

# 老林沟石榴石矿成矿的原岩变质相和变质反应

姚敬劬

(中南冶金地质研究所, 宜昌 443003)

[摘 要]老林沟石榴石矿的原岩为富铁粉砂质泥岩,经区域动力热流变质作用,在低角闪岩相至高角闪岩相的  $P$ 、 $T$  条件下,通过一系列变质反应形成。

[关键词]老林沟石榴石矿 原岩 变质相 变质反应

[中图分类号]P619.24+4,P588.3 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2000)03-0025-04



老林沟变质型石榴石矿位于湖北省兴山县境内,为一中型铁铝榴石矿床,伴生有矽线石,并以所产石榴石品质优良而著称。

## 岩石·矿物 1 含矿变质岩系类型及原岩恢复

### 1.1 含矿变质岩系类型

该区石榴石矿产于晚太古代早

元古代形成的黄良河组上段( $At_2 - Pt_1$ ) $h_3$ ,为片岩、片麻岩组合。就整个黄良河组而言,是由一套含石墨、石榴石富铝矿物的片岩、片麻岩、大理岩、石英岩组成,具有沉积变质岩的特征,属孔兹岩系(Khondalite)。

### 1.2 含矿变质岩系原岩恢复

根据各类岩石的地质产状、岩相、矿物组合、副矿物特征及化学组成,应用各种恢复原岩的图解判断原岩组成结果如下:

(1)含石墨云母片岩—黑云母斜长片麻岩:岩石具条纹条带状构造,石墨中见微古植物残留。副矿物以锆石、黄铁矿、磷灰石为特征。锆石颜色杂,经磨蚀,重结晶自形锆石中常见浑圆状深色锆石核心。稀土总量高,轻稀土富集、重稀土亏损。根据原岩理想矿物计算,原始沉积物中粘土为水云母,一般不出现高岭石。岩石化学投影落入泥质岩、泥质砂岩区,其原岩应为粘土岩、粘土质粉砂岩。

(2)黑云母斜长片麻岩、变粒岩、角闪云母斜长片麻岩:岩石中含石墨、斜长石较高,暗色矿物含量较少。岩石成层性良好,条带构造发育,具平衡镶嵌粒状结构,局部可见变余砂屑结构。副矿物以榍石、磷灰石、锆石、磁铁矿为主。锆石色杂,经磨蚀。稀

土元素总量高,且轻稀土富集、重稀土亏损。化学成分投影一般落入杂砂岩、粉砂岩、粘土质砂岩区,少数投入火成岩区。原岩应为长英质杂砂岩、粉砂岩、粘土质砂岩及少量酸性凝灰质粉砂岩。

(3)榴线英岩:为含云母较少的石榴石矽线石石英片岩,呈薄层状或透镜状产出,与石榴石石英岩及含高铝矿物的片岩呈渐变关系。矿物组合简单,普遍含石墨,具平衡镶嵌粒状结构。副矿物含量低,见锆石、钛铁矿。锆石呈浑圆状,颗粒小,具远源沉积特征。化学成分投影落入高铝粘土岩和粘土岩区。原岩为粘土岩。

### 1.3 矿区矿石原岩恢复

老林沟矿区共有三层石榴石矿,呈似层状与云母片岩相间,在剖面上具有韵律性,是原始沉积韵律层的反映。矿物组合以铁铝榴石、矽线石、蓝晶石、十字石、白云母、黑云母、石英为特征,是泥质岩变质的产物。反映基性火山岩成分的普通辉石很少,基性斜长石未见。副矿物有钛铁矿、磷灰石、锆英石、金红石等。矿石化学分析结果见表 1。

表 1 矿石化学成分 %

| 样号    | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | CaO  | MgO  | FeO   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|-------|------------------|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|------|------|-------|--------------------------------|
| 矿石 1  | 52.30            | 20.47                          | 0.44             | 0.098                         | 1.30             | 0.23              | 1.09 | 1.30 | 19.43 | 2.00                           |
| 矿石 2  | 52.58            | 21.96                          | 1.45             | —                             | 0.66             | 0.21              | 0.44 | 0.59 | 18.71 | 2.98                           |
| 粘土岩平均 | 51.00            | 19.73                          | 0.75             | 0.176                         | 2.75             | 0.89              | 3.54 | 2.23 | 1.43  | 3.17                           |

\*:据维纳格拉多夫,1962 测试单位:中南冶金地质研究所测试中心

由表 1 可知,矿石中最主要的成分为 SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 FeO,三者之和占总量的 92.3%~93.25%。其余成分依次为 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、K<sub>2</sub>O、MgO、CaO、Na<sub>2</sub>O 等。与粘土岩平均成分比较,一个显著的特点是富含 FeO。化学成分在尼格里 al - alk 和 C 关系图解上,落在正常粘土岩范围,由于该图解中不含  $f_m$  因素,因此未能反映成分的富铁特征。在西蒙南图解上(图 1)则明

显看出,由于  $f_m$  值高使投影点落在泥岩的一个特殊区域,并且由于  $Si$  值较大,暗示原岩中含有石英粉砂。据此可以推断矿石的原岩是富铁的粉砂质泥岩。根据矿物标准成分计算,原岩应由水云母、高岭石、铁绿泥石、石英、菱铁矿等组成。这种特定的化学组成是本区矿石形成的物质基础,含铁和铝高是生成铁铝榴石的必要条件,含铝高是形成矽线石的必要条件,若要形成含铁铝榴石 30%,并有矽线石伴生的矿石,其含  $FeO$  必须大于 10%,并有足够的铝和硅与之匹配。

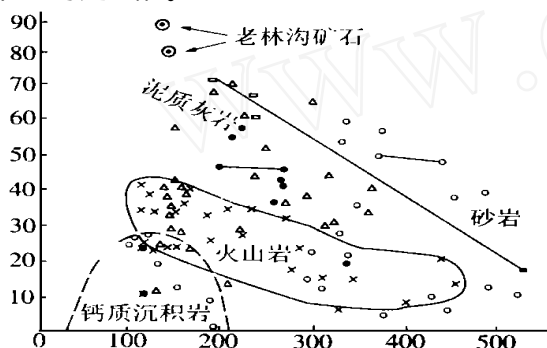


图1 矿石成分的西蒙南图解

晚太古代晚期和早元古代初期鄂西地区发生一定程度的克拉通化,出现了原始大陆和边缘海盆,在地壳相对较为稳定的条件下沉积了泥质岩、泥质粉砂岩、碳酸盐岩及石英砂岩。在局部地段和一定的时限内,沉积物中铁质富集,形成了富铁粉砂质泥岩层,即是现今石榴石矿的原岩。

## 2 成矿变质相和变质反应

### 2.1 变质矿物共生组合和变质相

原岩经吕梁期(23.32~21.72 亿年)动力热流变质作用形成石榴石矽线石云母片岩型矿石,其矿物共生组合经镜下鉴定有如下 8 种类型(表 2)。

表 2 矿石矿物共生组合类型

| 序号 | 矿物共生组合              | 在共生图解中位置 | 典型标本号   |
|----|---------------------|----------|---------|
| 1  | 铁铝榴石+十字石+黑云母+斜长石+石英 | 2 区      | 157-1   |
| 2  | 矽线石+铁铝榴石+白云母+石英     | 4+6 区    | - 采 4   |
| 3  | 铁铝榴石+矽线石+斜长石+黑云母+石英 | 1+2 区    | T-12    |
| 4  | 白云母+黑云母+铁铝榴石+石英     | 5 区      | 153-1   |
| 5  | 铁铝榴石+黑云母+石英         | 3 区      | $K_0-3$ |
| 6  | 石榴石+长石+黑云母+石英       | 3 区      | N-35    |
| 7  | 铁铝榴石+十字石+白云母+黑云母+石英 | 4+5 区    | 154-1   |
| 8  | 铁铝榴石+蓝晶石+白云母+石英     | 4 区      | N-5-1   |

由表 2 可知,石英在各类型中均有出现, $SiO_2$  为过剩组分。 $FeO$  与  $MgO$  及  $Al_2O_3$  在铁铝榴石、十字石及黑云母中发生类质同象,因此  $MgO$ 、 $Fe_2O_3$  为类质同象组分。据  $(Al, Fe)O_3$ 、 $CaO$ 、 $(Fe, Mg)O$  和  $K_2O$

四种有效惰性组分构筑 ACF 和  $A'KF$  共生图解如图 2 所示。由于矿石平均成分投影点很靠近 AF 边和  $A'F$  边,于是出现的矿物共生组合均为靠近相应边的各三角形区,远离该边区域的矿物出现很少。

由矿石的矿物共生组合、指相特征矿物和界定变质相的变质反应可确定该区变质相属低角闪岩相至高角闪岩相。绿泥石、硬绿泥石、叶蜡石已消失,十字石普遍存在,白云母和石英是矿石的主要成分说明变质相以低角闪岩相为主;另一方面由白云母与石英反应生成矽线石和钾长石的情况已经出现,表明温压条件已向高角闪岩相过渡。

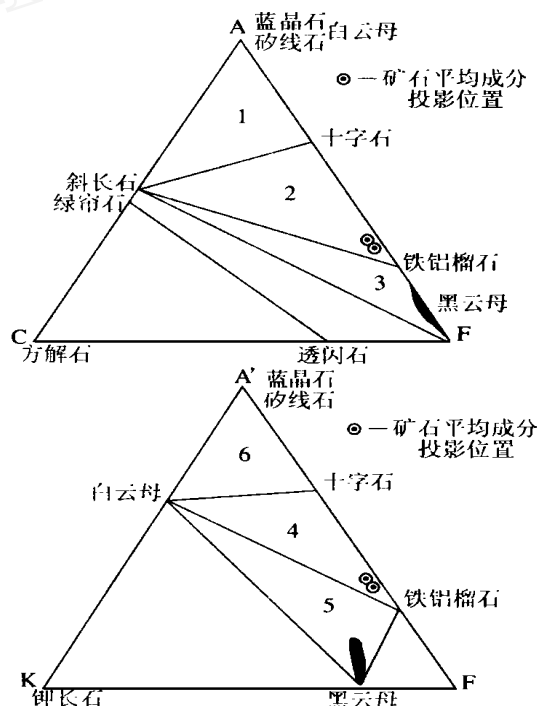
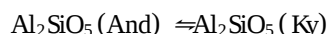


图2 矿石矿物共生组合 ACF 和  $A'KF$  图

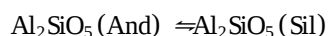
### 2.2 矿石形成温压条件

根据变质反应平衡温压方程可计算该区矿石形成的  $P$ 、 $T$  条件。有关的平衡方程见图 3。图中各平衡方程为:



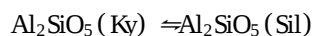
(红柱石) (蓝晶石)

$$P(kb) = 9.565 \times 10^{-3} T - 0.43 \quad T(^\circ C) = 560 \sim 620$$



(红柱石) (矽线石)

$$P(kb) = -0.0125 T + 5.3 \quad T = 630 \sim 800$$



(蓝晶石) (矽线石)

$$P(kb) = 0.024 T - 9.5 \quad T = 630 \sim 800$$

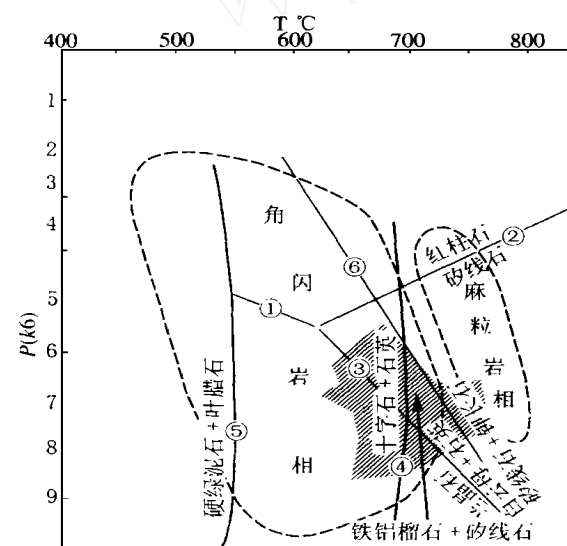


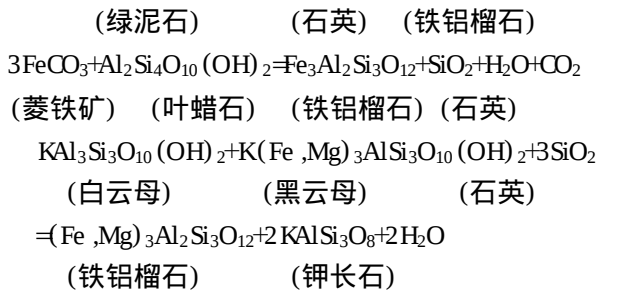
图 3 矿区动热变质 P—T 图解  
(角闪岩相界线据特纳(1968);图中阴影线区表示成矿温压范围)

老林沟矿区高铝矿物以矽线石为主,并与蓝晶石共存,未见红柱石,因此变质温压条件应沿反应线变化,同时十字石与铁铝榴石普遍共存,温压条件又应符合反应线。由、计算出交点 A 的温压数值为  $P = 7.3 \text{ kb}$ ,  $T = 700$ ,即为矿区动力热变质的中心条件,其变化范围如图中阴影线所示,  $P = 5.5 \text{ kb} \sim 8.5 \text{ kb}$ ,  $T = 600 \sim 750$ 。

2.3 有用矿物形成的变质反应

2.3.1 石榴石

构成原岩的水云母、高岭石、绿泥石、石英、菱铁矿等在变质初期,石英发生重结晶,水云母脱水转化成白云母,高岭石与石英反应形成叶蜡石。进而,白云母和绿泥石作用形成黑云母。当温度达到 500,压力 4 kb 时即可有铁铝榴石生成:



当温压升至角闪岩相,有十字石晶出时,石榴石又可按图 3 反应 方式生成,这种铁铝榴石与矽线石或蓝晶石共生。

由上可知,该区石榴石在变质过程的不同阶段均可形成,随着温压递增,后阶段形成的不断替代前阶段形成的,最后在变质高潮时期,形成粗大变斑晶。其中富含的其他矿物包裹体,或排列成与片理一致的残缕状,或出现 S 形弯曲,说明这种石榴石是同构造期的产物。

不同变质阶段产出的铁铝榴石化学组成和晶胞参数将发生有规律的变化:随着温压升高,矿物中 FeO + MgO 的含量逐渐增加, CaO + MnO 的含量相应降低,晶胞参数也随之减小。该区铁铝榴石成分见表 3,在变质程度关系图上的投影见图 4。

表 3 铁铝榴石化学组成

| 样号  | FeO   | MgO  | CaO  | MnO   | $\frac{(\text{FeO}+\text{Mg})}{(\text{CaO}+\text{MnO})}$ |
|-----|-------|------|------|-------|----------------------------------------------------------|
| A-1 | 29.52 | 0.03 | 1.02 | 28.97 |                                                          |
| A-2 | 29.39 | 0.22 | 0.78 | —     | 37.96                                                    |
| A-3 | 31.58 | 0.13 | 1.19 | —     | 26.65                                                    |
| A-4 | 30.62 | 0.17 | 1.19 | —     | 25.87                                                    |
| A-5 | 30.27 | 1.91 | 2.07 | 0.63  | 11.91                                                    |
| A-6 | 35.45 | 1.25 | 0.67 | 0.46  | 32.48                                                    |

晶胞参数均为  $1.15240 \pm 0.01715 \text{ nm}$ ,测试单位:中南冶金地质研究所测试中心。

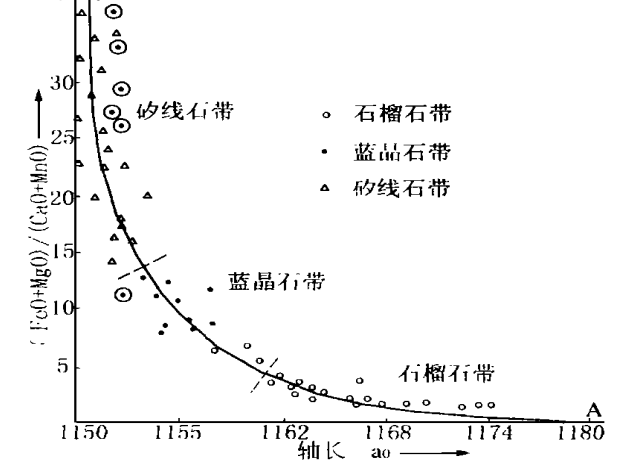


图 4 石榴石成分与变质程度关系

由图表知,该区铁铝榴石属泥质岩系高级变质,矽线石带的产物。FeO、MgO 含量高, CaO、MnO 含量

(下转第 31 页)

## CHARACTERISTICS OF TERTIARY PERIOD BASALT OF THE MIDDLE TANLU FAULT BELT AND THE RELATIONSHIP OF CORUNDUM

YU Xiao - yan, YAO Xiao - mei, HAN Ping

**Abstract** :The tertiary period basalt characteristics , geochemistry were studied. The volcanic rock types are classified and named. The relationship between basalt and corundum were discussed.

**Key words** :Tanlu fault , tertiary period basalt , corundum genesis



第一作者简介:

余晓艳 女,1964年生。1987年毕业于武汉地质学院,岩石矿物学专业,获学士学位。1992年在中国地质大学(北京)获硕士学位。现为中国地质大学(北京)副教授,在职博士研究生。主要从事岩石学、宝石学和非金属材料科研和教学工作。

通讯地址:北京市海淀区学院路29号 中国地质大学(北京)材料科学与工程学院 邮政编码:100083

(上接第27页)

低,晶胞参数小,晶体结构堆积紧密,使之具有高硬度(7.5~7.8)、高密度(4.04)和良好的韧性。经国家磨料磨具质量监督检验中心检验,认为是“较理想的自由磨或有机结合剂磨具的石榴石磨料”。

### 2.3.2 砂线石

该区砂线石形成方式有如下三种:

(1)由红柱石或蓝晶石相变而成,结晶较粗,长柱状或束状产出。

(2)由十字石和石英反应而成。这时砂线石与十字石、铁铝榴石紧密共生,或与云母交错组成片理。

(3)在高角闪岩相条件下,由白云母和石英反应而成(图3反应)。形成的砂线石多呈毛发状,并有钾长石出现。

### 3 小结

(1)老林沟石榴石矿的原始物质是在晚太古代早元古代鄂西原始陆块边缘海中,通过正常沉积方式形成,变质为孔兹岩。

(2)形成矿石的原岩为富铁粉砂质泥岩,其特殊的化学组成是成矿的物质基础。铁铝含量均高是形成矿石必不可少的条件。

(3)低角闪岩相至高角闪岩相的变质温压条件是使该区石榴石品质优良的主要原因之一。

[参考文献]

- [1] 姚敬劬. 磨料用石榴石的性质与成分及成因的关系[J]. 岩石矿物学杂志,1997(增刊):222~227.
- [2] 叶利谢夫 H.A. 变质作用[M]. 北京:科学出版社,1966.
- [3] 温克勒 H.G.F. 变质岩成因[M]. 北京:科学出版社,1980.

## METAMORPHIC FACIES AND REACTIONS OF ORIGINAL ROCK IN LAOLINGOU GARNET DEPOSIT

YAO Jing - qu

**Abstract** :The original rock of Laolingou garnet deposit is a siltelite and rich in iron. The garnet deposit was formed by a series of metamorphic reactions , which has been undergone low to high amphibolite facies P, T condition.

**Key words** :Laolingou garnet deposit , original rock , metamorphic facies , metamorphic reaction



第一作者简介:

姚敬劬(1941年-),男。1964年毕业于浙江大学地质系。现任中南冶金地质研究所副所长、教授。为现届中国金属学会冶金地质学会理事、岩矿专业委员会主任,湖北省地质学会、湖北省矿物岩石地球化学学会理事。主要从事矿床地质研究。

通讯地址:湖北省宜昌市胜利一路 中南冶金地质研究所 邮政编码:443003