

文章编号: 1009-3850(2002)03-0060-09

## 四川会理小青山地区钠长(石)岩成因初探

沈立成, 刘洁, 张萌, 王奖臻, 陆彦

(成都理工大学 沉积地质研究所, 四川 成都 610059)

**摘要:** 笔者从岩石学、岩石化学、稀土元素地球化学特征等方面对小青山地区的钠长岩进行了初步探讨。该区的钠长岩主要受构造控制, 分布于破碎带及其两侧, 具有从中心到围岩的对称分带性特征。钠长岩中存在大量的交代残余结构。通过岩石化学成分和稀土元素地球化学特征, 尤其是通过 Q 型群分析表明: 该区的钠长岩化学成分复杂, 且与千枚岩/板岩有一定的相关性。笔者认为该区的钠长岩为热液交代的产物, 其被交代的原岩主要为古元古界的一套富含 Si 和 Al 的浅变质岩系。区内的铜(金)矿床与钠长岩的形成作用密切相关。

**关键词:** 钠长(石)岩; 热液交代; 铜(金)矿床; 四川会理

中图分类号: P581

文献标识码: A

国内外研究表明, 钠长岩有多种不同的成因类型, 其中包括喷流沉积成因和交代成因。喷流沉积成因的钠长岩由热水溶液沿海盆中同生断层喷溢到海底经沉积交代等作用而形成, 它们在产状上具有成层性, 并有一套特定的微量元素组合及稀土元素配分模式。在我国已多处发现这类钠长岩<sup>[1,2]</sup>。交代成因的钠长岩是分布最多的一种钠长岩, 主要由富含Na质的热液作用于以泥质为主的岩石, 经交代充填等作用形成以钠长石为主(钠长石含量大于50%)的岩石; 交代过程中有大量的Na带入岩石中, 而带出K、Fe、Mg等。在四川会理小青山铜(金)矿区的交代钠长岩主要与其围岩——石英板岩/千枚岩有密切的相关关系, 形成一种产状特殊的岩石, 有人称之为钠长石英板岩<sup>[3]</sup>。

### 1 地质概况

小青山地区位于扬子准地台西缘康滇地轴中段, 其东西两侧分别为小江断裂及安宁河断裂。古元古界小青山组是区内出露最广泛的地层, 也是小

青山铜(金)矿最主要的赋矿层位。本区构造部位特殊, 系川滇南北向构造带与南岭东西向构造带西延之复合处。构造应力反复交替, 且具有多期性和继承性特点, 前期构造对后期构造的限制和后期构造对前期构造的改造; 不同体系的构造相互干扰现象突出, 形迹复杂, 且受南北向与东西向两个挤压应力场的反复交替作用, 而产生的北西向断裂尤为发育<sup>[4]</sup>。

该区岩浆活动较活跃, 岩浆岩出露广泛, 以基性侵入岩为主, 包括辉长岩、辉绿岩、辉绿辉长岩、辉绿玢岩等; 有少量的中酸性侵入岩零星出露, 如闪长岩。产状以深成的到浅成的岩体、岩脉为主。据铅同位素组成测定, 辉长岩的年龄为850~950Ma, 表明区内的岩浆侵入活动属晋宁期的产物<sup>[5]</sup>。

### 2 钠长(石)岩的空间分布特征及岩石学特征

#### 2.1 产出状态及空间分布特征

钠长岩产于古元古界小青山组中, 总体上呈似

层状、透镜状、脉状。似层状钠长岩延伸不远,同时有交代的时断时续的条纹;透镜状钠长岩主要分布于断裂破碎带附近;脉状产出的钠长岩受构造控制,有沿劈理面、节理面交代蚀变痕迹。在小青山沟石英钠长岩中可见碳质板岩交代残留体(图版I);在大垮崖沟及小青山沟发现有含矿石英-方解石脉或含硫化物方解石脉向两侧依次出现钠长岩脉、钠长石化绢云母千枚岩、绢云母千枚岩或碳质千枚岩的渐变过渡及对称分带现象(图版II)。钠长岩通常规模不大,宽从几厘米至几米都有,延伸长度为几米至十几米,而钠长石化带(钠长石化板岩、钠长石化千枚岩等)最宽可达几十米。在整个小青山地区,钠长岩主要沿北西向断层断续延伸呈透镜状或不规则状分布,可见到钠长角砾岩分布(图版III)。钠长岩脉的走向约为 $105^{\circ}$ ,与断层走向基本一致,钠长岩脉的产出受断层控制,表明铜(金)矿床、钠长岩及断层三者关系密切。

2.2 岩石学特征

钠长岩多呈灰白色或肉红色,块状构造及(变余)角砾状构造,且常有原岩的片理、劈理及微褶皱等构造形迹的残余或假象;矿物成分主要有钠长石和石英,次要矿物为绢云母、绿泥石、方解石、白云石,副矿物为电气石、金红石,多数含黄铜矿、黄铁矿,其中方解石、白云石、绿泥石等的含量与钠长岩的后期变化作用类型及强度有关。

镜下见有各种交代结构,尤以交代假象结构最为发育,如变质成因的石榴子石被钠长石所交代,但仍保留其原形态(图版IV)。由于交代作用的多期性及交代作用强度的不均匀性,致使整个岩石的结构极为不均匀。有时在钠长岩中可见板岩残留体存

在,可形象地称为“地层残影体”(图版V)。钠长石占整个岩石的50%以上,最高可达90%,粒径多为0.04~0.2mm。钠长石往往呈不规则粒状、楹柱状,边缘不平整。钙长石An小于10%,且多数为5%左右。另外岩石中常有较多的石英,含量5%~10%,最高可达40%左右,此时应称为石英钠长岩。石英的产状有两种:一种是与钠长石同时形成的,与钠长石粒度相近的它形粒状;另一种是后期形成的,粒度往往很大,且与方解石不共生。石英与钠长石之间为镶嵌接触,可见石英颗粒包裹钠长石微晶,或较自形的钠长石部分嵌于石英颗粒之中(图版VI)。岩石中还可见电气石,多呈自形短柱状,粒度较小,多为0.04mm左右,它是钠质热液交代作用不彻底产物,交代彻底时电气石消失(图版IV)。岩石中另有小鳞片状绢云母残留,偶见钠长石岩中有菱形的白云石产出。

2.3 交代分带

野外观察和室内薄片鉴定均表明:从钠长岩到两侧围岩均存在着对称分带性(图1,图版II)。围岩为千枚岩或板岩到钠长岩,岩石的颜色逐渐变浅,致密程度加大。岩石中矿物成分也呈渐变关系(IV带→I带):白云母、黑云母、石榴子石逐渐减少;而钠长石逐渐增多,甚至当交代作用很强很彻底时,I带成为纯钠长石岩(Ab大于90%);石英先增多(IV带→II带)再减少(II带→I带);电气石含量由低至高(IV带→III带),最后又减少趋于消失(III带→I带)。白云母、黑云母、石榴石的减少,即证明岩石在蚀变过程中K、Al的带出;而钠长石的增多表明此过程中Na的带入。

从矿物成分的变化,可以推断交代作用中存在

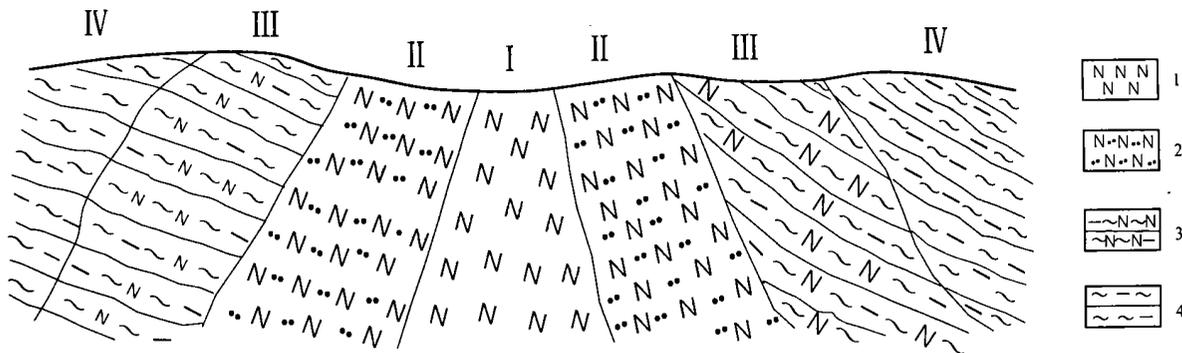


图1 钠长岩交代分带示意图

1. 钠长岩; 2. 含电气石石英钠长岩; 3. 钠长石化硅质千枚岩; 4. 碳质千枚岩

Fig. 1 Sketch to show the replacement and zoning of the albitite from the study area

1= albitite; 2= tourmaline-containing quartz albitite; 3= albitized siliceous phyllite; 4= carbonaceous phyllite



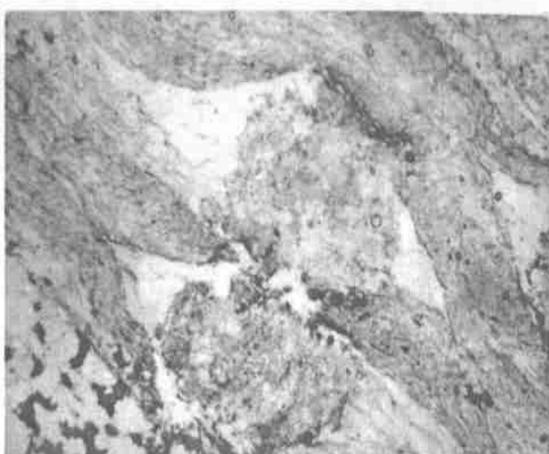
图版 I



图版 II



图版 III



图版 IV

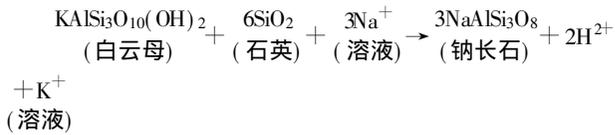


图版 V



图版 VI

如下转变关系式:



从上述式子可以得知,要发生钠长石化,其前提是:围岩中应富大量的硅,热液提供 Na 质形成钠长石,而把 K 带走。

### 3 钠长(石)岩的化学特征

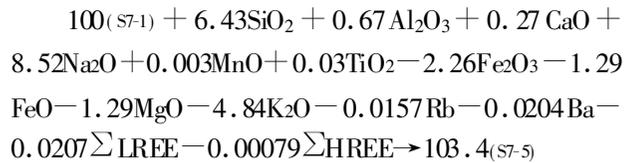
#### 3.1 岩石化学成分特征

据钠长岩化学分析资料(表1),岩石中SiO<sub>2</sub>含量变化较大,为47.77%~74.22%,远比国内外典型的细碧-角斑岩系变化大,且从这些数值反映其原岩组分经蚀变交代的不均匀性,导致岩石化学成分差别较大。Na<sub>2</sub>O含量为4.88%~10.13%,平均为7.44%,且Na<sub>2</sub>O含量均大于K<sub>2</sub>O,即w(K<sub>2</sub>O)/w(Na<sub>2</sub>O)<1(平均值0.07031),属于钠质岩类。从绢云母千枚岩(14号)到钠长石化千枚岩(15、16号)至石英钠长岩(17号)为同一露头上连续取样分析发现,其岩石化学成分呈规律性变化:钠质(Na<sub>2</sub>O)依次增高,而钾(K<sub>2</sub>O)则递减,存在明显的交代作用特征。说明钠长石化作用过程中随交代程度的增强,存在着Na质的增加,而K被带出。

A. 西蒙南(1953)在研究芬兰西南部变质岩原岩恢复提出了(al+fm)-(c+alk)对si图解<sup>[6]</sup>。基于变质前后岩石化学成分不变,因而能很好地区分出3

种不同原岩类型,而且每一类原岩都有相对集中的分布区。由此可以认为主要是在封闭体系中,变质前后没有化学成分的带入带出,那么一定类型的变质岩就应与一定类型的原岩相对。换句话说,在封闭体系中,一定类型的变质岩的投点相对集中于某区,反之,若在岩石形成过程中发生了交代作用,体系中有组分的带进带出,那它们的化学成分有很大的变化,在该图解上的投点就会很分散(图2)。据B. E. 得克 c-mg图解也有同样结论(图3)<sup>[6]</sup>。

从这一事实证明,尽管钠长岩的原岩均为小青山组千枚岩及板岩,但随着交代强度的不同及热液组分的差异,就导致了钠长岩化学成分的复杂性,在这个过程中存在物质的带入和带出。根据王奖臻利用Giesens(1976)提出的组分-体积法<sup>[3]</sup>,计算出表1中绢云母千枚岩(14号)转变为石英钠长岩(17号)过程中组分的得失:



(式中单位均为g)。

此式进一步说明,在钠长(石)岩化过程中,Na<sub>2</sub>O、SiO<sub>2</sub>带入,K<sub>2</sub>O、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO带出,而Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基本保持不变;微量元素Ba、Rb及稀土元素特别是轻稀土元素有更多带出。

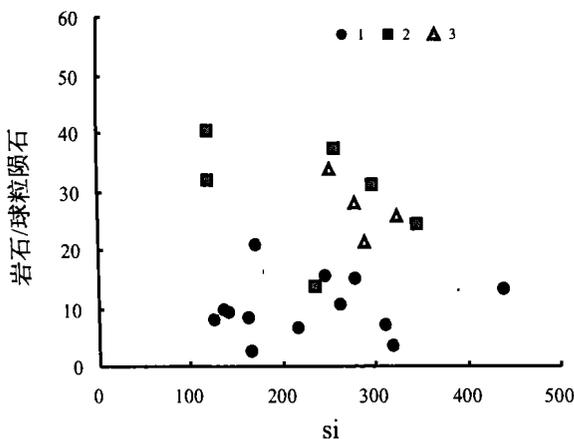


图2 [(al+fm)-(c+alk)]-si图解

1. 钠长(石)岩; 2. 板岩或千枚岩; 3. 钠长石化板岩或千枚岩

Fig. 2 (al+fm)-(c+alk) versus si diagram

1= albite(albitite); 2= slate or phyllite; 3= albitized slate or phyllite

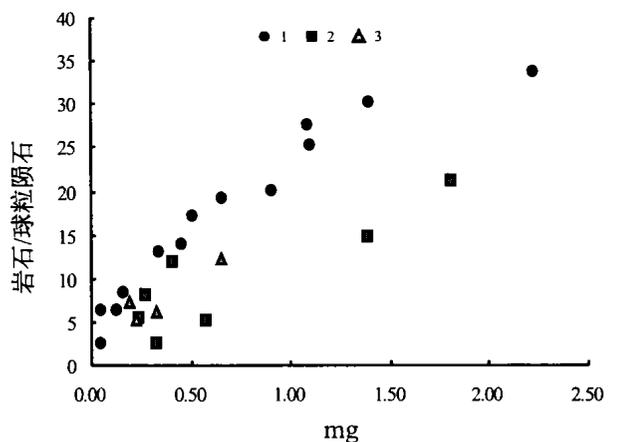


图3 c-mg图解

(图例与图2相同)

Fig. 3 c versus mg diagram

(See Fig. 2 for the symbols)

表 1 小青山地区岩石化学成分 ( $w_B/\%$ ) 与其尼格里值  
Table 1 Chemical compositions ( $w_B/\%$ ) and Niggli's values for the rocks from the Xiaqingshan region

| 序号 | 原编号       | 岩石名称       | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO  | TiO <sub>2</sub> | MnO  | MgO  | CaO   | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 烧失   | Cu    | Au*  | al    | fm    | c     | alk   | si     | al + fm -<br>(c + alk) | mg   |
|----|-----------|------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------------------|------|------|-------|------------------|-------------------|-------------------------------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|--------|------------------------|------|
| 1  | 2020      | 石英钠长岩      | 60.00            | 16.27                          | 0.17                           | 1.15 | 0.75             | 0.06 | 2.76 | 3.66  | 0.20             | 9.26              | 0.13                          | 5.41 | 0.01  | 0.09 | 34.40 | 18.86 | 14.07 | 32.67 | 215.30 | 6.52                   | 0.45 |
| 2  | 2020-1    | 石英钠长岩      | 57.77            | 14.17                          | 0.95                           | 2.68 | 0.60             | 0.14 | 5.30 | 8.41  | 0.35             | 7.24              | 0.01                          | 2.37 | 0.16  | 0.13 | 23.47 | 30.85 | 25.33 | 20.35 | 162.38 | 8.64                   | 1.09 |
| 3  |           | 石英钠长岩      | 67.76            | 11.31                          | 0.28                           | 1.78 | 0.70             | 0.08 | 2.17 | 3.49  | 0.27             | 6.39              | 0.08                          | 5.82 | 0.03  | 0.39 | 30.61 | 22.97 | 17.17 | 29.24 | 311.22 | 7.17                   | 0.51 |
| 4  | Yjxx-3    | 石英钠长岩      | 74.22            | 10.18                          | 1.15                           | 1.15 | 1.03             | 0.05 | 1.15 | 2.09  | 0.51             | 4.88              | 0.12                          | 3.48 | —     | —    | 35.54 | 21.23 | 13.27 | 29.96 | 439.75 | 13.55                  | 0.34 |
| 5  | Yjxx-4    | 石英钠长岩      | 58.21            | 13.27                          | 0.82                           | 1.82 | 0.42             | 0.09 | 5.37 | 9.06  | 0.24             | 7.48              | 0.04                          | 3.17 | —     | —    | 22.25 | 29.08 | 27.61 | 21.06 | 165.60 | 2.64                   | 1.08 |
| 6  | Yjxx-5    | 钠长石化碳质千枚岩  | 61.05            | 19.92                          | 2.23                           | 0.83 | 1.41             | 0.02 | 1.44 | 0.55  | 4.01             | 4.39              | 0.14                          | 4.01 | —     | —    | 49.58 | 19.16 | 2.49  | 28.78 | 257.84 | 37.47                  | 0.32 |
| 7  | Yjxx-6    | 硅化钠化碳质板岩   | 65.44            | 15.83                          | 4.10                           | 0.63 | 1.17             | 0.02 | 1.03 | 1.16  | 2.56             | 4.87              | 0.12                          | 3.05 | —     | —    | 42.23 | 23.38 | 5.63  | 28.76 | 296.25 | 31.22                  | 0.24 |
| 8  | Me-28     | 铜矿化石英钠长岩   | 63.58            | 18.71                          | 1.99                           | 0.48 | 0.95             | 0.01 | 0.32 | 0.61  | 0.53             | 10.13             | 0.07                          | 2.71 | 1.43  | —    | 45.52 | 9.84  | 2.70  | 41.94 | 262.49 | 10.73                  | 0.05 |
| 9  | Me-27     | 石英钠长岩      | 52.70            | 11.87                          | 2.91                           | 4.08 | 0.80             | 0.20 | 5.15 | 10.61 | 0.33             | 5.54              | 0.26                          | 5.51 | —     | —    | 18.71 | 35.97 | 30.40 | 14.93 | 140.94 | 9.35                   | 1.38 |
| 10 | 坑 1       | 含石英钠长岩     | 61.50            | 19.19                          | 1.04                           | 1.47 | 0.30             | 0.03 | 0.72 | 1.51  | 0.35             | 8.95              | 0.03                          | 4.98 | —     | —    | 45.35 | 12.47 | 6.49  | 35.69 | 246.63 | 15.65                  | 0.12 |
| 11 | 坑 20      | 含石英钠长岩     | 63.60            | 16.17                          | 1.47                           | 1.48 | 0.52             | 0.05 | 0.84 | 1.78  | 0.35             | 7.82              | 0.04                          | 5.86 | —     | —    | 41.65 | 15.90 | 8.34  | 34.11 | 277.99 | 15.11                  | 0.16 |
| 12 |           | 石英钠长岩      | 51.93            | 14.24                          | 4.12                           | 3.44 | 0.64             | 0.04 | 4.24 | 6.82  | 1.57             | 9.02              | 0.03                          | 3.95 | —     | —    | 22.21 | 32.64 | 19.34 | 25.80 | 137.47 | 9.72                   | 0.65 |
| 13 |           | 硅化钠长石化千枚岩  | 64.21            | 15.90                          | 1.73                           | 2.20 | 0.50             | 0.06 | 1.48 | 1.30  | 1.33             | 6.25              | 0.05                          | 4.99 | —     | —    | 40.62 | 23.40 | 6.04  | 29.94 | 278.35 | 28.04                  | 0.32 |
| 14 | S7-1      | 绢云母千枚岩     | 64.04            | 18.15                          | 3.16                           | 1.35 | 0.76             | 0.02 | 1.56 | 1.08  | 4.94             | 0.98              | 0.05                          | 3.62 | —     | —    | 49.06 | 26.83 | 5.31  | 18.81 | 293.72 | 51.77                  | 0.57 |
| 15 | S7-3      | 钠长石化千枚岩    | 68.26            | 17.01                          | 1.99                           | 0.18 | 0.78             | 0.06 | 1.00 | 1.02  | 2.92             | 5.00              | 0.02                          | 1.84 | —     | —    | 47.70 | 15.18 | 5.20  | 31.95 | 324.81 | 25.75                  | 0.22 |
| 16 | S7-4      | 钠长石化千枚岩    | 66.16            | 18.05                          | 1.86                           | 0.55 | 0.74             | 0.06 | 0.95 | 1.57  | 2.42             | 6.01              | 0.03                          | 1.62 | —     | —    | 46.22 | 14.45 | 7.31  | 32.02 | 287.46 | 21.34                  | 0.19 |
| 17 | S7-5      | 石英钠长岩      | 69.48            | 17.23                          | 0.89                           | 0.06 | 0.78             | 0.05 | 0.26 | 1.33  | 0.10             | 9.37              | 0.02                          | 0.28 | —     | —    | 46.41 | 5.26  | 6.51  | 41.82 | 317.62 | 3.34                   | 0.04 |
| 18 |           | 辉绿辉长岩      | 49.16            | 14.19                          | 5.26                           | 6.64 | 1.90             | 0.07 | 6.17 | 8.20  | 0.75             | 4.80              | 1.00                          | 1.72 | 0.003 | —    | 20.37 | 45.72 | 21.40 | 12.50 | 119.76 | 32.19                  | 1.79 |
| 19 | 2-CK15-3  | 蚀变辉绿辉长岩    | 47.77            | 19.61                          | 3.32                           | 6.53 | 0.85             | 0.07 | 5.44 | 5.48  | 1.20             | 5.28              | 0.14                          | 4.31 | —     | —    | 29.30 | 40.89 | 14.89 | 14.92 | 121.12 | 40.39                  | 1.38 |
| 20 |           | 石英钠长岩      | 51.57            | 11.79                          | 1.31                           | 3.64 | 1.20             | 0.06 | 7.52 | 13.00 | 0.26             | 5.06              | 0.10                          | 4.49 | —     | —    | 16.85 | 37.08 | 33.78 | 12.30 | 125.05 | 7.86                   | 2.21 |
| 21 | 2-CK11-31 | 石英钠长岩      | 57.33            | 14.83                          | 3.65                           | 3.30 | 0.78             | 0.03 | 3.91 | 6.24  | 1.74             | 5.57              | 0.23                          | 2.39 | 0.18  | —    | 26.25 | 34.12 | 20.08 | 19.55 | 172.19 | 20.74                  | 0.90 |
| 22 | 2-CK13-27 | 硅化钠长石化板岩   | 60.54            | 15.79                          | 0.88                           | 1.70 | 0.63             | 0.12 | 2.13 | 2.87  | 0.64             | 7.85              | 0.09                          | 6.75 | 0.04  | 0.10 | 36.12 | 20.81 | 11.94 | 31.13 | 235.03 | 13.87                  | 0.40 |
| 23 | 2-CK15-10 | 硅化钠化碳质板岩   | 68.06            | 11.62                          | 2.86                           | 1.98 | 0.30             | 0.03 | 1.06 | 1.48  | 0.29             | 5.88              | 0.25                          | 6.21 | 0.21  | 0.50 | 34.70 | 27.44 | 8.04  | 29.83 | 344.93 | 24.28                  | 0.27 |
| 24 | 3-CK11-11 | 铜矿化钠长石化千枚岩 | 59.65            | 13.30                          | 3.63                           | 2.47 | 0.60             | 0.02 | 2.13 | 2.70  | 2.76             | 3.25              | 0.09                          | 9.37 | 0.44  | —    | 33.17 | 33.81 | 12.24 | 20.78 | 252.43 | 33.95                  | 0.65 |
| 25 |           | 细碧岩        | 49.84            | 15.84                          | 3.79                           | 6.14 | 1.49             | 0.16 | 5.36 | 6.56  | 0.98             | 4.50              | 0.19                          | 5.15 | —     | —    |       |       |       |       |        |                        |      |
| 26 |           | 细碧岩        | 49.65            | 16.00                          | 3.85                           | 6.08 | 1.57             | 0.15 | 5.10 | 6.62  | 1.28             | 4.29              | 0.56                          | 4.85 | —     | —    |       |       |       |       |        |                        |      |

注:序号 1-3 成都理工大学地质研究所分析; 4-7 据靳西祥<sup>[7]</sup>(四川省理学会东地区金矿成矿规律及统计预测, 硕士学位论文, 1990); 8-9 据温春齐<sup>[5]</sup>; 10-11 据仇定茂<sup>[8]</sup>; 12-13 据西南冶金 601 队; 14-17 据王英臻<sup>[3]</sup>; 18-24 据西南冶金 603 队; 25-26 据宋叔和<sup>[9]</sup>。\*  $w(\text{Au})/10^{-6}$

### 3.2 稀土元素地球化学特征

小青山地区岩石、矿物稀土元素分析结果见表2及表3,其配分曲线见图4及图5。

钠长(石)岩的稀土元素较低,  $\Sigma \text{REE}$  平均为76.42,轻重稀土分馏不明显,具明显的铈异常,其配分曲线近于平坦型或右倾型。与钠长(石)岩相对比,其原岩——板岩或者千枚岩的稀土含量较高,  $\Sigma \text{REE}$  平均为177.03,铈异常无钠长(石)岩明显,配分曲线更加右倾。此稀土元素特征之间的差别说明,在钠长石化过程中稀土元素是活动的,随交代作用增强稀土总量特别是轻稀土显著减少。

### 3.3 Q型群分析浅释

用Q型群分析岩石化学成分和岩石稀土元素分析结果,对比样品之间的亲疏关系,这里用距离系数  $d$  来表示样品相互间的相似性。两个样品之间,  $d$  值越大,相似性越小;反之,  $d$  值越小,相似性越大;当  $d=0$  时,二者完全相同。

#### 1. 岩石化学成分Q型群分析

以岩石化学成分( $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、烧失)含量为变量, Q型群分析有距离系数( $d$ )所绘谱系图(图6)。

由图可知,当  $d \leq 1.0481$  时,有5组样品在此距离系数以内,其中就有3组3对(1号与22号,11号与13号,3号与23号)分别为石英钠长岩与千枚岩(或板岩),说明他们具有相近的亲缘关系。间接地说明他们的化学组成比较相近,物质组成具有演化的同源性。

#### 2. 岩石稀土元素Q型群分析

用岩石各稀土元素含量为变量, Q型群分析距离系数( $d$ )绘制谱系图(图7),也与以岩石化学万分作为变量所作谱系图具有相似的结论。不同的是,因为在交代过程中存在大量轻稀土元素的带出,致使其距离系数要大一些。

总的来说,无论采用哪一种分析结果作为变量进行Q型群分析,均表明小青山地区钠长(石)岩与其围岩(板岩或千枚岩)具有一定的亲缘关系,演化上具继承性。

## 4 钠长(石)岩的成因分析

关于本区钠长岩的成因问题,目前存在着几种截然不同的看法:一是认为钠长岩属于海底的火山岩系或细碧角斑岩系置于区域性钠长石化作用形成的钠交代岩,称为钠交代岩<sup>[11]</sup>;二则认为该类岩

石为沉积成因的沉积变质岩系,称为钠质岩<sup>[8]</sup>。笔者认为本区的钠长岩属热液交代成因,其原岩主要为古元古界的一套富集含Si和Al的浅变质岩系。其依据探讨如下:

(1)本区钠长岩在空间分布上明显受构造控制,而与地层无明显相关关系。常见钠长岩穿插切割围岩板岩/千枚岩的 $S_0$ 及 $S_1$ 面,并且有呈脉状的斜切现象;岩石呈似层状、脉状、透镜状、囊状产出,可见以钠长石为中心,两侧分别为钠长石化板岩/千枚岩,渐变过渡到板岩/千枚岩,而钠长岩大透镜中可见有板岩/千枚岩的交代残余体。说明该区钠长岩具(热液)交代特征。

(2)岩石中广泛可见各种交代结构,尤其发育交代残余结构,同时可见粒状变晶结构,变余砂状结构。说明钠长(石)岩是交代作用的产物,且后期构造作用破坏较明显。

(3)Q型群分析结果表明:无论是采用岩石化学成分作为变量还是采用岩石REE元素作为变量进行Q型群分析,都可得到类似结果。说明两类岩石在演化上具有继承性。

小青山地区的钠长(石)岩的形成过程大致是:在区域性热液影响之下,富含钠质的热水溶液沿断层带流动,对断层两侧小青山组浅变质板岩/千枚岩交代,在断层近侧围岩中形成了钠长岩,而在稍远处则形成了钠长石化硅化板岩/千枚岩,稍后的热液活动过程中又发生了强烈的方解石化及石英化,伴有Cu矿化。它们或交代早期的钠长岩或充填于早期钠长岩裂隙中,从而形成了斑块状或脉状碳酸盐、石英与黄铜矿共生组合。此外,在部分断层岩脉及岩浆钠长岩体之旁侧围岩中也有钠长石化发生,从而形成交代钠长岩或钠长石化的岩石。

## 5 钠长石化作用与矿化的关系

小青山地区的钠长岩多数有铜(金)矿体(化)产出,而且最富的矿体产于钠长岩中,凡矿化的板岩中均有钠长石化现象,这表明钠长石化与本区铜矿化有不可分割的空间联系。铜矿体往往产于经构造破碎而发生碳酸岩化及硅化的钠长岩体或钠长石化板岩中,这表明铜矿化比钠长石化要晚些。再者,从矿床中黄铁矿、黄铜矿的REE配分模式及Q型群分析均可以看出:它们与钠长岩、钠长石化千枚岩/板岩均有一定的相似性或相关性,故推断,铜矿化的物质来源应为小青山组地层。

表 2 小青山地区岩石矿物稀土元素 ( $w_B/10^{-6}$ ) 及稀土参数表  
Table 2 REE contents ( $w_B/10^{-6}$ ) and relevant parameters for the rocks and minerals from the Xiaoaingshan region

| 序号 | 原编号     | 岩石名称     | La    | Ce     | Pr    | Nd    | Sm    | Eu   | Gd   | Tb   | Dy   | Ho   | Er   | Tm   | Yb   | Lu   | La/Yb | $\Sigma$ REE | Sm/Nd | Eu/Sm | $\delta$ Eu |
|----|---------|----------|-------|--------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------------|-------|-------|-------------|
| 1  | 2020    | 石英钠长岩    | 2.55  | 7.29   | 1.64  | 6.16  | 1.72  | 0.67 | 2.84 | 0.45 | 2.57 | 0.54 | 1.38 | 0.21 | 1.23 | 0.15 | 20.73 | 20.22        | 0.28  | 0.39  | 0.932       |
| 2  | 2020-1  | 石英钠长岩    | 5.15  | 12.98  | 3.1   | 11.53 | 3.65  | 0.52 | 7.81 | 1.23 | 6.98 | 1.77 | 5.41 | 0.96 | 6.76 | 0.55 | 0.762 | 42.37        | 0.317 | 0.143 | 0.293       |
| 3  | E21-3   | 石英钠长岩    | 18.84 | 40.19  | 4.99  | 18.51 | 2.01  | 0.44 | 3.1  | 0.49 | 2.8  | 0.6  | 1.61 | 0.25 | 1.56 | 0.17 | 12.08 | 82.21        | 0.109 | 0.219 | 0.543       |
| 4  | X2-A14  | 辉绿岩      | 12.08 | 16.4   | 3.28  | 12.22 | 2.68  | 0.62 | 3.24 | 0.51 | 2.85 | 0.62 | 1.28 | 0.2  | 1.27 | 0.16 | 9.51  | 45.94        | 0.219 | 0.231 | 0.649       |
| 5  | X2-C2-1 | 硅化砂质板岩   | 69.94 | 171.08 | 19.69 | 72.54 | 14.51 | 0.67 | 2.61 | 0.41 | 2.29 | 0.5  | 1.41 | 0.22 | 1.39 | 0.3  | 50.32 | 330.84       | 0.2   | 0.046 | 0.217       |
| 6  | X4-B    | 碳质板岩     | 18.6  | 39.81  | 5.29  | 19.58 | 3.44  | 0.49 | 2.29 | 0.34 | 1.89 | 0.41 | 1.47 | 0.23 | 1.46 | 0.26 | 12.74 | 83.98        | 0.176 | 0.142 | 0.507       |
| 7  | X2-H2-1 | 黄铁矿      | 2.02  | 4.01   | 1.37  | 5.18  | 1.23  | 0.14 | 1.95 | 0.31 | 1.72 | 0.38 | 0.9  | 0.14 | 0.84 | 0.12 | 2.4   | 13.85        | 0.237 | 0.114 | 0.279       |
| 8  | X3-15   | 黄铁矿      | 8.02  | 18.44  | 3.23  | 12.03 | 2.13  | 0.29 | 0.5  | 0.08 | 0.42 | 0.1  | 0.39 | 0.06 | 0.38 | 0.08 | 21.11 | 41.45        | 0.177 | 0.136 | 0.616       |
| 9  | S7-1    | 绢云母千枚岩   | 48.42 | 113.43 | 12.81 | 49.11 | 9.41  | 0.86 | 5.62 | 0.93 | 5.71 | 1.19 | 3.08 | 0.43 | 2.58 | 0.38 | 18.77 | 253.96       | 0.19  | 0.09  | 0.34        |
| 10 | S7-3    | 钠长石化千枚岩  | 32.64 | 75.99  | 8.5   | 32.29 | 6.55  | 0.82 | 4.97 | 0.85 | 5.39 | 1.16 | 3.1  | 0.44 | 2.77 | 0.37 | 11.78 | 175.84       | 0.2   | 0.13  | 0.43        |
| 11 | S7-4    | 钠长石化千枚岩  | 32.75 | 70.15  | 8.29  | 33.26 | 6.38  | 0.59 | 6.66 | 0.98 | 5.35 | 0.99 | 2.28 | 0.28 | 1.51 | 0.17 | 21.69 | 169.64       | 0.19  | 0.09  | 0.28        |
| 12 | S7-5    | 石英钠长岩    | 4.51  | 4.37   | 0.95  | 7.01  | 2.23  | 0.29 | 3.11 | 0.51 | 3.1  | 0.64 | 1.64 | 0.23 | 1.35 | 0.2  | 3.34  | 30.14        | 0.32  | 0.13  | 0.34        |
| 13 | Xjxx-28 | 硅质钠长石岩   | 13    | 22     | 2.1   | 6.8   | 4.3   | 0.3  | 2.6  | 0.34 | 3.4  | 0.84 | 2.1  | 0.32 | 1.8  | 0.32 | 7.22  | 48.86        | 0.632 | 0.07  | 0.256       |
| 14 | Xjxx-18 | 石英钠长岩    | 12.1  | 30.5   | 10.9  | 21.5  | 5.2   | 0.47 | 4    | 1.5  | 2.1  | 0.5  | 0.83 | 0.37 | 1.4  | 0.31 | 8.64  | 72.98        | 0.242 | 0.09  | 0.306       |
| 15 | Xjxx-20 | 碳质板岩     | 42    | 85     | 17.4  | 50.5  | 0.57  | 0.63 | 6.1  | 1.7  | 4.1  | 1.2  | 1.7  | 0.64 | 2.6  | 0.59 | 16.15 | 183.59       | 0.011 | 1.105 | 0.658       |
| 16 | Mo-32   | 石英钠长岩    | 22.4  | 51.5   | 5.13  | 19    | 3.66  | 0.68 | 3.03 | 0.48 | 2.74 | 0.6  | 1.61 | 0.25 | 1.6  | 0.26 | 14    | 99.58        | 0.206 | 0.186 | 0.535       |
| 17 | Mo-35   | 层纹状石英钠长岩 | 48.2  | 111    | 12.2  | 45    | 7.32  | 0.99 | 3.73 | 0.59 | 3.36 | 0.7  | 1.79 | 0.27 | 1.6  | 0.28 | 30.13 | 214.98       | 0.163 | 0.135 | 0.42        |
| 18 | Mo-30   | 辉绿辉长岩    | 16.6  | 34.5   | 5.94  | 22    | 6.51  | 2.4  | 9.34 | 1.47 | 8.33 | 1.71 | 4.35 | 0.65 | 3.9  | 0.61 | 4.26  | 87.99        | 0.296 | 0.369 | 0.939       |
| 19 | Mo-31   | 辉长岩      | 8.8   | 17.3   | 2.68  | 10    | 2.36  | 0.95 | 2.65 | 0.42 | 2.4  | 0.5  | 1.31 | 0.2  | 1.2  | 0.17 | 7.33  | 41.2         | 0.236 | 0.403 | 1.083       |
| 20 | Mo-33   | 碳质板岩     | 8.2   | 19.4   | 2.14  | 8     | 2.03  | 0.39 | 2.33 | 0.37 | 2.12 | 0.59 | 1.94 | 0.36 | 2.6  | 0.4  | 3.15  | 41.39        | 0.254 | 0.192 | 0.329       |
| 21 |         | 北美页岩     | 32    | 70     | 7.9   | 31    | 5.7   | 1.24 | 5.21 | 0.85 | 4.95 | 1.04 | 3.4  | 0.5  | 3.1  | 0.48 | 10.32 | 144.37       | 0.184 | 0.218 | 0.69        |

注: 序号 1-8 成都理工大学三系(中子活化)测试分析; 9-12 据王炎臻<sup>[3]</sup>; 12-15 据靳西祥<sup>[7]</sup>; 16-20 据温春齐<sup>[5]</sup>; 21 转引自 P. 亨德森<sup>[10]</sup>; 球粒陨石标准参数采用 Boynton 推荐的球粒陨石值(1984)转引自王仁民、甄高品、耿元生等(1987)

表 3 小青山地区各类岩石稀土元素 ( $w_B/10^{-6}$ ) 平均对比表  
Table 3 Average REE contents ( $w_B/10^{-6}$ ) in the rocks from the Xiaoaingshan region

| 序号   | 岩石名称      | La    | Ce    | Pr    | Nd    | Sm   | Eu   | Gd   | Tb   | Dy   | Ho   | Er   | Tm   | Yb   | Lu   | La/Yb | $\Sigma$ REE | Sm/Nd | Eu/Sm | $\delta$ Eu |
|------|-----------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------------|-------|-------|-------------|
| I    | 石英钠长岩(平均) | 15.84 | 34.98 | 5.13  | 16.94 | 3.76 | 0.55 | 3.78 | 0.7  | 3.38 | 0.77 | 2.05 | 0.36 | 2.16 | 0.28 | 12.11 | 76.42        | 0.28  | 0.17  | 0.45        |
| II*  | 石英钠长岩(平均) | 7.76  | 16.21 | 2.67  | 10.8  | 2.4  | 0.48 | 4.22 | 0.67 | 3.86 | 0.89 | 2.51 | 0.41 | 2.73 | 0.27 | 9.23  | 43.74        | 0.26  | 0.22  | 0.53        |
| II** | 石英钠长岩(平均) | 23.93 | 53.75 | 7.58  | 23.08 | 5.12 | 0.61 | 3.34 | 0.73 | 2.9  | 0.66 | 1.58 | 0.3  | 1.6  | 0.29 | 15    | 109.1        | 0.31  | 0.12  | 0.38        |
| III  | 辉绿辉长岩(平均) | 12.49 | 22.73 | 3.97  | 14.74 | 3.85 | 1.32 | 5.08 | 0.8  | 4.53 | 0.94 | 2.31 | 0.35 | 2.12 | 0.31 | 7.03  | 58.38        | 0.25  | 0.33  | 0.89        |
| IV   | 板岩或千枚岩平均  | 36.08 | 82.12 | 10.59 | 37.9  | 6.13 | 0.64 | 4.37 | 0.8  | 3.84 | 0.86 | 2.14 | 0.37 | 2.13 | 0.35 | 19.23 | 177.03       | 0.17  | 0.26  | 0.39        |
| V    | 北美页岩      | 32    | 70    | 7.9   | 31    | 5.7  | 1.24 | 5.21 | 0.85 | 4.95 | 1.04 | 3.4  | 0.5  | 3.1  | 0.48 | 10.32 | 144.37       | 0.184 | 0.218 | 0.69        |

注: I 表示全部(石英)钠长(石)岩的平均值, II\* 代表其中的 1、2、3、12 号样的平均, II\*\* 代表 13、14、16、17 号样的平均值

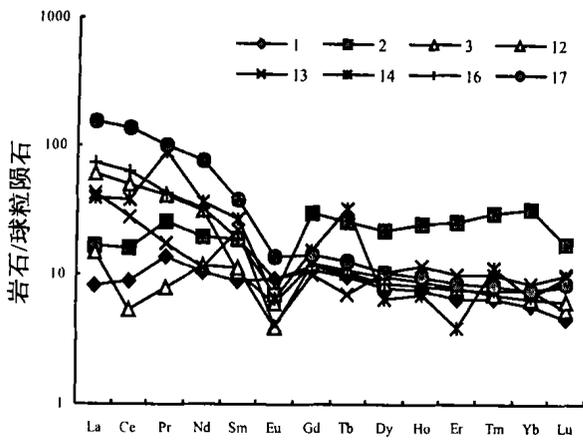


图4 小青山地区钠长(石)岩稀土元素配分曲线  
(图例编号与表2序号相同)

Fig. 4 Chondrite-normalized REE distribution patterns for the (albite) albitite from the Xiaoqingshan region

The numbers of symbols are the same as in Table 2: 1 = quartz albitite; 2 = quartz albitite; 3 = quartz albitite; 12 = quartz albitite; 13 = siliceous albitite; 14 = quartz albitite; 16 = quartz albitite; 17 = laminated quartz albitite

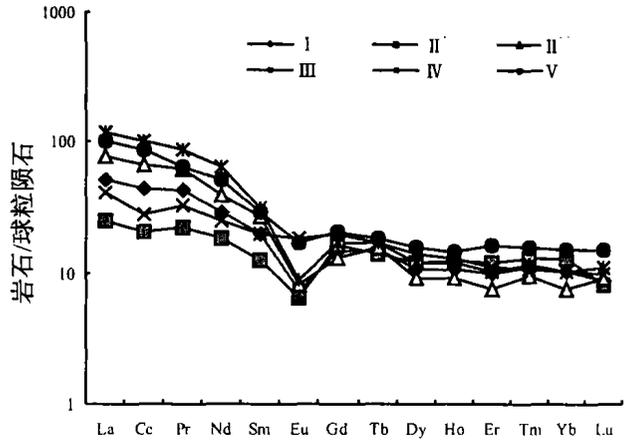


图5 小青山地区各类岩石稀土元素配分曲线  
(图例编号与表3序号相同)

Fig. 5 Chondrite-normalized REE distribution patterns for the rocks from the Xiaoqingshan region

The numbers of symbols are the same as in Table 3: I = quartz albitite (average); II<sup>+</sup> = quartz albitite (average); II<sup>++</sup> = quartz albitite (average); III = gabbro diabase (average); IV = slate or phyllite (average); V = North American shales

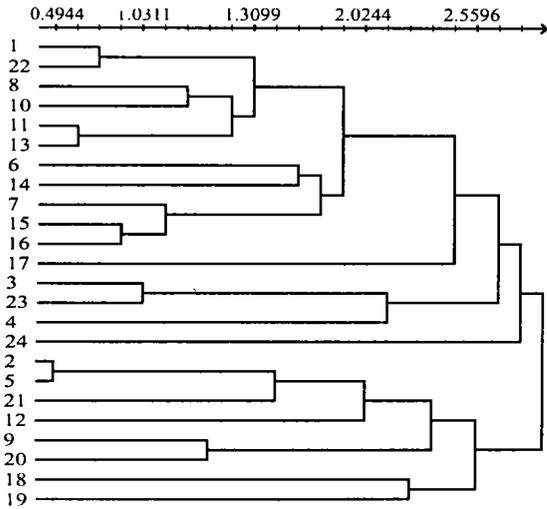


图6 岩石化学成分Q型群分析图谱

Fig. 6 Patterns showing the Q-mode cluster analyses of the chemical compositions in the rocks from the Xiaoqingshan region

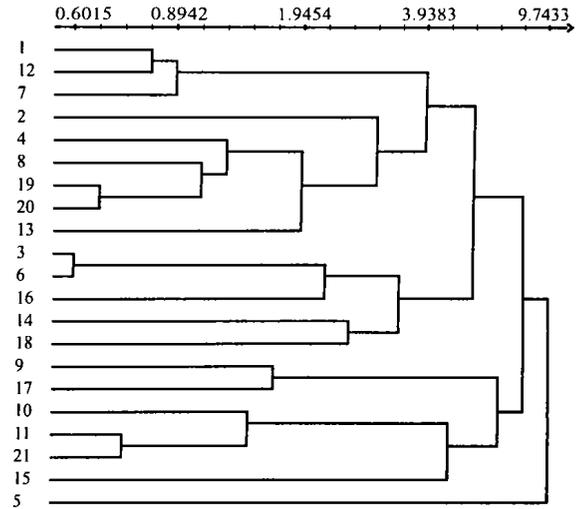


图7 岩石稀土元素Q型群分析图谱

Fig. 7 Patterns showing the Q-mode cluster analyses of REE in the rocks from the Xiaoqingshan region

由此推测成矿过程大致为:在钠长石化过程中,将地层中的Cu及其它成矿元素活化,使它们进入热水溶液,但由于温度、pH、E<sub>h</sub>等条件的控制,此时的Cu及其它成矿元素并没有沉淀,而到了热液活动的晚期,发生了碳酸岩化、石英化,此时Cu等成矿元素就大量从溶液中沉淀出来而发生矿化。可见钠长石化作用是铜矿化作用发生的先决条件,没有钠长

石化也就没有Cu的转移活化,也就不会有后期的Cu的沉淀成矿。

本次研究得到了向贵府、徐琳、樊明辉等同事的支持,在此表示衷心的感谢!

## 参考文献:

- [1] 薛春纪, 朱文戈. 秦岭东段泥盆系中似碧玉层纹钠长石岩的发现及其意义[J]. 西安地质学院学报, 1990, 12(4): 1-9.
- [2] 孙海田, 葛朝华. 中条山式热液喷气成因铜矿床[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1990.
- [3] 王奖臻, 陆彦. 四川会理小青山铜(金)矿钠长石英板岩的发现及其意义[J]. 地质论评, 1999, 45(3): 323-327.
- [4] 杨应选. 西昌滇中地区前震量系层控铜矿[M]. 重庆: 重庆出版社, 1988.
- [5] 温春齐, 慕纪录. 四川会理小青山铜矿床地球化学特征[J]. 矿物岩石, 1994, 14(2): 74-82.
- [6] 王仁民. 变质岩原岩图解判别法[M]. 北京: 地质出版社, 1987.
- [7] 勒西祥. 会理县小青山铜金矿区硅质钠长岩研究[J]. 矿物岩石, 1992, 12(4): 48-56.
- [8] 仇定茂. 四川会理地区前寒武系层状钠质岩特征及其成因分析[J]. 矿物岩石, 1985, 5(3): 23-28.
- [9] 宋叔和. 中国一些主要金属矿床类型及其时空分布规律问题[J]. 矿床地质, 1991, 10(1): 10-18.
- [10] P. 亨德森编, 田丰, 等译. 稀土元素地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [11] 贺节明. 川西会理拉拉钠长交代岩及其原岩[A]. 中国地质科学院成都地质矿产研究所刊[C]. 北京: 地质出版社, 1980.

## The preliminary study of the (albite) albitite from the Xiaoqingshan region, Huili, Sichuan

SHEN Li-cheng, LIU Jie, ZHANG Meng, WANG Jiang-zhen, LU Yan

(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

**Abstract:** The preliminary study of the (albite) albitite from the Xiaoqingshan region, Huili, Sichuan has been made on the basis of petrology, petrochemistry and REE geochemistry. The occurrence of the albitite studied here is chiefly constrained by the geological structures and distributed along the fractures, and displays a symmetric zonation from centers to wall rocks. The replacement remnant textures are apparently visible in the rocks. The Q-mode cluster analyses suggest the complicated chemical compositions of the albitite, that may be correlated with phyllite and slate. The albitite from the study area is interpreted to have a hydrothermal replacement origin, and its primitive rocks consist of the Early Proterozoic Si- and Al-rich low-grade metamorphic rock series, in which the copper (gold) deposits are hosted.

**Key words:** (albite) albitite; hydrothermal replacement; copper (gold) deposit; Huili in Sichuan