

西藏阿里西部八面体假像透辉石、透闪石和绿泥石的化学标型特征

薛君治 任迎新 赵延明

(中国地质大学, 武汉)

主题词: 透辉石; 绿泥石; 八面体假像; 化学标型性; 西藏

提 要: 阿里西部超镁铁岩带八面体假像透辉石具有富钙贫铝的化学特点和降温降压的晶胞参数。八面体假像绿泥石具有富硅贫铝和贫铁的特点, 它们都与地壳浅成热水产物的透辉石和绿泥石的化学特征完全不同。而它们可能是超镁铁岩由地幔上升侵位的早期所形成的热水交代产物。本文讨论了由尖晶橄榄石向八面体假像硅酸盐矿物转变的交代反应。

我们曾于1983年介绍过阿里西部地区铬铁矿矿石副矿物中的八面体假像绿泥石和蛇纹石的发现, 以及它们的主要特点^[1]。随着对另一个人工重砂样品蛇纹岩的进一步研究, 又相继发现了八面体假像的透辉石和透闪石等副矿物。这为探讨超镁铁岩带八面体假像矿物的标型意义和寄主岩石的成因, 提供了更多的事实依据。本文除进一步介绍这些假像矿物的基本特征之外, 着重讨论八面体透辉石和绿泥石的化学标型特征。从矿物化学标型特征可以提供寄主岩石的成因信息。

一、样品产状

所研究的两个人工重砂样品, 采自阿里西部同一个北西西走向断裂带中的超镁铁岩带。后者侵位的地层是下白垩统。第一号样品是铬铁矿矿石, 其主要矿物为铬铁矿, 共生矿物有少量的磁铁矿、纤蛇纹石和利蛇纹石。该样品中主要出现的是八面体假像绿泥石, 其次是八面体蛇纹石。第二号人工重砂样品是蛇纹岩, 它的原岩为辉橄岩; 主要矿物皆已变成蛇纹石, 共生矿物有少量的铬铁矿和磁铁矿。该岩石中的八面体假像矿物尤为稀少。但是假像矿物的种类则较多, 有透辉石、透闪石和绿泥石。1983年介绍的八面体假像矿物^[1]是产于第一号人工重砂中的。本文所研究的是第二号样品的八面体假像矿物。

二、八面体假像矿物的主要特征

1. 八面体透辉石 假像透辉石呈完好的八面体晶体(照片1), 其粒径为0.04—0.08mm, 呈浅绿色透明之单晶。在油浸薄片中为无色; 正突起较高; 斜消光, $c \wedge Ng$ 为35—38°; 二轴晶正光性, 光轴角中等。

四个假像八面体透辉石颗粒的化学成分如表1所示。它们的特点是: Al 含量低, 单位分子式中 Al 离子数为0.01—0.07; Ca 含量较高, 单位分子式中 Ca 离子数为0.91—0.97; 相对富 Mg, 其离子数是0.88—0.93。

表1 八面体假像透辉石的化学成分

Table 1 Chemical composition of octahedral pseudomorphic diopside

矿物编号 组份及离子数	1	2	3	4
SiO ₂ (wt%)	53.21	54.16	53.99	54.84
TiO ₂	0.14	0.06	0.11	0.08
Al ₂ O ₃	1.47	0.59	0.61	0.21
FeO	3.27	2.71	2.05	1.38
MgO	15.86	16.86	16.85	16.87
MnO	0.12	0.12	0.11	0.07
CaO	23.08	23.02	24.27	24.57
K ₂ O	0.02	0.00	0.00	0.00
Na ₂ O	0.41	0.29	0.13	0.19
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00
Si	1.98	2.01	2.00	2.02
Al ^{IV}	0.02	0.00	0.00	0.00
Al ^{VI}	0.05	0.03	0.03	0.01
Ti	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	0.10	0.08	0.06	0.04
Mg	0.88	0.93	0.93	0.93
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.92	0.91	0.91	0.97
Na	0.03	0.02	0.01	0.01
Al/Si	0.033	0.013	0.013	0.004
Mg/(Mg + Fe + Mn)	0.895	0.915	0.933	0.954

注：为电子探针分析，由中国有色总公司矿产地质研究院丁颖测定（1986年6月）。

八面体假像透辉石颗粒经 RASA-5RP 型四圆单晶衍射仪测定，证实为单晶体颗粒，并测得晶胞参数为： $a_0 = 9.721 \text{ \AA}$ ， $b_0 = 8.895 \text{ \AA}$ ， $c_0 = 5.247 \text{ \AA}$ ， $\beta = 106.009^\circ$ ， $V_0 = 436.14 \text{ \AA}^3$ 。这些参数表明，它是降温降压条件下的产物（详见参考文献〔2〕和〔3〕）。

2. 立方体—菱形十二面体—八面体聚形透闪石 假像透闪石为完好的八面体、菱形十二面体和立方体之聚形晶体（照片2），其粒径是0.04—0.08mm。呈浅绿色透明的单晶体。在油浸薄片中为无色；中等正突起；二轴晶负光性，光轴角较大。由于样品保存上的原因，未能作化学成分的测定。通过四圆单晶衍射仪测定，得到如下的晶胞参数： $a_0 = 9.857 \text{ \AA}$ ， $b_0 = 17.992 \text{ \AA}$ ， $c_0 = 5.274 \text{ \AA}$ ， $\beta = 104.85^\circ$ 。

3. 八面体绿泥石 第二号人工重砂样品中的假像绿泥石，呈完好的八面体晶形（照片3）；它的粒径为0.06—0.10mm。其颜色是浅紫红色，与第一号人工重砂样品中的八面体假像含铬绿泥石的颜色相同。后者的特点在1983年已作过详细介绍^{〔1〕}，这里不再赘述。

三、讨 论

（一）矿物的化学标型特征

鉴于八面体假像矿物的数量极少（五十多公斤样品中只有十几个颗粒）和粒度很小，测试数据有限，我们只能对透辉石和绿泥石两种假像矿物的化学标型特征进行讨论。

1. 八面体假像透辉石 自然界里透辉石的成因产状比较广泛, 既有岩浆成因 (从超镁铁岩至碱性岩成因都有), 又有变质成因 (接触变质与区域变质成因) 和热液成因。其中超镁铁岩成因的透辉石以相对贫 Ca 为最大特点。我们根据 32 个透辉石化学成分资料^[4] 的统计, 在超镁铁岩成因透辉石的单位分子式中, Ca 离子数的 0.95 概率置信区间是 0.811—0.879, 明显不足于 1。而离子数比值 Al/Si, 从总体来讲, 比其它成因透辉石的 Al/Si 值显得大些, 其 0.95 置信区间为 0.069—0.123。至于 $Mg/(Mg+Fe+Mn)$ 的比值, 则与其它岩成因者没有多大差别, 而一般小于变质成因和热液成因者。超镁铁岩成因者的该值 0.95 置信区间是 0.862—0.914。上述置信区间详见图 1 中的 A 区。

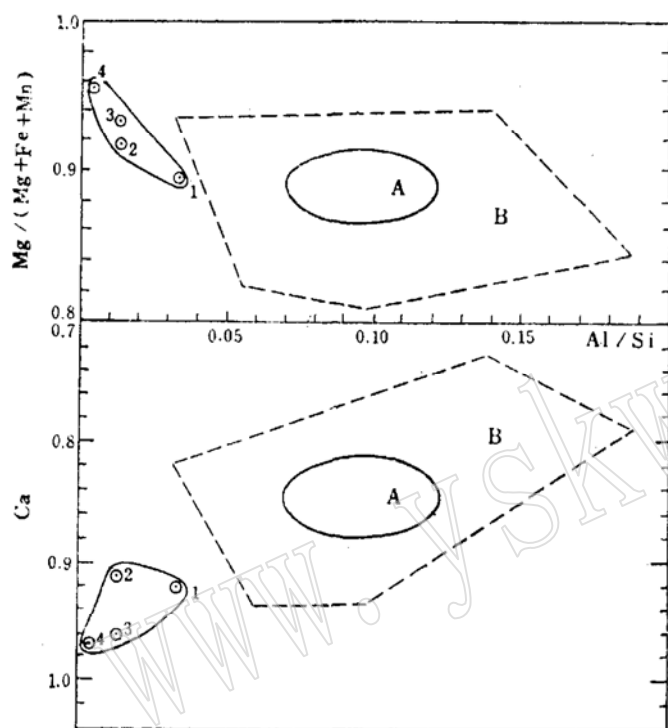


图 1 透辉石化学标型图

Fig. 1 Chemical typomorphic diagram of diopside

A—超镁铁岩透辉石的 0.95 概率置信区间, B—超镁铁岩透辉石的分布范围, 1、2、3、4—阿里西部八面体假像透辉石

阿里西部八面体假像透辉石虽然产于超镁铁岩 (蛇纹岩) 中, 但是它的化学成分却明显偏离超镁铁岩成因透辉石的 0.95 概率置信区间。前者单位分子式中的 Ca 离子数为 0.91—0.97, 要比后者富 Ca。尤为突出的是, 前者的 Al/Si 值比后者偏小, 为 0.004—0.033。同时, 前者的 $Mg/(Mg+Fe+Mn)$ 值也有所偏离, 并且朝着相对富 Mg 的方向偏离 (表 1)。这些化学特征反映在图 1 上是一目了然的。这说明八面体假像透辉石不是超镁铁岩的原生矿物, 而是交代产物。参照铝质橄榄岩类超镁铁岩中单斜辉石的化学成分与温度的相关性来看^[5], 当温度下降时, 单斜辉石中 Ca 含量相应增多, 而 Al 含量相应减少。那么, 八面体透辉石所具有的富 Ca 贫 Al 之特征, 恰好表明它是降温条件下的产物。再加上前面已提及的, 八面体透辉石的晶胞参数是与实验研究中降温降压透辉石的参数一致^{[2][3]}。因此, 八面体假像透辉石显然是降温降压条件下的交代产物, 与超镁铁岩体侵位上升过程中的交代作用有关。

2. 八面体假像绿泥石 众所周知, 天然绿泥石的成因产状比透辉石更加多种多样。对于不同成因绿泥石的化学标型特征常有过总结 (王金富, 1964; Кебезинскас, К. Б., 1965)^{[6][7]}。超镁铁岩绿泥石的特点是贫铁、富镁和贫铝, 它们的 0.95 概率置信区间如图 2 中的 A 区和 B 区所示。图中横座标的 $f\%$ 是绿泥石的含铁系数, 为 $100Fe^{2+}/(Fe^{2+}+Mn+Mg)$; 纵座标上的 Al 和 Si 分别为绿泥石单位分子式中的离子数。由图 2 可见, 热液脉、花岗岩和绿泥片岩的绿泥石以相对富铁、贫镁和富铝为特征, 它们的 0.95 置信区间如 C 区所示 (A、B、C 区均据 Кебезинскас, К. Б., 1965)^[7]。从图 2 可以进一步看出, 超镁铁岩绿泥石随

着岩石蚀变交代作用的增强,即由A区向B区发展,其化学成分是朝着相对富铝和富铁的方向发生变化。

阿里八面体含铬绿泥石的化学成分具体如下^[1]:

- (1) $(\text{Mg}_{5.05} \text{Al}_{0.57} \text{Cr}_{0.28} \text{Fe}_{0.04}^{2+} \text{Fe}_{0.03}^{3+} \text{Ni}_{0.01} \text{Na}_{0.01})_{5.99}[(\text{Si}_{3.15} \text{Al}_{0.85})_4 \text{O}_{10}][\text{OH}]_8$
- (2) $(\text{Mg}_{5.32} \text{Al}_{0.38} \text{Cr}_{0.26} \text{Fe}_{0.12})_{6.06}[(\text{Si}_{3.26} \text{Al}_{0.74})_4 \text{O}_{10}][\text{OH}]_8$
- (3) $(\text{Mg}_{5.18} \text{Al}_{0.48} \text{Cr}_{0.23} \text{Fe}_{0.08} \text{Ni}_{0.04} \text{Ca}_{0.01})_{6.00}[(\text{Si}_{3.32} \text{Al}_{0.68})_4 \text{O}_{10}][\text{OH}]_8$
- (4) $(\text{Mg}_{5.56} \text{Al}_{0.24} \text{Cr}_{0.19} \text{Fe}_{0.10})_{6.09}[(\text{Si}_{3.40} \text{Al}_{0.60})_4 \text{O}_{10}][\text{OH}]_8$

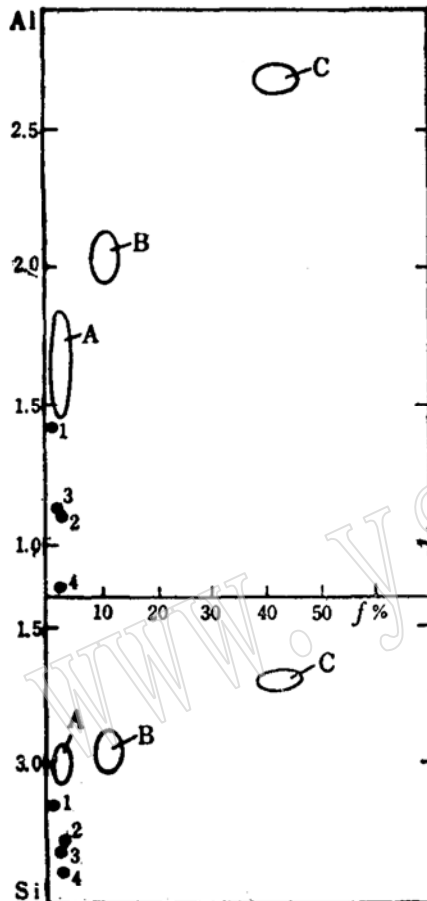


图2 绿泥石化学标型图

Fig. 2 Chemical typomorphic diagram of chlorite

A—不同程度蚀变的超镁铁岩的绿泥石0.95置信区间, B—蛇纹岩和滑石菱镁岩的绿泥石0.95置信区间, C—石英脉、花岗岩和绿泥片岩的绿泥石0.95置信区间, 1、2、3、4—阿里西部八面体假像绿泥石, Al、Si、f%—见文中说明。(A、B、C据Кеңе жинскас К. Б., 1965)^[7]

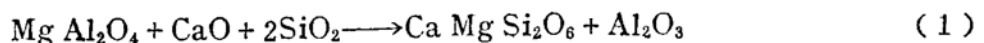
从化学成分可以看出八面体假像绿泥石的特点是, 相对贫铝(单位分子式中Al离子数为0.84—1.42)和相对富硅(单位分子式中Si离子数为3.15—3.40); 而且十分贫铁, 上列四个颗粒的含铁系数f%依次分别为0.79、2.20、1.52和1.78。所以, 八面体绿泥石尽管产于超镁铁岩中, 但是它们却明显偏离超镁铁岩绿泥石的0.95置信区间。更为特殊的是它们偏离的方向, 与一般超镁铁岩蚀变交代中绿泥石的演化方向(即图2中由A至B的变化方向)完全不同; 与一般热液成因的绿泥石(图2的C区)则更加不同的这一事实正好与前述八面体透辉石化学成分的偏离特点(即朝贫铝、富硅和贫铁的方向偏离)相一致。

八面体假像透辉石和绿泥石的这种成分演化特点表明, 它们不具有地壳浅成热液交代产物的一般特征, 而可能反应地壳深部以至地幔上部的水作用产物的特征。换句话说, 八面体假像硅酸盐可能是, 地幔物质上升侵位阶段热水交代作用所遗留下来的矿物。

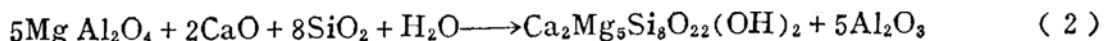
(二) 矿物交代的途径

在八面体假像透辉石、透闪石、蛇纹石和绿泥石所赋存的岩石中, 具尖晶石结构的原生矿物可能有两个, 一个是尖晶石($\text{Mg Al}_2\text{O}_4$), 另一个是尖晶橄榄石(即r-尖晶石, ringwoodite, Mg_2SiO_4)。

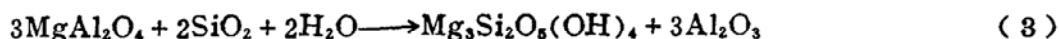
现在先分析尖晶石的交代途径。由它形成假像矿物的四个主要反应如下:



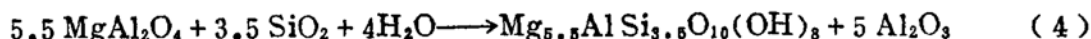
(尖晶石, Sp) (透辉石, Di)



(Sp) (透闪石, Tr)



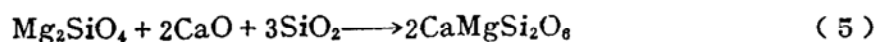
(Sp) (蛇纹石, Serp)



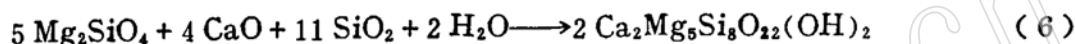
(Sp) (绿泥石, Chl)

很显然, 这些矿物交代反应的结果都要产生相当数量的 Al_2O_3 组份。该组份除了进入流体之外, 也会进入部分矿物中。但是, 前面已介绍过, 八面体假像矿物的赋存岩石中的矿物组合里除绿泥石外, 没有任何富铝的矿物。不仅如此, 就是八面体绿泥石和透辉石本身, 也不是朝富铝的方向变化, 而是朝贫铝的方向变化 (图1、图2)。因此, 这种交代途径在解释上有较大的困难。

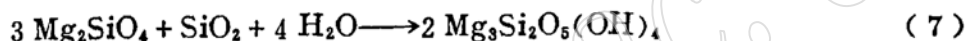
下面分析尖晶橄榄石的交代途径。由它形成八面体假像矿物的主要反应是:



(尖晶橄榄石, Rw) (Di)



(Rw) (Tr)



(Rw) (Serp)



(Rw) (Chl)

除此之外, 我们在 1983 年曾介绍过⁽¹⁾, 个别八面体颗粒是由绿泥石 (边部) 和蛇纹石 (核心) 组成的后成合晶。因此在尖晶橄榄石向蛇纹石转变之后, 还存在下列反应:

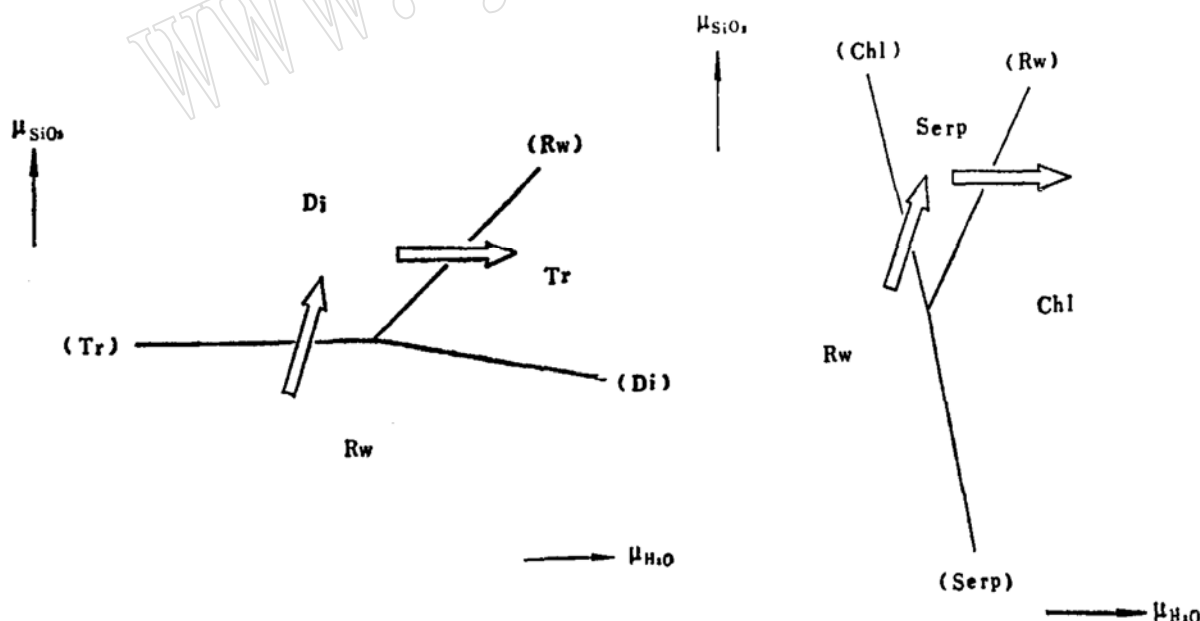


图3 $\text{Rw} \rightarrow \text{Di} \rightarrow \text{Tr}$ 矿物交代平衡

Fig. 3 Metasomatic equilibria of ringwoodite, diopside and tremolite

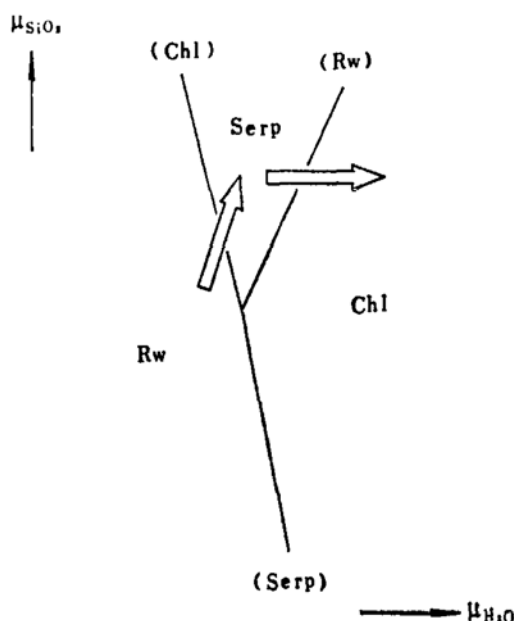


图4 $\text{Rw} \rightarrow \text{Serp} \rightarrow \text{Chl}$ 矿物交代平衡

Fig. 4 Metasomatic equilibria of ringwoodite, serpentine and chlorite

cations in Geophysics, pp. 255—266.

Chemical Typomorphic Characteristics of Pseudomorphic Octahedral Diopside, Tremolite and Chlorite in Western Ali, Tibet

Xue Junzhi, Ren Yingxin, Zhao Yanming

(China University of Geosciences, Wuhan)

Key words: Diopside; chlorite; octahedral pseudomorph; chemical typomorphism; Tibet

Abstract

The pseudomorphic octahedral chlorite and serpentine in chromitite of western Ali, Tibet were previously discussed by the authors (1983). Recently, they have found pseudomorphic octahedral diopside, tremolite, and chlorite in serpentinized harzburgite of the same area. The Ca-rich and Al-poor characteristics of octahedral diopside suggest a metasomatic reaction under the condition of lowering temperature and pressure. This is consistent with the characters of cell parameters of octahedral diopside. The Si-rich and Al-poor features of octahedral chlorite are similar to conditions of octahedral diopside, but are completely different from the chemical characters of hypabyssal hydrothermal chlorite. The octahedral diopside is also obviously distinct from diopside of hypabyssal altered ultramafite in chemical composition. The chemical features of these two octahedral silicates may be attributed to hydrothermal metasomatism during the early stage uplifting and emplacement of the mantle rock. The reactions of ringwoodite-octahedral diopside-octahedral tremolite and ringwoodite-octahedral serpentine-octahedral chlorite are dealt with in this paper.

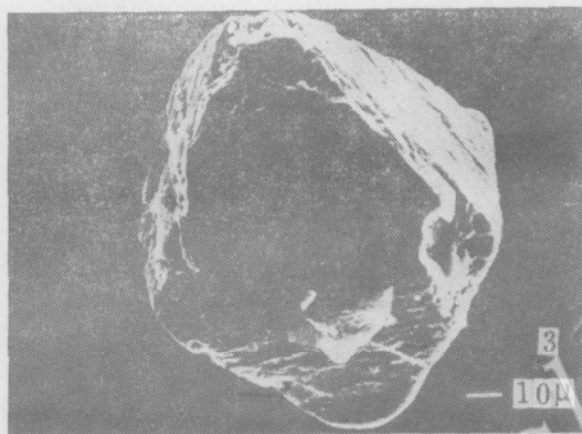
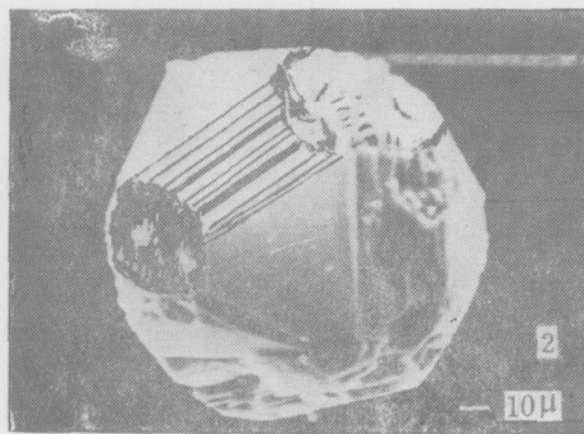
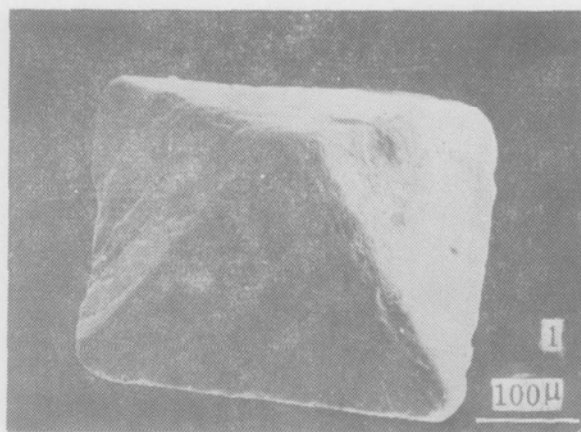


图 版 说 明

照片 1. 八面体假像透辉石 (标尺长100微米)

照片 2. 具菱形十二面体和立方体的八面体假像透闪石 (标尺长10微米)

照片 3. 八面体假像含铬绿泥石 (标尺长10微米)

www.yskw.ac.cn