

# 山东金岭杂岩体内尖晶石-刚玉-碱性长石岩 ——一种极罕见的富铝碱质交代岩的发现

李大新 赵一鸣

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京 100037)

**主题词** 尖晶石-刚玉-碱性长石岩 富铝碱质交代岩 山东金岭杂岩体

**提 要** 作者在山东金岭杂岩体内发现了一种由尖晶石-刚玉-碱性长石组成的富铝碱质交代岩。此类岩石以往国内未曾有过报导, 实属罕见。根据该岩石产出的地质、岩石及岩石化学等特征, 初步探讨了这类富铝碱质交代岩的形成机理。其成因独具特色, 明显不同于由粘土矿经变质作用而形成的杂刚玉, 可能是岩浆晚期富含碱质组分( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ )的伟晶岩流体与杂岩体内中石炭纪的粘土岩、粘土质页岩或粘土质角岩等捕虏体作用时形成的交代产物。

## 1 地质特征

山东淄博市金岭铁矿为一大型矽卡岩富铁矿床。区内燕山期闪长岩类沿北东向金岭短轴背斜侵位于中下奥陶统与中石炭统接触的假整合面处, 并将四周岩层拱起呈穹窿状。许多铁矿沿接触带呈环带状断续分布。岩体的直接围岩主要为灰岩、含燧石结核和燧石条带的白云质灰岩、泥灰岩、白云岩和粘土岩、粘土质页岩等(图1)。

金岭岩体是由中偏基性—中性—中偏碱性及后期有碱质交代作用而形成的杂岩体。按其岩性, 前人把它划分为四个期次: 第一期为辉石闪长岩; 第二期为黑云闪长岩; 第三期为闪长岩类(包括石英闪长岩、含石英闪长岩); 第四期为脉岩侵入期, 有正长伟晶岩、细晶岩和闪长玢岩等岩脉。花山西南坡出露的侵入岩主要为辉石闪长岩、黑云闪长岩和伟晶岩脉、细晶岩脉等。

出露于花山顶上的辉石闪长岩常呈黑灰色, 块状构造, 镜下具辉长结构及似斑交代残余结构, 主要矿物由斜长石( $An = 35 - 56$ )、普通辉石、紫苏辉石、普通角闪石、黑云母及少量钾长石、石英组成。黑云闪长岩主要分布于花山西南坡之下, 呈黑灰色中细粒块状构造, 造岩矿物由斜长石( $An 30 - 35$ )、普通角闪石、黑云母及少量普通辉石和石英组成。伟晶岩脉多见于黑云闪长岩体内, 沿北东向呈密集型细脉带穿切分布。脉岩的最大宽度不超过2m, 局部与黑云闪长岩接触处有矽卡岩产出, 并常遭受强烈葡萄石化叠加。伟晶岩主要由钾长石、斜长石、黑云母(角闪石)等矿物组成。该三类岩石的化学成分列于表1。

除上述岩体和岩脉外, 在花山西南坡岩体内还分布有许多大小不一的围岩捕虏体, 巨者长几米, 宽近1m; 小者如鸡蛋或核桃状。这些捕虏体主要为燧石条带硅质岩和粘土质角岩、矽卡岩等, 但以前者分布最多, 后者仅为少量团块状的尖晶石-铁铝质透辉石、透辉石-斜长长石和

石榴石-辉石等矽卡岩零星分布。尖晶石-刚玉-碱性长石交代岩就产在伟晶岩脉与粘土质角岩捕虏体的接触带内, 由于其岩石致密坚硬, 具强抗风化能力, 地表出露形态常呈团块状“飘浮”在岩体之上, 或者成为转石见于山坡冲沟中。

## 2 岩石学特征

手标本上, 尖晶石-刚玉-碱性长石交代岩呈致密块状构造, 表面极新鲜, 可分为浅色交代岩和深色交代岩两种, 后者主要是由于磁铁矿和尖晶石的含量增多而引起该岩石的颜色变深, 这可能反映了其原岩是更富铁铝质的岩石, 但两者地表出露相互关系目前尚不十分清楚。显微镜下, 岩石为细粒状变晶结构, 一般无明显的后期蚀变产物(照片1)。该交代岩的主要造岩矿物基本特征综述如下:

**1. 刚玉** 镜下常呈无色透明的短柱状、腰鼓状和锥状, 正突起高, 晶形发育。横切面上显示出六边形或粒状, 有时也出现三角形环带状构造。一轴晶负光性, 干涉色呈一级白至橙黄, 柱状切面具平行消光。经浸油测定,  $N_o = 1.769$ ,  $N_e = 1.761$ ,  $N_o - N_e = 0.008$ 。岩石中刚玉的含量为 10%—30% 不等, 但以灰白色交代岩中数量最多, 分布均匀, 无一定的排列方向(照片2)。而在深灰色交代岩内, 刚玉分布则不均, 局部集中。这些矿物的粒径一般为 0.3 × 0.7mm, 大者可达 1.5mm, 其本身又包裹有极细小的刚玉和锆石等副矿物, 可能是早期结晶的同源包体, 同时还能见到细小的气液包裹体。刚玉的电子探针测定结果列于表2, 其结晶化学式为:  $(Al_{1.97-1.98}, Fe_{0.02-0.03})_2O_3$ 。

**2. 尖晶石** 暗绿色, 薄片呈绿色八面体, 有时呈刚玉的短柱状交代假像结构, 个别还可见到交代残留结构, 即短柱状颗粒一半为尖晶石, 另一半则为刚玉的现象。光性均质,  $N = 1.779$ , 正高突起, 表面出现不规则裂缝。岩石中的尖晶石含量为 1%—7% 不等, 其中在刚玉-碱性长石组合的浅色交代岩内出现较少, 而在刚玉-磁铁矿-碱性长石组合的深色交代岩中往往增多(照片3)。粒径一般为 0.2—0.5mm, 极个别者大于 1mm。其电子探针测定结果列于表2, 计算出的化学式为:  $(Mg_{0.49}, Fe_{0.49})_{0.98}(Al_{1.87}, Fe_{0.07})_{1.94}O_4$ , 应属铁镁尖晶石类。

**3. 歪长石** 薄片呈无色透明或极不规则的粒状, 有时具交代斑状结构, 常见细密格子状双晶。经浸油测定, 其折光率  $N_g = 1.532$ ,  $N_p = 1.529$ 。岩石中歪长石的矿物含量在 50% 以上, 粒径一般为 0.5—1mm, 局部见有大于 1mm 的。电子探针测定结果见表2, 从表中可以看出, 该类交代岩的碱性长石以含  $Na_2O$  高、 $K_2O$  低的歪长石为特征, 说明岩石形成的温度较高。计算后的 Or 和 Ab 组分为  $KAlSi_3O_8 = 27.32\%$ ,  $NaAlSi_3O_8 = 72.68\%$ , 结晶化学式

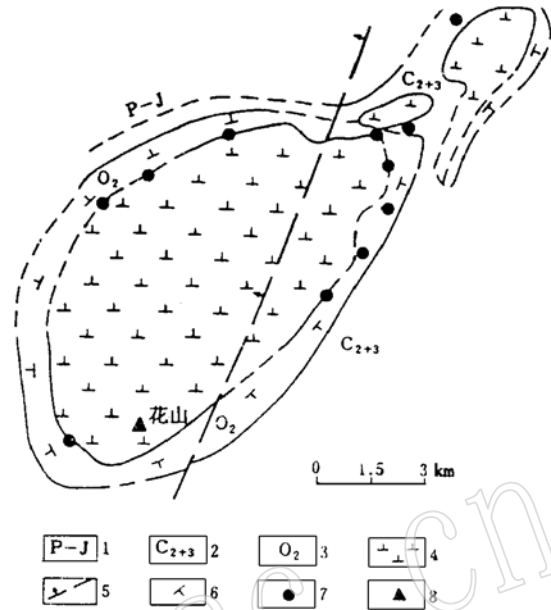


图1 金岭杂岩体地质略图(据山东冶金勘探公司一队略加修改)

Fig. 1 Geological sketch map of Jinling complex

1- 侏罗—二叠系砂砾岩; 2- 中、上石炭统砂页岩、粘土岩和灰岩;

3- 中奥陶统灰岩、白云质灰岩和白云岩; 4- 燕山期闪长岩类;

5- 断层; 6- 岩层产状; 7- 铁矿床; 8- 采样地点

表1 主要岩石化学成分

Table 1 Chemical composition of main rocks

序号	岩石名称	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	F	LOSS	总量	资料来源
1	辉石闪长岩	49.48	1.42	12.70	5.17	5.98	0.18	8.84	8.53	3.70	1.37	0.55	0.78	0.20			98.90	南大地质系 (1997)
2	黑云母闪长岩	51.88	0.93	11.45	4.46	5.34	0.18	9.27	8.75	3.02	1.42	0.49	1.19	0.74			99.12	
3	灰白色块状 铝土矿	30.48	2.10	44.68	6.89	0.4	痕迹	0.58	0.64	0.00	0.00	0.05				13.98	99.80	长春地质学院 (1980)
4	弱蚀变伟晶岩	61.33	0.61	19.43	2.18	1.44	0.04	2.04	4.32	4.41	3.26	0.21	0.96		0.07		100.30	本文 (分析者: 中国地质科 学院岩矿测 试技术研究所)
5	角闪状富铝 碱交代岩	47.76	0.74	38.95	0.68	0.25	0.02	0.34	3.59	4.31	3.07	0.08	1.04		0.002		100.83	
6	浅色交代岩	45.16	1.33	40.69	1.14	0.51	0.03	0.51	0.79	4.08	3.92		0.74				98.90	
7	深色交代岩	51.43	0.91	25.72	3.41	4.22	0.05	1.23	2.46	3.98	4.41		0.68				98.50	

表2 主要造岩矿物电子探针分析

Table 2 Electron microprobe analyses of major rock-forming minerals

序号	矿物 名称	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	总量
1	尖晶石	0.05	0.04	58.24	27.10	0.46	11.97	0.01	0.20	0.00	0.08	0.09	98.24
2	刚玉	0.02	0.09	97.87	1.09	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.08	99.19
3	刚玉	0.03	0.79	96.00	1.21	0.00	0.02	0.01	0.02	0.02	0.00	0.02	98.12
4	歪长石	66.06	0.14	20.46	0.06	0.01	0.00	0.74	7.76	4.43	0.00	0.03	99.69
5	铁铝质透辉石	41.69	1.32	13.38	6.80	0.02	11.40	24.38	0.02	0.00	0.00	0.02	99.03

电子探针分析者:地矿部矿床地质研究所电子探针组。

为:  $(\text{Na}_{0.7}, \text{K}_{0.25})_{0.95} \text{Al}_{1.07} \text{Si}_{2.94} \text{O}_8$ 。

4. 更一钠长石 灰白色交代岩中以更长石为主, 但含量较少, 常呈交代残晶留于歪长石中。钠长石多赋存于深灰色交代岩内, 含量不均, 以细糖粒状或集合体细脉交代歪长石和较清晰的细双晶纹为其特征, 粒径均在 0.5mm 以下。

除了上述主要造岩矿物和部分出现的磁铁矿外, 这套富铝碱质交代岩中局部还含有少量的白云母和微量的锆石、榍石及金红石等副矿物。

必须指出, 区内出现的尖晶石-深绿辉石(铁铝质透辉石)岩实际上也是一种富铝质的交代岩。该辉石常具墨水蓝异常干涉色, 电子探针分析结果见表 2, 其  $\text{Al}_2\text{O}_3$  高达 13.38%。根据该岩石的矿物成分和共生组合特征, 应属岩浆期镁矽卡岩<sup>[1, 2, 3]</sup>。

### 3 岩石化学特征

表 1 列出了这类富铝碱质交代岩两种不同颜色的岩石化学分析结果。通过与淄博地区铝土矿层和花山西南坡出露的侵入岩体(脉)样品化学分析资料进行对比, 可以明显地看出:

1. 浅色交代岩和深色交代岩的  $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  含量都很高, 两者基本相近, 其  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  比值几乎近于 1, 与蚀变粘土质角岩(角岩状富铝碱质交代岩)和弱蚀变伟晶岩类似。但围岩地层中的粘土岩或铝土矿几乎不含  $\text{K}_2\text{O}$  和  $\text{Na}_2\text{O}$ , 反映了该类交代岩中的碱质可能是由伟晶岩脉作用于粘土岩或粘土质角岩捕虏体时带入的。

2. 浅色交代岩的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量与蚀变粘土质角岩和灰白色块状铝土矿层的含量变化较小, 显示出后者在遭伟晶岩交代过程中, 其  $\text{Al}_2\text{O}_3$  表现较为惰性, 基本保持了原岩富铝特征。而深色交代岩  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量较低的原因, 可能与原岩低  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的特征有关, 如中石炭世本溪组的透镜状铝土质页岩  $\text{Al}_2\text{O}_3$  为 27.15%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  为 29.03%,  $\text{SiO}_2$  为 28.04% (据杨化洲, 1980)。

3. 深色交代岩的  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MgO}$  含量明显大于浅色交代岩, 此特征与岩石中的磁铁矿、尖晶石增多相吻合, 同时也揭示了其原岩具有富铁质的岩石特征(包括原岩在交代作用过程中被带出的大量铁质)。

4. 这类富铝碱质交代岩的岩石化学成分与闪长岩类岩石化学成分相比, 前者显示出高  $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  的富碱质特征, 而后者的  $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  含量明显偏低, 两者的岩石化学成分存在显著区别。因此, 无论从岩石产出地质特征还是从岩石化学特征上看, 难以找出它们之间具有互为因果的关系。

### 4 岩石形成的初步探讨

金岭杂岩体的围岩是中、下奥陶统灰岩、含燧石(结核)条带的白云质灰岩或白云岩, 以及中石炭世本溪组的铁、铝质粘土岩、页岩等。当岩浆上侵时, 捕虏了大量的围岩碎块或围岩捕虏体, 并使后者发生热力变质和接触交代作用, 形成许多条带状、角砾状、团块状硅

质岩、角岩和矽卡岩。

众所周知,围岩地层含  $\text{SiO}_2$  或  $\text{Al}_2\text{O}_3$  及其它泥质物质成分较高时,其化学性质较惰性,岩浆上侵时对这些围岩捕虏体一般只能使它发生热变质作用,而不利于交代作用的进行。当金岭杂岩体晚期伟晶岩脉沿裂隙贯入杂岩体时,富含碱质和挥发分的岩浆晚期热流体对已角岩化的粘土岩(或铝土矿)捕虏体进行强烈交代作用,首先前者带入的  $\text{K}_2\text{O}$  和  $\text{Na}_2\text{O}$  与后者的  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  结晶出大量的以歪长石为主的碱性长石,而过剩的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  一方面以游离状态结晶为刚玉,另一方面与铁镁质形成尖晶石,最后使之形成了尖晶石-刚玉-碱性长石组合的这类富铝碱质交代岩。其次是,交代岩矿物组成的均一性也表明先存岩石经历了彻底的交代改造。在岩石薄片观察中,见到了这种微观交代现象,即伟晶岩细脉穿切角岩时,在该细脉带内生成了大量的细粒刚玉和极少量的尖晶石矿物,而靠近细脉带的粘土质角岩内也出现了许多微粒或隐晶质刚玉和碱性长石(钾长石和钠长石),并且越往粘土质角岩一方,粒度变的更细小(照片4),表明角岩也发生了广泛的交代作用。

特别需要指出的是,由尖晶石-刚玉-碱性长石组成的这类富铝碱质交代岩明显不同于Г·И·布申斯基介绍的在希腊、土耳其、乌拉尔、西伯利亚和中亚由铝土矿经过变质作用而形成的杂刚玉<sup>[4]</sup>,以及我国云南麻栗坡发现的杂刚玉矿床(其5个杂刚玉矿样品的主要化学成分平均为  $\text{Al}_2\text{O}_3$  42.75%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  22.02%,  $\text{FeO}$  2.52%)<sup>①</sup>。首先是这两类岩石的化学成分上存在着很大差异,交代成因的尖晶石-刚玉-碱性长石岩最大特点是富含碱质组分( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \geq 8\%$ ),而杂刚玉显示出其富铝、高铁,贫硅、钾、钠的铝土矿特征(Г·И·布申斯基,1984)。其次是矿物组合上的区别,杂刚玉的成分主要是刚玉(60%—70%)、磁铁矿、尖晶石、赤铁矿、珍珠云母、绿泥石、硬绿泥石、叶腊石、蓝晶石、十字石等多种矿物组成,而尖晶石-刚玉-碱性长石交代岩,其特点是矿物组合上的单一性,主要由三种矿物组成,特别是出现了大量碱性高温长石为特征。在岩石结构构造上,杂刚玉一般构成细粒集合体不均匀分布,但矿物排列常具有一定的方向,并往往残留有铝土矿的原生沉积构造。

综上所述,笔者认为这类富铝碱质交代岩的形成机理可能是岩浆晚期富含碱质组分( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ )和挥发分的伟晶岩流体与杂岩体内中石炭统的粘土岩、粘土质页岩或粘土质角岩等捕虏体作用时形成的交代产物。

本文电子探针分析数据由中国地质科学院矿床所探针组测定,岩石化学分析由中国地质科学院测试所完成,沙俊生协助进行了薄片显微照像,笔者在此表示感谢。

#### 参 考 文 献

- 1 赵一鸣,伍家善,韩发,罗镇宽. 陕西洛南地区镁矽卡岩型铁矿床的矿化蚀变特征和找矿标志. 中国地质科学院矿床地质研究所所刊, 1982, 第1号.
- 2 赵一鸣,林文蔚,毕承恩,李大新,蒋崇俊. 中国矽卡岩矿床. 地质出版社, 1990.
- 3 Шыбынин Л. И. Формация магнетита лых скандов. Издат. "Наука". Москва. 1973.
- 4 布申斯基 Г. И. 铝土矿地质学. 王恩孚等译. 地质出版社, 1984.

① 云南省区测二队,樊希全、罗绍峰(1974)。

## Spinel — Corundum-Alkali Feldspatite within Jinling Complex, Shandong Province: the Discovery of a very Rare Al-rich Metasomatite

Li Daxin Zhao Yiming

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

**Key word** spinel-corundum-alkali feldspatite, Al-rich alkali metasomatite, Jinling Complex of Shandong Province

### Abstract

During the field work in the Jinling skarn iron deposit of Shandong Province, the authors discovered a Al-rich alkali metasomatite composed of spinel-corundum-alkali feldspar in Jinling complex on the southwestern slope of Huashan Mountain.

Jinling rock body is a slightly basic-intermediate-intermediate (slightly alkaline) complex affected by late alkali metasomatite, which might be divided into gabbro diorite, biotite (amphibole) diorites, syenopegmatite and aplite dikes. In the rock body there are commonly lots of wall rock xenoliths of various sizes such as siliceous rocks with chert stripes and argillaceous hornfels, and the spinel-corundum-alkali feldspar metasomatite occurs just in the xenoliths. Being light white or dark grey in color, the metasomatite assumes massive form with local taxitic structure, and is composed of corundum (10% —25%), spinel (belonging chemically to ceylonite, (3% —7%), and anorthoclase (40% —55%) as well as small amounts of muscovite magnetite, rutile and zircon. Being genetically obviously different from complex corundum formed by metamorphism of clay deposit, it might be a metasomatic product formed through reaction between pegmatite fluids rich in late alkaline volatile components ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) and xenoliths of Carboriferous strata (claystone, clayey shale or clayey hornfels) within the complex body.

李大新等: 山东金岭杂岩体内尖晶石-刚玉-碱性长石岩——一种极罕见的富铝碱质交代岩的发现



图 版 说 明

- 照片 1 尖晶石-刚玉-碱性长石交代岩 由刚玉(短柱状、锥状高突起)、尖晶石(黑色)和碱性长石(白色负突起)组成 × 40
- 照片 2 刚玉-碱性长石交代岩 × 40
- 照片 3 刚玉-磁铁矿(黑色)-碱性长石交代岩, 含少量尖晶石 × 40
- 照片 4 伟晶岩细脉交代铝土质角岩, 中间白色条带为伟晶岩细脉, 脉壁两侧析出大量的细小刚玉和碱性长石(钠长石和钾长石) × 40