

# 玄武岩深源岩石包体及 金伯利岩中的尖晶石\*

董振信

(中国地质博物馆, 北京 100034)

**主题词** 尖晶石 玄武岩 金伯利岩 深源岩石包体

**提 要** 我国东部新生代玄武岩中深源岩石包体内的尖晶石类矿物属铬-尖晶石和铁-尖晶石, 金伯利岩及其地幔岩包体和金刚石中的尖晶石类矿物主要为铝-铬铁矿。玄武岩中橄榄岩类包体内的尖晶石比其辉石岩类包体中的尖晶石含 Cr 高, 含 Al 低, 这与 Cr 为相容元素、Al 为不相容元素、玄武岩中橄榄岩类包体是上地幔部分熔融出玄武岩浆后的残留物及其上地幔岩石的捕虏体、而辉石岩类是玄武岩浆结晶的产物有关。玄武岩中深源岩石包体中的尖晶石明显地比金伯利岩中的粗晶、地幔岩石包体及金刚石中的尖晶石含 Cr 低, 含 Al 高, 其主要原因是前者比后者形成的压力低。

我国东部新生代碱性玄武岩中的橄榄岩类和辉石岩类包体中, 常见到尖晶石类矿物。该矿物也常作为金刚石的伴生矿物赋存于金伯利岩中, 其主要产状组合为: 粗晶, 橄榄岩类包体中的副矿物及金刚石中的包体矿物。

## 1 尖晶石类矿物的形态、大小和环带

我国东部玄武岩中深源岩石包体内的尖晶石含量为 1%—10%。粒径小(0.1—1mm), 多呈不规则状, 分布于其它矿物颗粒之间, 有时与辉石和橄榄石形成文象连生体。很少见蚀变环礁状构造。

金伯利岩粗晶尖晶石为浑圆状及次浑圆状, 粒径为 1—5mm。常见蚀变环礁状构造<sup>[1-3]</sup>, 这与金伯利岩浆中含有大量的 CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O 等挥发份使其发生强烈的交代蚀变作用有关。

## 2 尖晶石类矿物的化学组份特征

### 2.1 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 及 Cr-Al 图

虽然我国东部新生代玄武岩中橄榄岩类包体内尖晶石类矿物的 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(1.70%—44%) 和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(25.06%—64.60%) 与辉石岩类包体内尖晶石类矿物的 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(0—6.15%) 和

\* 该项研究得到国家自然科学基金资助(批准号: 49472094)  
本文于 1996 年 3 月 31 日收到, 1996 年 5 月 13 日改回。

$\text{Al}_2\text{O}_3$  (56.77% —63.68%) 的变化范围有部分重合现象,但它们之间有较明显的差异,前者比后者  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  含量高,而  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量低。

我国东部玄武岩中深源岩石包体内的尖晶石的  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  和  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量与我国金伯利岩中粗晶尖晶石的  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (30.40% —62.72%) 和  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (3.07% —27.49%) 及与金伯利岩中橄榄岩类包体内的尖晶石的  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (36.12% —53.20%) 和  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (20.04% —35.02%)<sup>[3,4]</sup> 相比,有明显差异,尤其是与金刚石中尖晶石的  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (53.58% —67%) 和  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (1.98% —8.13%)<sup>[5,6]</sup> 的差异更明显,玄武岩中深源岩石包体中的尖晶石的  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  低,而  $\text{Al}_2\text{O}_3$  高。

上述不同产状的尖晶石类矿物的  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  和  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量方面的差异特征,也明显地表现在它们的 Cr-Al 原子数上(图1)。

所研究的尖晶石类矿物中的 Cr-Al 呈明显的负相关关系,而且它们在 Cr-Al 图(图1)上的成分投影点沿 Cr-Al 的八面体控制线内侧分布,这说明了在尖晶石八面体位置中,  $\text{Cr}^{3+}$  和  $\text{Al}^{3+}$  之间存在着广泛的类质同象现象。

## 2.2 FeO MgO 及 $\text{Fe}^{2+}$ -Mg

图

我国东部新生代玄武岩中橄榄岩类包体内尖晶石的  $\text{FeO}$  (2.52% —13.87%) 和  $\text{MgO}$  (14.09% —23.42%) 与其辉石岩类包体内尖晶石的  $\text{FeO}$  (9.34% —16.24%) 和  $\text{MgO}$  (14.92% —21.21%) 变化范围差异不大。在它们的  $\text{Fe}^{2+}$ -Mg 图上,也可看出这一点(图2)。

我国东部新生代玄武岩中深源岩石包体内尖晶石的  $\text{MgO}$  含量比我国金伯利岩中粗晶尖晶石的  $\text{MgO}$  含量 (9.92% —14.88%) 和金伯利岩中橄榄岩包体内尖晶石的  $\text{MgO}$  含量 (9.27% —14.26%) 及金刚石中尖晶石的  $\text{MgO}$  含量 (12.30% —15.30%) 略高,但有很大范围的重合。

从尖晶石的  $\text{FeO}$  含量变化范围来看,本区玄武岩中深源岩石包体内的尖晶石比我国金伯利岩中粗晶尖晶石的  $\text{FeO}$  含量 (1.96% —22.38%) 和金伯利岩中橄榄岩类包体内尖晶石的  $\text{FeO}$  含量 (14.41% —16.60%) 及金刚石中尖晶石包体的  $\text{FeO}$  含量 (7.38% —14.19%) 较低,且有大范围重合的现象。

从尖晶石的  $\text{Fe}^{2+}$ -Mg 图上可以看出,我国东部新生代玄武岩中深源岩石包体内的尖晶石与我国金伯利岩及其幔源岩石包体和金刚石中的尖晶石相比,具贫 Fe、富 Mg 的趋势。

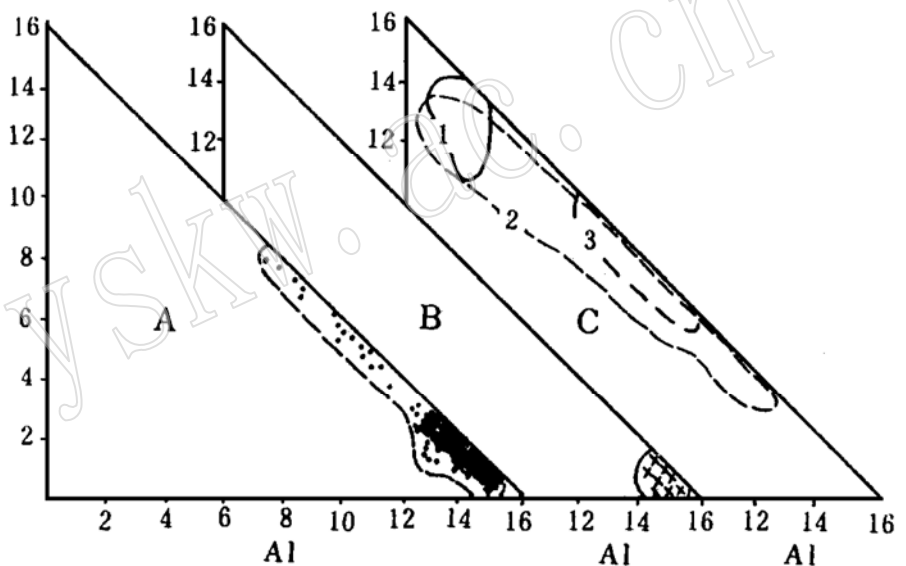


图1 玄武岩及金伯利岩中尖晶石类矿物的 Cr-Al 图

Fig. 1 Cr versus Al diagram spinels from basalts and kimberlites

A: 我国东部新生代玄武岩中橄榄岩类包体(本次工作);

B: 我国东部新生代玄武岩中辉石岩类包体(本次工作);

C: 1—金刚石中包体(董振信, 1991, 1994);

2—我国金伯利岩中粗晶尖晶石(董振信, 1980, 1991, 1994);

3—我国金伯利岩中橄榄岩类包体(董振信等, 1993)

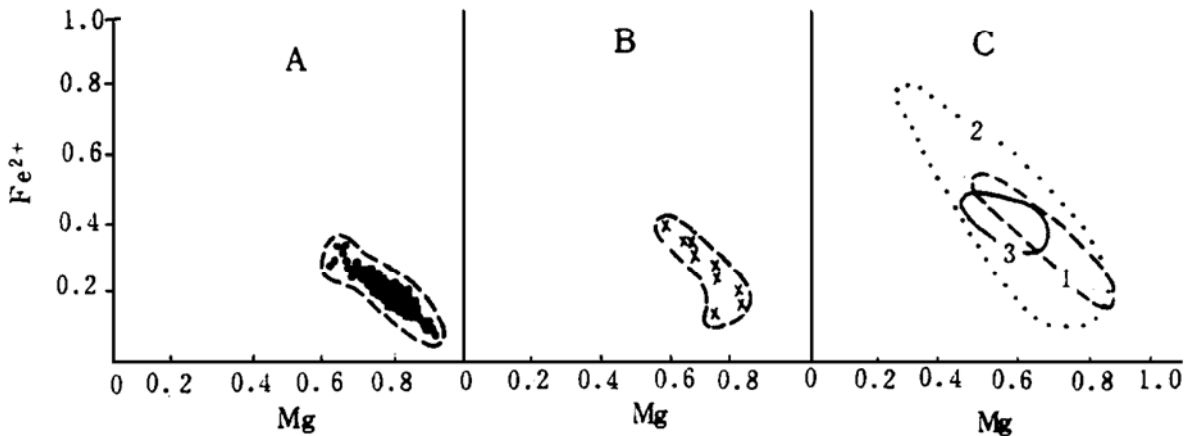


图2 玄武岩和金伯利岩中尖晶石的  $\text{Fe}^{2+}$ -Mg 图

Fig. 2  $\text{Fe}^{2+}$  versus Mg diagram of spinels from basalts and kimberlites

A: 我国东部新生代玄武岩中橄榄岩类包体; B: 我国东部新生代玄武岩中辉石岩类包体;

C: 1—金刚石中包体; 2—我国金伯利岩中粗晶尖晶石; 3—我国金伯利岩中橄榄岩类包体

(资料来源同图1)

尖晶石类矿物中的  $\text{Fe}^{2+}$  与 Mg 的含量呈明显的负相关关系, 而且它们的成分投影点沿其  $\text{Fe}^{2+}$ -Mg 图中的四面体控制线分布, 这充分说明了处于该类矿物中四面体位置的  $\text{Fe}^{2+}$  和 Mg 呈广泛的类质同象现象。

### 2.3 Cr/(Cr+Al) 及 $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+} + \text{Mg})$ 比值

从尖晶石类矿物的 Cr/(Cr+Al) 比值来看, 我国东部新生代玄武岩中橄榄岩类包体内尖晶石的 Cr/(Cr+Al) 比值比其辉石岩类包体内的尖晶石明显高, 仅有少部分重合(图3)。金伯利岩中粗晶尖晶石及其幔源岩石包体中的尖晶石, 尤其是金刚石中尖晶石的 Cr/(Cr+Al) 比值比玄武岩中深源岩石包体中尖晶石的 Cr/(Cr+Al) 比值高, 其重合部分很小。

从尖晶石的  $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+} + \text{Mg})$  比值来分析, 我国东部新生代玄武岩中橄榄岩类和辉石岩类包体中的尖晶石很难区分, 两者十分相近。但它们比金伯利岩中粗晶尖晶石及其幔源岩石包体中的尖晶石和金刚石中的尖晶石的  $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+} + \text{Mg})$  比值偏低。

在所研究的尖晶石类矿物的 Cr/(Cr+Al)- $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+} + \text{Mg})$  图中, 可以看出, Cr/(Cr+Al) 与  $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+} + \text{Mg})$  比值之间有呈正相关关系的趋势。

### 2.4 Cr-Al- $\text{Fe}^{3+}$ 三角形图及种属划分

在 Cr-Al- $\text{Fe}^{3+}$  三角形图中, 我国东部新生代玄武岩中辉石岩类包体内尖晶石的成分区位于近 Al 端点处, 表明它们的 Al/(Cr+Al+ $\text{Fe}^{3+}$ ) 比值高。玄武岩中橄榄岩类包体内尖晶石的成分区, 除少部分与辉石岩类内尖晶石的成分区重合外, 还表现了 Cr/(Cr+Al+ $\text{Fe}^{3+}$ ) 比值高的特征(图4)。

我国东部新生代玄武岩中深源岩石包体内的尖晶石与我国金伯利岩中粗晶尖晶石、金伯利岩中橄榄岩类包体内的尖晶石及金刚石中尖晶石包体矿物相比, Cr/(Cr+Al+ $\text{Fe}^{3+}$ ) 比值低, 而 Al/(Cr+Al+ $\text{Fe}^{3+}$ ) 比值高。所研究的各种产状的尖晶石, 在 Cr-Al- $\text{Fe}^{3+}$  三角形图中的投影点, 沿 Cr-Al 边方向展布, 而且靠近 Cr-Al 边, 这说明尖晶石中  $\text{Cr}^{3+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$  之间的类质同象现象是广泛的, 而  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{Cr}^{3+}$  和  $\text{Al}^{3+}$  之间的类质同象现象是有限的。

根据所研究的尖晶石在  $\text{Cr-Al-Fe}^{3+}$  三角形图中的位置,可以划分出它们的种属。我国东部新生代玄武岩中深源岩石包体内的尖晶石属铬-尖晶石及铁-尖晶石变种。而我国金伯利岩及其幔源岩石包体和金刚石中尖晶石矿物包体绝大部分属于铝-铬铁矿,少部分属铁-铬铁矿,而很少属于铬-尖晶石。

## 2.5 $\text{TFeO}'\text{-MgO}'\text{-Al}_2\text{O}_3'\text{-Cr}_2\text{O}_3'$ 图

在  $\text{TFeO}'\text{-MgO}'\text{-Al}_2\text{O}_3'\text{-Cr}_2\text{O}_3'$  丁字形图中,我国东部新生代玄武岩中辉石岩类包体内的尖晶石靠近  $\text{TFeO}'\text{-MgO}'\text{-Al}_2\text{O}_3'$  线分布,说明其  $\text{Cr}_2\text{O}_3'$  [即  $\text{Cr}_2\text{O}_3/(\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{TFeO})$  比值] 低。我国东部新生代玄武岩中橄榄岩类包体的尖晶石成分区离  $\text{TFeO}'\text{-MgO}'\text{-Al}_2\text{O}_3'$  线较远,则说明  $\text{Cr}_2\text{O}_3'$  值较高(图 5),  $\text{Al}_2\text{O}_3'$  值 [即  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{TFeO})$  比值] 较低。

我国金伯利岩中的粗晶尖晶石及其橄榄岩包体中的尖晶石,除少部分与玄武岩中橄榄岩类包体中的尖晶石成分区重合外,表现了  $\text{Cr}_2\text{O}_3'$  高、 $\text{Al}_2\text{O}_3'$  低的特点。金刚石中的尖晶石  $\text{Cr}_2\text{O}_3'$  高、 $\text{Al}_2\text{O}_3'$  低的特点最为突出,与玄武岩中深源岩石包体中尖晶石的  $\text{Cr}_2\text{O}_3'$  和  $\text{Al}_2\text{O}_3'$  值差异最明显。

从整体来看,所研究的尖晶石的  $\text{Cr}_2\text{O}_3'$  和  $\text{Al}_2\text{O}_3'$  呈负相关关系。

从尖晶石的  $\text{TFeO}'$  [即  $\text{TFeO}/(\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{TFeO})$  比值] 来看,玄武岩中深源岩石包体内的尖晶石与金伯利岩中的粗晶尖晶石及其幔源岩石包体中的尖晶石和金刚石中的尖晶石没有明显差异。

## 2.6 “氧化”及“还原”棱柱图

从尖晶石的“氧化”和“还原”棱柱图<sup>[7,8]</sup>(图 6)可以看出,我国东部新生代玄武岩中深源岩石包体内的尖晶石具有以下特点:

(1) 成分投影点位于棱柱图的底面内或接近底面,说明它们含  $\text{Fe}^{3+}$  和 Ti 较低,属于  $\text{MgAl}_2\text{O}_4\text{-MgCr}_2\text{O}_4\text{-FeCr}_2\text{O}_4\text{-FeAl}_2\text{O}_4$  系列。

(2) 成分区靠近  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  顶端,说明其成分中主要为  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  组份。

(3) 成分区呈狭长带状展布,随其  $\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al})$  比值升高,  $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+} + \text{Mg})$  比值也升

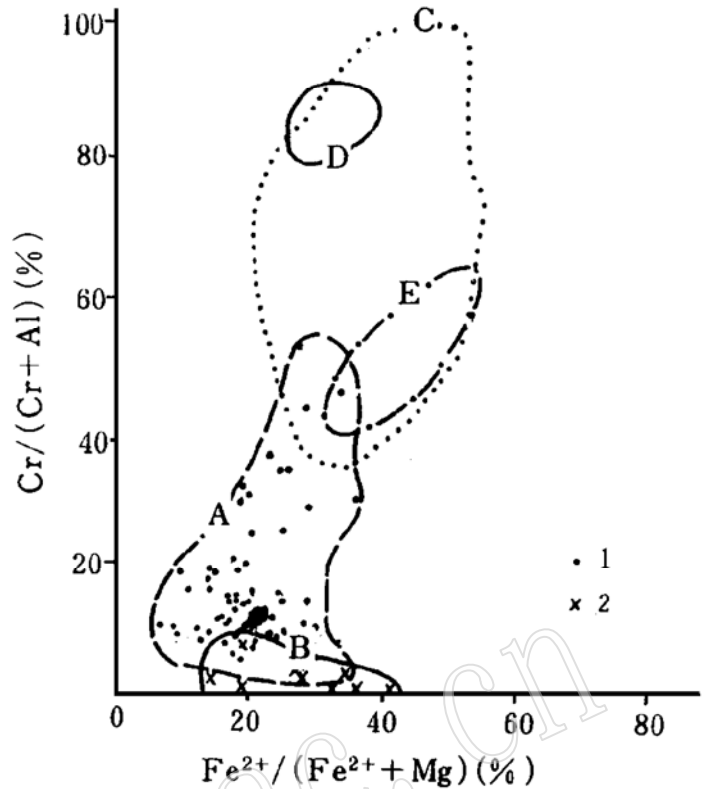


图3 玄武岩及金伯利岩中尖晶石的  $\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al})\text{-Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+} + \text{Mg})$  图

Fig. 3  $\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al})$  versus  $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+} + \text{Mg})$  diagram of spinels from basalts and kimberlites

1—玄武岩中橄榄岩类包体内的尖晶石;

2—玄武岩中辉石岩类包体内的尖晶石。

A: 我国东部新生代玄武岩中橄榄岩类包体;

B: 我国东部新生代玄武岩中辉石岩类包体;

C: 我国金伯利岩中粗晶;

D: 金刚石中尖晶石包体;

E: 我国金伯利岩中橄榄岩类包体

(资料来源同图1)

高。同时,  $Cr/(Cr+Al)$  比值的 变化范围比  $Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mg)$  比值的 变化范围大。

我国金伯利岩中粗晶尖晶石、橄榄岩类包体中的尖晶石,尤其是金刚石中的尖晶石包体矿物的成分区远离  $MgAl_2O_4$  端,而靠近  $MgCr_2O_4$  端,说明其成分中比玄武岩深源岩石包体中尖晶石含  $MgAl_2O_4$  组份低,而含  $MgCr_2O_4$  组份高。

## 2.7 端员组份

从作者系统计算的尖晶石的  $MgAl_2O_4$ 、 $Mg_2TiO_4$ 、 $Mn_2TiO_4$ 、 $Fe_2TiO_4$ 、 $MnCr_2O_4$ 、 $MgCr_2O_4$ 、 $FeCr_2O_4$  及  $Fe_3O_4$  的端员组份含量来看,我国东部新生代玄武岩中橄榄岩包体内的尖晶石与其辉石岩包体

内的尖晶石的主要端员组份为  $MgAl_2O_4$  (图 7), 并含少量的  $FeCr_2O_4$ 、 $MgCr_2O_4$  和  $Fe_3O_4$  组份,其它端员组份很少或不存在。

对比我国东部新生代玄武岩中两类不同的深源岩石包体中的尖晶石的端员组份,可以看出,橄榄岩类中尖晶石的  $MgAl_2O_4$  (44.35%—91.8%) 比辉石岩类中尖晶石的  $MgAl_2O_4$  (87.00%—95.32%) 低,但辉石岩类包体中的尖晶石不含  $MgCr_2O_4$  端员组份,而橄榄岩类包体中的尖晶石有时含  $MgCr_2O_4$  端员组份 (0—27.28%)。同时,辉石岩类包体中的尖晶石的  $FeCr_2O_4$  组份 (0—7.15%) 比橄榄岩包体中尖晶石的  $FeCr_2O_4$  组份 (0—32.06%) 偏低。

在尖晶石的端员组份方面,玄武岩中深源岩石包体中的尖晶石与金伯利岩中的粗晶尖晶石、橄榄岩类包体中的尖晶石及金刚石中的尖晶石有明显的差异。其主要表现在,玄武岩中深源岩石包体中尖晶石的  $MgAl_2O_4$  比金伯利岩中粗晶尖晶石的  $MgAl_2O_4$  (6%—59%) 及橄榄岩类包体中尖晶石的  $MgAl_2O_4$  (44.37%—59.93%) 较高,尤其是比金刚石中尖晶石的  $MgAl_2O_4$  (4%—15%) 明显高。从  $MgCr_2O_4$  组份来看,玄武岩中深源岩石包体内的尖晶石比金伯利岩中粗晶尖晶石 (2%—52%) 及橄榄岩类包体中尖晶石 (0—12.25%) 偏低,同时,

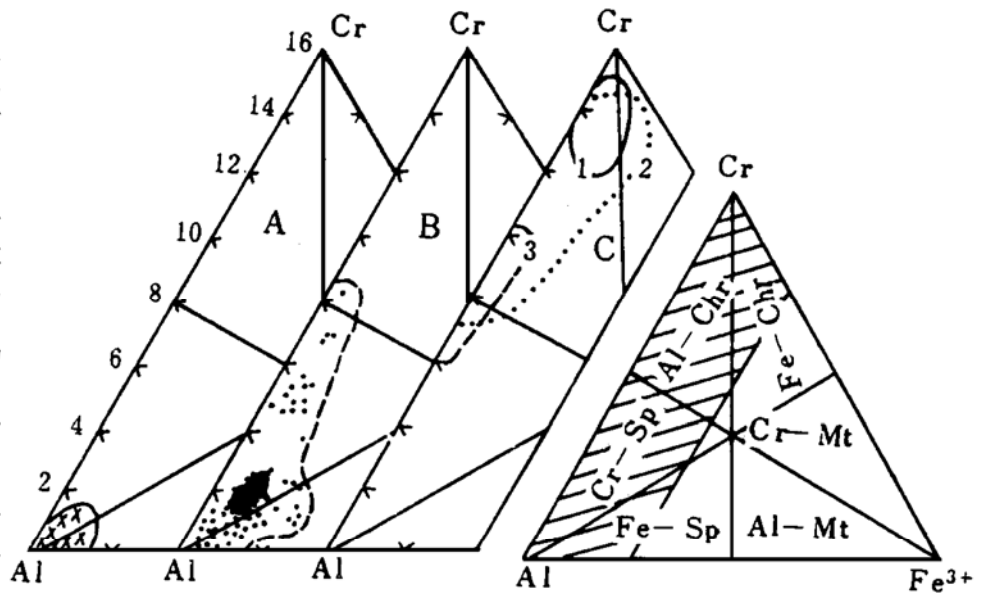


图 4 玄武岩及金伯利岩中尖晶石的  $Cr-Al-Fe^{3+}$  三角形图

Fig. 4  $Cr-Al-Fe^{3+}$  triangular diagram of spinels from basalts and kimberlites

A: 我国东部新生代玄武岩中辉石岩类包体;

B: 我国东部新生代玄武岩中橄榄岩类包体;

C: 1—金刚石中包体; 2—我国金伯利岩中粗晶;

3—我国金伯利岩中橄榄岩类包体

Al-Chr—铝-铬铁矿; Cr-Sp—铬-尖晶石; Fe-Sp—铁-尖晶石; Fe-Chr—铁-铬铁矿;

Cr-Mt—铬-磁铁矿; Al-Mt—铝-磁铁矿

(资料来源同图 1)

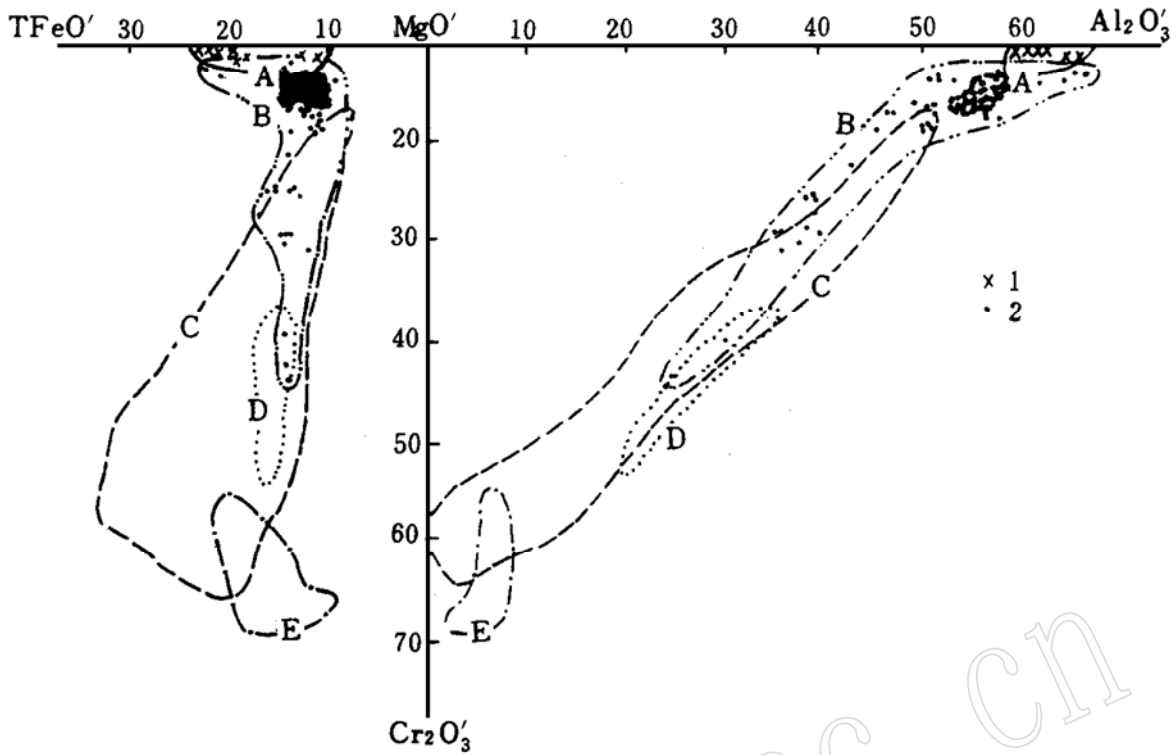


图5 玄武岩及金伯利岩中尖晶石的 TFeO'-MgO'-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>' 图

Fig. 5 TFeO'-MgO'-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>' diagram of spinels from basalts and kimberlites

1—玄武岩中辉石岩类包体内的尖晶石; 2—玄武岩中橄榄岩类包体内的尖晶石

A: 我国东部新生代玄武岩中辉石岩类包体; B: 我国东部新生代玄武岩中橄榄岩类包体;

C: 我国金伯利岩中粗晶; D: 我国金伯利岩中橄榄岩类包体; E: 金刚石中包体

(资料来源同图1)

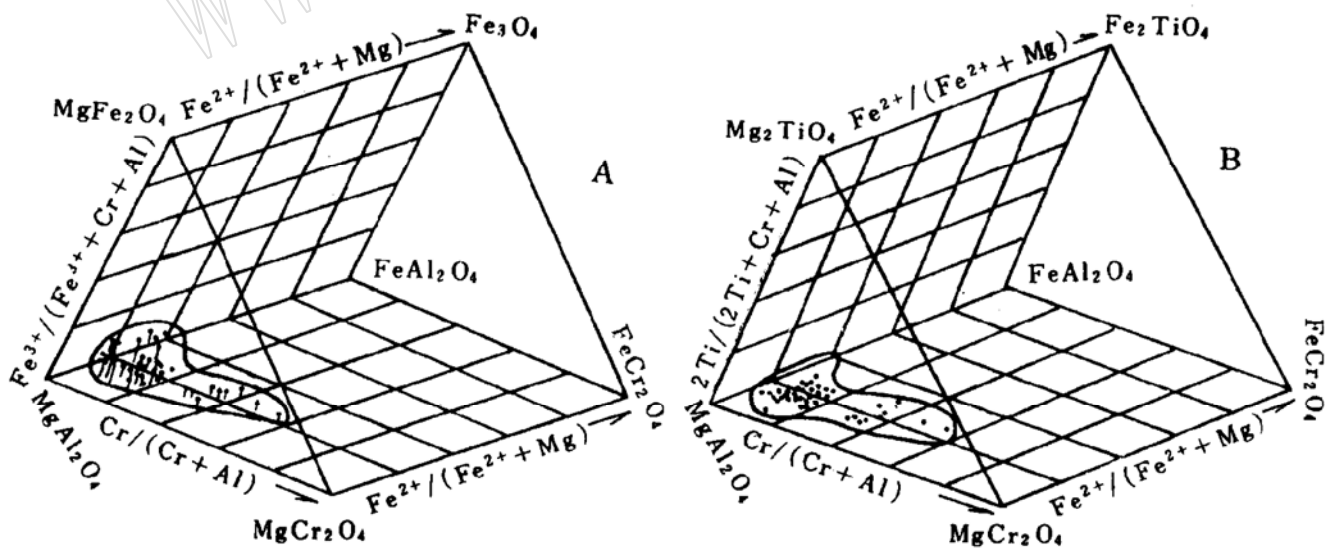


图6 玄武岩和金伯利岩中尖晶石“氧化”(A)和“还原”(B)棱柱图

Fig. 6 "Oxidation" (A) and "reduction" (B) prismatic diagram of spinels from basalts and kimberlites

(资料来源同图1)

比金刚石中尖晶石的  $MgCr_2O_4$  组份 (37.79% — 68.36%) 明显低。就  $FeCr_2O_4$  组份来分析,玄武岩中深源岩石包体内的尖晶石比金伯利岩中的粗晶尖晶石(15%—76%)及其橄榄岩类包体中的尖晶石(35.66%—51.18%)和金刚石中尖晶石(15.88%—45%)明显低。

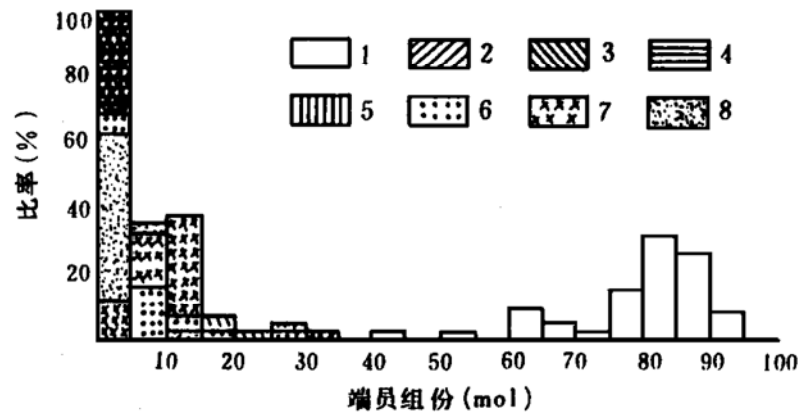


图7 玄武岩中深源岩石包体内尖晶石的端员组份

Fig. 7 End members of spinels from basalts and kimberlites

1— $MgAl_2O_4$ ; 2— $Mg_2TiO_4$ ; 3— $Mn_2TiO_4$ ; 4— $Fe_2TiO_4$ ; 5— $MnCr_2O_4$   
6— $MgCr_2O_4$ ; 7— $FeCr_2O_4$ ; 8— $Fe_3O_4$

(资料来源同图1)

### 3 成因分析

由上所知,我国东部新生代玄武岩中橄榄岩类包体内尖晶石的  $Cr_2O_3$  含量、 $Cr/(Cr+Al)$ 、 $Cr/(Cr+Al+Fe^{3+})$ 、 $Cr_2O_3/(Cr_2O_3+Al_2O_3+MgO+TFeO)$ 、 $MgCr_2O_4$  组份及  $FeCr_2O_4$  组份比其辉石岩类包体中尖晶石的高,而  $Al_2O_3$  含量、 $Al/(Cr+Al)$ 、 $Al/(Cr+Al+Fe^{3+})$ 、 $Al_2O_3/(Cr_2O_3+Al_2O_3+MgO+TFeO)$  及  $MgAl_2O_4$  组份比其辉石岩类包体中尖晶石的低。也就是说,两者的差异主要表现在  $Cr$  和  $Al$  的含量上。造成它们差异的原因是多方面的。 $Cr$  是一种相容元素, $Al$  是一种不相容元素。因为玄武岩中橄榄岩类包体是上地幔物质部分熔融的残留物及其上地幔岩石的捕虏体,因而其尖晶石富  $Cr$  而贫  $Al$ 。而玄武岩中辉石岩类包体为上地幔中玄武岩浆结晶的产物,因而贫  $Cr$  富  $Al$ 。

由单斜辉石温压计法<sup>[9]</sup>所计算的单斜辉石形成的温度、压力条件,可获得与其单斜辉石密切共生的尖晶石形成的温度、压力条件。玄武岩中深源岩石包体形成的温度(850—1300℃)、压力( $10 \times 10^8$ — $30 \times 10^8$ Pa)与我国金伯利岩中粗晶形成的温度(950—1300℃)、压力( $30 \times 10^8$ — $55 \times 10^8$ Pa)橄榄岩类包体形成的温度(1000—1350℃)、压力( $15 \times 10^8$ — $60 \times 10^8$ Pa)及金刚石(超镁铁岩型组合)形成的温度(960—1530℃)、压力( $27 \times 10^8$ — $106 \times 10^8$ Pa)相比,其形成的压力明显低,而形成的温度也有偏低趋势。这说明造成这些尖晶石成分中  $Cr$ 、 $Al$  含量差异的重要原因是其形成的压力(深度),而与形成的温度条件也有一定关系。同时,尖晶石中  $Cr$  组份越高,其形成的温度越高,特别是压力越高。

### 4 结论

综上所述,可以得到如下结论:

(1) 我国东部新生代玄武岩中深源岩石包体内的尖晶石多呈不规则状,分布于其它矿物颗粒之间或与辉石和橄榄石连生。很少见蚀变环礁状构造。

(2) 我国东部新生代玄武岩中橄榄岩类包体内的尖晶石,除少部分与其辉石岩类包体中尖晶石的  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  含量  $[\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al})]$ 、 $[\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})]$ 、 $[\text{Cr}_2\text{O}_3/(\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{TFeO})]$  变化范围重合外,大部分高于后者。而且,前者比后者含  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  低,含  $\text{MgCr}_2\text{O}_4 + \text{FeCr}_2\text{O}_4$  高,表现了低 Al、高 Cr 特征。

(3) 我国东部新生代玄武岩中橄榄岩类和辉石岩类包体中尖晶石成分的差异是由于组成该矿物的 Cr、Al 主要元素的地球化学性状和岩石包体成因的不同造成的。

(4) 我国东部新生代玄武岩中深源岩石包体中的尖晶石属于铬-尖晶石及铁-尖晶石变种。而我国金伯利岩中粗晶及其幔源岩石包体和金刚石中的尖晶石绝大部分属于铝-铬铁矿,少部分属铁-铬铁矿,很少部分属于铬-尖晶石。

(5) 我国东部新生代玄武岩中深源岩石包体比我国金伯利岩中的粗晶及其幔源岩石包体和金刚石中的尖晶石明显地富 Al、贫 Cr,而且也显示一定的富 Mg、贫 Fe 的特征。

(6) 玄武岩中深源岩石包体与金伯利岩中的粗晶及其幔源岩石包体和金刚石中的尖晶石的成分上的差异,主要是由它们形成的压力(深度)不同造成的。前者形成于 30—100km ( $10 \times 10^8$ — $30 \times 10^8$ Pa) 范围,后者形成于更深的范围之内。

#### 参 考 文 献

- 1 董振信,周剑雄. 我国金伯利岩中铬铁矿的标型特征及其找矿意义. 地质学报, 1980, 54(4): 284—298.
- 2 董振信. 金伯利岩铬尖晶石的特征及与其他岩类中铬尖晶石之对比. 地质论评, 1991, 37(6): 508—517.
- 3 董振信. 中国金伯利岩. 北京: 科学出版社, 1994, 114—298.
- 4 董振信. 我国金伯利岩中的深源岩石包体. 中国地质科学院院报, 1993, (26): 69—78.
- 5 董振信. 金刚石中的矿物包裹体. 矿物岩石, 1991, 11(3): 64—71.
- 6 Meyer H O A. Inclusion in diamonds. In: (Nixon, P H. ed.) mantle xenoliths. John Wiley and Sons, New York, 1987, 501—502.
- 7 Haggerty S E. The chemistry and genesis of opaque minerals in kimberlites. Phs. Chem. Earth, 1975, 9: 295—307.
- 8 Mitchell R H. Kimberlites: mineralogy, geochemistry and petrology. Plenum Press, New York, 1986, 216—235.
- 9 Mercier J C C. Single pyroxene geothermometry and geobarometry. Am. Mineral, 1976, 61: 603—615.



## Spinels in Deep-seated Xenoliths of Basalts and in Kimberlites

Dong Zhenxin

( Geological Museum of China, Beijing 100034)

**Key words:** spinel; basalt; kimberlite; deep-seated xenolith; eastern China

### Abstract

Spinels are widely present in peridotite and pyroxenite xenoliths within Cenozoic alkali basalts of eastern China, with their abundance typically ranging from 1% to 10%. They are small (0.1—1mm) and irregular crystals, sometimes forming graphic intergrowths with pyroxene or olivine.

Spinels from deep-seated xenoliths of Cenozoic basalts in eastern China belong to picotite and hercynite. Spinels from kimberlites, their mantle xenoliths and diamonds are dominated by aluminochromite, followed in order by ferrochromite, with rare picotite. Compared with those from pyroxenite xenoliths, spinels from peridotite xenoliths in Cenozoic basalts of eastern China are higher in  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al})$ ,  $\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al})$ ,  $\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3/(\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{TFeO})$  and  $\text{MgCr}_2\text{O}_4 + \text{FeCr}_2\text{O}_4$ -mol, but lower in  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . The reasons are as follows: chromium is a compatible element, but aluminium is an incompatible element; peridotites in basalts belong to the residual upper mantle after the removal of basaltic melts derived from partial melting of the upper mantle, and to mantle-derived xenoliths, thus causing their spinels to be rich in Cr and poor in Al. Pyroxenites in basalts are crystallization products of basaltic magma in the upper mantle, with their spinels poor in Cr and rich in Al.

Studies reveal that  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  content,  $\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al})$ ,  $\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al} + \text{Fe}^{3+})$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3/(\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{TFeO})$ ,  $\text{MgCr}_2\text{O}_4$  and  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$  of spinels from deep-seated xenoliths in basalts are notably low relative to those of macrocrystalline spinels from kimberlites, their mantle-derived xenoliths and diamonds, suggesting that the formation pressure of spinels in xenoliths of basalts is lower than that of spinels in kimberlites, their xenoliths, and diamonds.