(1989)。

岩墙发育较好,很少出现异剥钙榴岩化。变质橄榄岩之上出现超镁铁质堆积岩。变质橄榄岩中有豆荚状铬铁矿产出。

与伏川蛇绿岩相比,赣东北蛇绿岩中变质橄榄岩含有较多的二辉橄榄岩,其变质橄榄岩的 Al_2O_3 (1.18~2.08%)、 CaO (0.50~4.00%)含量较高, $MgO/(MgO+FeO^*)$ 稍低且变化较大, $\Sigma REE>2.7ppm$ 。变质橄榄岩中尖晶石的 $Cr^*=52\sim 57<60$,属于I型橄榄岩^[26]。变质橄榄岩中出现大量的异剥钙榴岩,在江西弋阳的樟树墩剖面尤为发育。不含豆荚状铬铁矿矿床。

讨论与结论

1. 蛇绿岩的含矿性及其类型

既然含铬蛇绿岩与非含矿蛇绿岩差异的主要原因是两者上地幔部分熔融程度的差异,而部分熔融程度又能反映原生构造环境,那么根据蛇绿岩套的含矿性对蛇绿岩进行分类就必然与据构造环境的分类在许多方面有一致性。含矿蛇绿岩基本上相当于Coleman(1984)的特提斯型、Pearce等(1984)的SSZ型、Boudier和Nicolas的方辉橄榄岩亚类和张旗(1990)的东地中海型;非含矿蛇绿岩大致相当于Pearce等(1984)的洋脊型、Boudier和Nicolas(1985)的二辉橄榄岩亚类以及张旗(1990)的西地中海型。

可以认为,蛇绿岩中变质橄榄岩的含矿性是判别蛇绿岩形成环境的标志之一。同样地,如果依据其他信息确定了蛇绿岩的类型和原生构造环境,就可以从理论上预测和推断该蛇绿岩中变质橄榄岩的含矿性,指导找矿工作。

应当指出,蛇绿岩套中变质橄榄岩的含矿性除与上地幔部分熔融程度有关外,还受许多岩浆动力学因素的影响,这些还有待于进一步的研究和探索。

2. 蛇绿岩套中铬铁矿的找矿标志

(1) 变质橄榄岩主要为方辉橄榄岩,

次为纯橄榄岩,二辉橄榄岩极少。化学成分上表现为 Al_2O_3 、 CaO 、 ΣREE 较低。

(2) 发育超镁铁质堆积岩。

(3) 变质橄榄岩中辉绿岩墙和辉长岩墙发育且蚀变较弱,较少出现异剥钙榴岩。异剥钙榴岩常呈椭球形,并含有大颗粒的水榴石,在野外很容易识别,因而是一个非常直观的标志。如果野外工作时发现蛇绿岩中,变质橄榄岩中含有大量异剥钙榴岩,就可以判断该蛇绿岩中含豆荚状铬铁矿的可能性较小。

笔者感谢钟庆禄高级工程师向笔者提出伏川蛇绿岩和赣东北蛇绿岩含矿性差异这一饶有兴趣的问题,在此深表谢意。

参考文献

- [1] Coleman, R. G., Geol. Mijnbouw 1984, 63: 141~150.
- [2] Pearce, J. A., et al., Geol. Soc. by Blackwell Sci. Publ., 1984, 77~94.
- [3] Boudier, F. & Nicolas, A., Earth Planet. Sci. Lett. 1985, 76: 84~92.
- [4] 张旗,地质科学,1990, №1, 54~61.
- [5] Pallister, J. J. et al., J. Geophys. Res., 1981, 86: 2593~2644.
- [6] Girardeau, J. et al., Tectonophysics, 1981, 77: 1~34.
- [7] Hawkins, J. W. et al., Geophys. Monogr., Ser., 1982, 27: 95~123.
- [8] Prinzhofer, A. et al., Tectonophysics, 1980, 69: 85~112.
- [9] Himmelberg, G. R., et al., Am. J. Sci., 1980, 280A: 232~268.
- [10] 白文吉、甘启高等,岩石矿物学杂志,1986, 5: 289~299.
- [11] 周新民、邹海波等,科学通报,1989, 34: 1243~1245.
- [12] 鲍佩声、王希斌,《喜马拉雅地质》,地质出版社,1984, 59~83.
- [13] 白文吉、李行等,中国地质科学院地质研究所刊,1986, №12, 1~20.
- [14] Quick, J. E., J. Geophys. Res., 1981, 86: 837~863.
- [15] Lombardo, B. & Pognante, U., Ofioliti, 1982, 2: 371~394.
- [16] Boudier, F., Geol. Soc. Am. Bull., 1978, 89: 1574~1591.
- [17] Menzies, M., Geochim. Cosmochim. Acta, 1976, 40: 645~656.

(下转第46页)

切关系。深部矿源层不仅决定成矿的分区性,而且还影响和主导该地区多个地质时代的成矿,表现为成矿的继承性。按中国地质学会矿床学分会划分的中国金矿成因类型(1985),其中岩浆—热液金矿床中的混合岩化—重熔岩浆热液金矿床;火山及次火山—热液金矿床;沉积—变质金矿床;变质—热液金矿床和矿源层(包括深部矿源层)的依存关系尤为明显。当然,对于这些金矿的形成,除了矿源层,尚需有利的热动力、热流体条件和容矿的构造条件。华北地台太古宙老变质岩区的金矿,与燕山期岩浆岩的空间关系十分密切说明了这点。

在金矿床成因研究中,目前已有很多关于矿质(Au)和搬运矿质的介质热液非同—来源的证据,也就是金来源于矿源层,介

质为岩浆期后热液、变质热液或下渗到一定深度而被加热的大气水。矿质、介质的异源说使某些同位素测定结果($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{34}\text{S}$ 等)与金来源于古老的矿源层之间的矛盾得到了解释。

基于若干主要成因类型金矿和矿源层之间有着密切的成因联系,所以可以通过矿源层调查,进行成矿预测,指导普查找矿工作。文献[3]对福建瓯变质岩区和上侏罗统火山岩区成矿条件的分析评价便是一例。

参考文献

- [1] 博伊尔, R. W., (马万钧等译), 《金的地球化学及金矿床》, 地质出版社, 1984.
- [2] Глюд, Д. С., Геохимия, 1989, №5, стр. 641~651.
- [3] 王义为, 地质论评, 1989, 第35卷, 第6期, 521~528页.

Abundance and Activity of Gold in the Source Bed

Wang Yiwei

The gold in its source bed usually has a higher primary abundance and the activity of gold in rocks has a bearing on the abundance. Either the source bed or the non-source bed consisted of similar rocks possesses a certain amount of gold equivalent to the background level of that in ore-forming minerals. The feature of the source bed is the essential condition for the formation of gold deposits of certain types.

(上接第33页)

- [18] Bonatti, E., et al., Geology, 1981, 9: 474~479.
- [19] 周国庆, 南京大学学报(地球科学), 1989, №1, 25~37.
- [20] 张旗、赵大升、李达周, 岩石学报, 1991, №1, 1~15.
- [21] Dick, H. J. B. & Bull, J., Contrib. Mineral. Petrol., 1984, 86: 54~75.
- [22] Moody, J. B., Lithos, 1976, 9: 125~138.
- [23] Girardeau, J. et al., Contrib. Mineral. Petrol., 1985, 90: 309~321.
- [24] Kontinen, A., Precambrian Res., 1987, 35: 313~341.
- [25] Honnorez, J., Contrib. Mineral. Petrol., 1975, 49: 233~257.
- [26] Zou Haibo & Zhou Xinmin, Precambrian Research, 1991.

Two Types Ophiolite: One Associated with Lenticular

Chromite and the Other without

Zou Haibo Zhou Xinmin Zhou Guoging

On the basis of the ore potentiality of chromite associated with ophiolite, the author tried to classify the ophiolites into two kinds one bearing lenticular chromite and the other bearing none. Consulted a number of relevant references: on ophiolites both at home and abroad the difference of these two kinds of ophiolites suites are summed up in this paper. Two examples of ophiolite suites are cited for illustration.