

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

# 康滇地轴云南段晋宁期花岗岩演化及 锡、钨成矿作用探讨

杨国相

(云南省地质矿产局第一地质大队)

本文论述的康滇地轴云南段,其范围是北以金沙江为界,南至红河断裂,东以小江断裂为界,西至绿汁江断裂,面积为51,200平方公里。

笔者在参与康滇地轴锡、钨四级区划工作中,整理和研究了前人资料,对花岗岩及锡、钨矿进行了野外考查和取样,工作结果发现,康滇地轴云南段晋宁期花岗岩演化具有明显的时间特性,无论是岩石类型、造岩矿物、造岩元素、微量元素均受时间制约而有规律地演化,锡、钨成矿作用受花岗岩锡、钨背景值制约,与一定的岩石类型有关。为了进行交流,草拟成文,不当之处请批评指正。

## 一、区域地质背景

康滇地轴云南段晋宁期花岗岩,受绿汁江断裂制约而呈南北向展布(图1),沿地轴隆起部位侵入于前震旦系变质岩中,规模较大或具代表性岩体共八个(表1),从野外观察到的接触关系,从造岩矿物、副矿物、造岩元素、微量元素等特征的相似性,以及部分同位素年龄结果(表2)看来,岩体形成时期主要为晋宁期。所有岩体的侵位有很大局限性,元谋地区只侵入到普登组,滇中地区只侵入到黑山头组、大龙口组、美党组。

表1 康滇地轴云南段晋宁期花岗岩特征表

| 编号 | 岩体名称 | 产地  | 岩石名称      | 规模(km <sup>2</sup> ) | 产状   | 侵入地层        | 盖层      |
|----|------|-----|-----------|----------------------|------|-------------|---------|
| 1  | 物茂   | 元谋县 | 黑云母二长花岗岩  | 220                  | 复合岩基 | 大田亚群普登组     | 中生界     |
| 2  | 狗街   | 牟定县 | 黑云母二长花岗岩  | 22                   | 岩株   | 大田亚群普登组     | 中生界     |
| 3  | 九道湾  | 安宁县 | 黑云母二长花岗岩  | 4.5                  | 岩株   | 昆阳群大龙口组、美党组 | 中生界     |
| 4  | 峨山   | 峨山县 | 黑云母二长花岗岩  | 190                  | 复合岩基 | 昆阳群黑山头组、美党组 | 中生界、古生界 |
| 5  | 田坝心  | 元江县 | 斑状花岗岩     | 2                    | 岩株   | 昆阳群黑山头组     | 中生界     |
| 6  | 龙潭   | 石屏县 | 黑云母二长花岗岩  | 0.8                  | 岩株   | 昆阳群黑山头组     |         |
| 7  | 牛尾巴冲 | 元江县 | 黑云母花岗岩闪长岩 | 1.5                  | 岩株   | 昆阳群黑山头组     | 中生界     |
| 8  | 施底   | 元江县 | 二长花岗岩     | 0.8                  | 岩株   | 昆阳群黑山头组     | 中生界     |

## 二、花岗岩演化特征

据现有资料分析研究后,发现康滇地轴云南段晋宁期花岗岩岩石类型、矿物组合、造岩元素、及微量元素等都具有明显的时间特性,单个岩体的各个阶段,从早期到晚期都是有规律地演

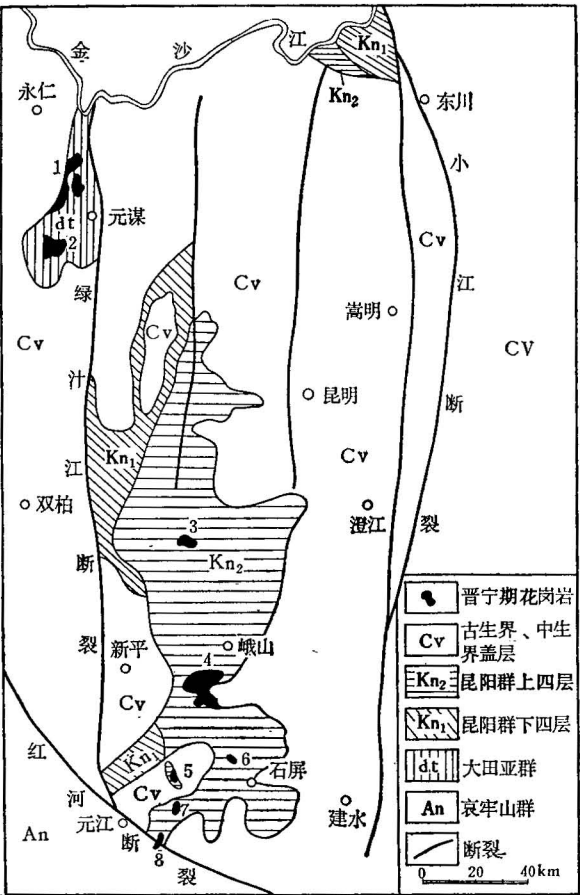


图 1 康滇地轴云南段晋宁期花岗岩分布图

1—物茂花岗岩；2—狗街花岗岩；3—九道湾花岗岩；4—峨山花岗岩；5—田坝心斑状花岗岩；6—龙潭花岗岩；7—牛尾巴冲花岗岩闪长岩；8—施底花岗岩

表 2 康滇地轴云南段晋宁期花岗岩同位素年龄表

| 岩体名称 | 岩石名称     | 测定矿物 | 测定方法     | 年龄值 (m.y.) | 测定单位             |
|------|----------|------|----------|------------|------------------|
| 物茂   | 黑云母花岗岩   | 黑云母  | Ar/K     | 719        | 中国科学院地球化学研究所     |
|      | 黑云母二长花岗岩 | 锆石   | U-Pb     | 783        | 中国地质科学院宜昌地质矿产研究所 |
| 九道湾  | 黑云母花岗岩   | 黑云母  | U-Pb     | 820        | 云南省地质科学研究所       |
|      | 黑云母花岗岩   | 黑云母  | Ar/K     | 810        | 北京铀矿地质研究所        |
|      | 黑云母花岗岩   | 黑云母  | Ar/K     | 749        | 冶金工业部地质研究所       |
| 峨山   | 黑云母花岗岩   | 黑云母  | Rb-Sr等时线 | 860        | 云南省地质科学研究所       |
|      | 花岗岩      | 锆石   | U-Pb     | 817        | 云南省地质科学研究所       |
|      | 黑云母二长花岗岩 | 黑云母  | Ar/K     | 778        | 北京铀矿地质研究所        |
|      | 花岗岩闪长岩   | 黑云母  | Ar/K     | 741        | 北京铀矿地质研究所        |
|      | 黑云母花岗岩   | 黑云母  | Ar/K     | 735        | 北京铀矿地质研究所        |

化的:

### 1. 岩石类型的演化

本区花岗岩岩石类型,按定量矿物分类,牛尾巴冲岩体、物茂岩体、施底岩体、峨山岩体的一部分属花岗闪长岩类,余者均属二长花岗岩类(图2)。按照查瓦里茨基数字特征的岩石化学分类,本区花岗岩均属第二类( $45 > Q > 15$ ),其中物茂岩体、施底岩体属第二类第四科中碱性花岗岩,狗街岩体、九道湾岩体、峨山岩体、田坝心岩体、龙潭岩体、牛尾巴冲岩体属第二类第三科碱性花岗岩(表3)。统计结果表明,本区花岗岩岩石类型总的演化规律,从早期到晚期是:黑云母型→二云母型→白云母型,即早期生成的花岗岩多为黑云母花岗岩,中期多为含二云母的二长花岗岩,晚期多为白云母花岗岩。

### 2. 造岩矿物的演化

本区花岗岩造岩矿物的演化,受结晶过程中 $Mg^{2+}$ 、 $Fe^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 离子浓度降低和 $O^{2-}$ 、 $Si^{4+}$ 、 $K^{+}$ 离子浓度增高控制。镜下鉴定统计结果,从早期到晚期,云母类矿物的演化是:黑云母→富铁黑云母→铁锂云母→锂云母→白云母,即从黑云母开始,到白云母终止。钾长石的演化是:条纹长石→微斜条纹长石→微斜长石→正长石,含量亦逐渐增高,最高达38%。石英的演化是:粒度变细、含量增高,最高达40%。斜长石的演化是:粒度变细、含量减少、牌号降低。

### 3. 造岩元素的演化

据96件岩石化学全分析统计计算结果(表3),除物茂岩体、施底岩体属正常系列花岗岩外,余者均属铝过饱和系列花岗岩,化学成分特点是高酸( $SiO_2 = 70.63-74.75\%$ )、富碱( $Na_2O + K_2O = 5.27-7.99\%$ )、低钙( $CaO = 0.56-0.88\%$ )、铝过饱和( $Al_2O_3 = 12.67-15.23\%$ )。地球化学指数特点是: $Fe^{3+}/(Fe^{3+} + Fe^{2+})$ 较大,均大于0.2<sup>1)</sup>, $Al_2O_3/(K_2O + Na_2O + CaO)$ 介于0.98—2.12, $K_2O/Na_2O$ 介于0.63—2.46(表4)。本区花岗岩的主要造岩元素,从早期到晚期,总的演化规律是: $Si^{4+}$ 、 $K^{+}$ 含量逐渐增高(图3,4), $Fe^{3+}$ 、 $Fe^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 逐渐减少(图5,6), $Na^{+}$ 、 $Al^{3+}$ 稍显下降(图3,4)。

### 4. 微量元素的演化

康滇地轴云南段晋宁期花岗岩的微量元素含量,与研究较详细的华南花岗岩相比较(表5),锡含量较低,铈、铍含量较接近,其它元素含量则较高。锡含量全区平均为20ppm,龙潭岩体含量最高,达32ppm,其次为九道湾岩体,为22ppm(图7)。钨含量全区平均为14.7ppm,龙潭岩体含量最高,达23.7ppm,其次为峨山岩体,为21ppm(图8)。狗街岩体含铈、铍最高,分别为60ppm和90ppm,龙潭岩体含铍最高,达11ppm。

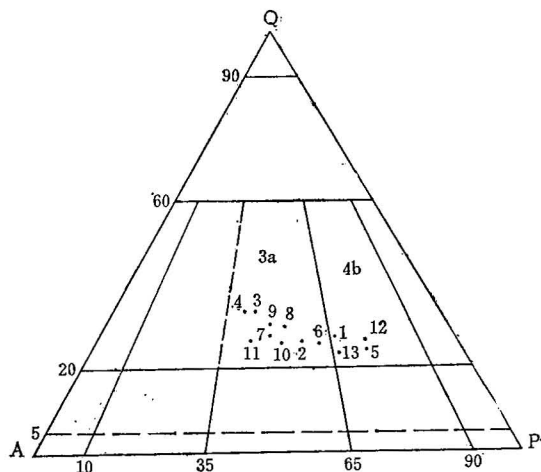


图2 康滇地轴云南段晋宁期花岗岩分类图

3a—二长花岗岩区; 4b—花岗闪长岩区; 1—物茂岩体; 2—狗街岩体; 3—九道湾岩体中心相; 4—九道湾岩体边缘相; 5—峨山岩体花岗闪长岩; 6—峨山岩体中心相; 7—峨山岩体过渡相; 8—峨山岩体边缘相; 9—峨山岩体后期侵入相; 10—田坝心岩体; 11—龙潭岩体; 12—牛尾巴冲岩体; 13—施底岩体

1) 怀特、查佩尔划分两类花岗岩以0.2为界,S型花岗岩小于0.2。

表 3 康滇地轴云南段晋宁期花岗岩岩石化学成分及查瓦里茨基数字特征表

| 编号                | 岩体名称 | 岩石名称      | 样号数(件) | 氧化物含量(%)         |                  |                                |                                |      |      |      |      |                   |                  |                  |                               | 查     |
|-------------------|------|-----------|--------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------------|-------|
|                   |      |           |        | 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 | H <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | a     |
| 1                 | 物茂   | 黑云母二长花岗岩  | 20     | 69.59            | 0.38             | 14.10                          | 1.83                           | 1.73 | 0.09 | 1.06 | 2.08 | 3.49              | 3.68             | 0.97             | 0.08                          | 14.00 |
| 2                 | 狗街   | 黑云母二长花岗岩  | 11     | 74.75            | 0.13             | 13.48                          | 0.73                           | 0.79 | 0.03 | 0.26 | 0.58 | 4.04              | 3.95             | 0.39             | 0.09                          | 14.01 |
| 3                 | 九道湾  | 黑云母二长花岗岩  | 12     | 73.23            | 0.23             | 13.08                          | 1.71                           | 1.52 | 0.05 | 0.76 | 0.88 | 2.48              | 3.55             | 1.67             | 0.08                          | 10.20 |
| 4                 | 峨山   | 黑云母二长花岗岩  | 37     | 71.29            | 0.26             | 14.26                          | 1.62                           | 1.60 | 0.05 | 0.77 | 0.77 | 2.62              | 4.48             | 1.22             | 0.13                          | 11.84 |
| 5                 | 田坝心  | 斑状花岗岩     | 5      | 74.62            | 0.23             | 12.67                          | 1.78                           | 0.95 | 0.04 | 0.71 | 0.77 | 4.42              | 2.79             | 0.95             | 0.05                          | 13.20 |
| 6                 | 龙潭   | 黑云母二长花岗岩  | 5      | 70.63            | 0.23             | 15.23                          | 2.13                           | 0.62 | 0.06 | 0.64 | 0.56 | 0.56              | 4.71             | 4.27             | 0.08                          | 7.92  |
| 7                 | 牛尾巴冲 | 黑云母花岗岩闪长岩 | 3      | 72.83            | 0.24             | 14.21                          | 2.16                           | 1.20 | 0.11 | 0.62 | 0.77 | 1.65              | 4.07             | 2.34             | 0.05                          | 9.17  |
| 8                 | 施底   | 二长花岗岩     | 3      | 68.56            | 0.29             | 13.81                          | 1.20                           | 1.87 | 0.05 | 1.41 | 2.11 | 3.86              | 3.37             | 2.72             | 0.11                          | 13.50 |
| 康滇地轴云南段晋宁期花岗岩平均值  |      |           |        | 71.94            | 0.25             | 13.86                          | 1.64                           | 1.29 | 0.06 | 0.78 | 1.06 | 2.89              | 3.83             | 1.81             | 0.08                          | 11.51 |
| 康滇地轴四川段晋宁期花岗岩平均值* |      |           |        | 72.68            | 0.25             | 13.54                          | 1.24                           | 1.78 | 0.08 | 0.51 | 0.88 | 3.13              | 4.59             |                  |                               | 13.23 |
| 中国花岗岩平均值**        |      |           |        | 71.27            | 0.25             | 14.25                          | 1.24                           | 1.62 | 0.08 | 0.80 | 1.62 | 3.79              | 4.03             | 0.56             | 0.16                          | 13.83 |
| 戴里花岗岩平均值          |      |           |        | 70.18            | 0.39             | 14.47                          | 1.57                           | 1.78 | 0.12 | 0.88 | 1.99 | 3.48              | 4.11             |                  |                               | 13.40 |

| 编号                | 岩体名称 | 岩体名称      | 样号数(件) | 氏数 字 特 征 |       |       |       |      |       |       |       |       |     |       |       |
|-------------------|------|-----------|--------|----------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-------|
|                   |      |           |        | C        | b     | S     | a'    | c'   | f'    | m'    | n     | φ     | τ   | Q     | a/c   |
| 1                 | 物茂   | 黑云母二长花岗岩  | 20     | 3.00     | 5.00  | 78.00 |       | 6.00 | 60.00 | 34.00 | 53.00 | 28.00 | 0.4 | 25.00 | 4.60  |
| 2                 | 狗街   | 黑云母二长花岗岩  | 11     | 0.72     | 3.67  | 81.60 | 50.00 |      | 33.90 | 14.29 | 60.75 | 14.30 | 0.2 | 34.46 | 19.46 |
| 3                 | 九道湾  | 黑云母二长花岗岩  | 12     | 0.92     | 8.96  | 79.92 | 52.55 |      | 31.40 | 14.60 | 51.28 | 16.10 | 0.3 | 38.45 | 11.09 |
| 4                 | 峨山   | 黑云母二长花岗岩  | 37     | 0.92     | 8.88  | 78.36 | 53.33 |      | 31.10 | 14.81 | 46.67 | 14.80 | 0.3 | 32.12 | 12.87 |
| 5                 | 田坝心  | 斑状花岗岩     | 5      | 0.90     | 4.80  | 81.10 | 27.40 |      | 49.30 | 23.30 | 70.30 |       |     | 34.90 | 14.70 |
| 6                 | 龙潭   | 黑云母二长花岗岩  | 5      | 0.73     | 13.65 | 77.70 | 75.36 |      | 16.40 | 7.73  | 16.67 | 12.60 | 0.3 | 38.83 | 10.85 |
| 7                 | 牛尾巴冲 | 黑云母花岗岩闪长岩 | 3      | 0.90     | 11.49 | 78.44 | 60.67 |      | 32.02 | 6.74  | 38.03 | 22.50 | 0.3 | 37.64 | 10.19 |
| 8                 | 施底   | 二长花岗岩     | 3      | 2.50     | 5.30  | 78.70 |       | 1.20 | 53.20 | 45.50 | 63.30 |       |     | 27.90 | 5.40  |
| 康滇地轴云南段晋宁期花岗岩平均值  |      |           |        | 1.30     | 7.76  | 79.43 | 50.85 |      | 33.05 | 16.10 | 54.20 |       |     | 34.54 | 8.85  |
| 康滇地轴四川段晋宁期花岗岩平均值* |      |           |        | 1.06     | 5.49  | 80.22 | 38.55 |      | 46.99 | 14.46 | 51.00 |       |     | 32.92 | 12.48 |
| 中国花岗岩平均值**        |      |           |        | 1.94     | 4.75  | 79.43 | 19.70 |      | 52.10 | 28.15 | 58.65 |       |     | 29.31 | 7.30  |
| 戴里花岗岩平均值          |      |           |        | 2.40     | 5.40  | 78.80 | 15.00 |      | 57.50 | 27.50 | 56.00 |       |     | 28.40 | 5.60  |

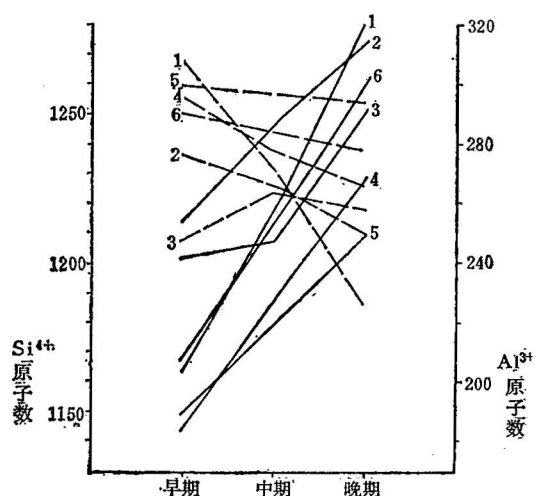
\* 引自《西昌—滇中铜铁锡钨区划报告》手稿（1983年12月）。

\*\*黎彤、饶纪龙，1963，中国岩浆岩平均值。

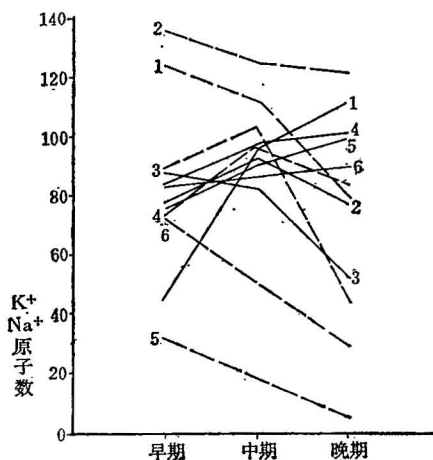
注：1—8据云南省地质矿产局第一地质大队的资料。

表 4 康滇地轴云南段晋宁期花岗岩地球化学指数表

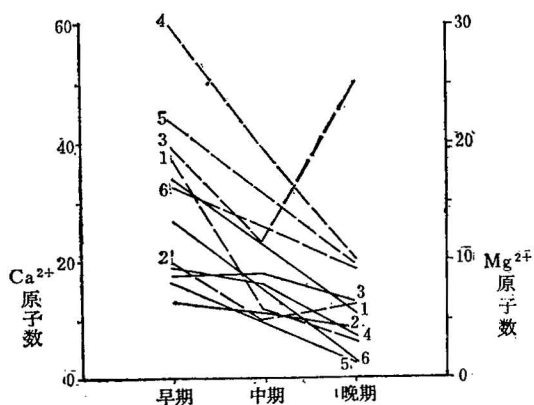
| 岩体名称 | 岩石名称      | 样品数(件) | Fe <sup>3+</sup>                   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>         | K <sub>2</sub> O  |
|------|-----------|--------|------------------------------------|----------------------------------------|-------------------|
|      |           |        | Fe <sup>3+</sup> +Fe <sup>2+</sup> | K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O+CaO | Na <sub>2</sub> O |
|      |           |        | (原子比)                              | (分子比)                                  | (重量百分比)           |
| 物茂   | 黑云母二长花岗岩  | 20     | 0.47                               | 1.03                                   | 1.05              |
| 狗街   | 黑云母二长花岗岩  | 11     | 0.42                               | 1.11                                   | 0.97              |
| 九道湾  | 黑云母二长花岗岩  | 12     | 0.51                               | 1.39                                   | 1.43              |
| 峨山   | 黑云母二长花岗岩  | 37     | 0.47                               | 1.34                                   | 1.70              |
| 田坝心  | 斑状花岗岩     | 5      | 0.61                               | 1.09                                   | 0.63              |
| 龙潭   | 黑云母二长花岗岩  | 5      | 0.76                               | 2.12                                   | 8.41              |
| 牛尾巴冲 | 黑云母花岗岩闪长岩 | 3      | 0.70                               | 1.63                                   | 2.46              |
| 施底   | 二长花岗岩     | 3      | 0.35                               | 0.98                                   | 0.87              |
| 全区平均 |           | 96     | 0.54                               | 1.34                                   | 1.45              |

图3 康滇地轴云南段花岗岩 $\text{Si}^{4+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 演化规律图

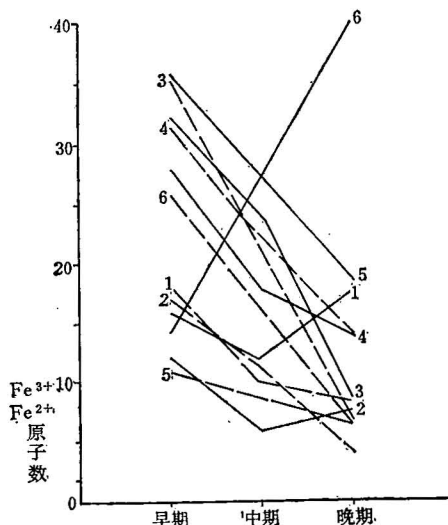
1—物茂岩体，2—狗街岩体，3—九道湾岩体，4—峨山岩体，5—龙潭岩体，6—牛尾巴冲岩体（下同） —— $\text{Si}^{4+}$  --- $\text{Al}^{3+}$

图4 康滇地轴云南段花岗岩 $\text{K}^{+}$ 、 $\text{Na}^{+}$ 演化规律图

—— $\text{K}^{+}$  --- $\text{Na}^{+}$

图5 康滇地轴云南段花岗岩 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 演化规律图

—— $\text{Ca}^{2+}$  --- $\text{Mg}^{2+}$

图6 康滇地轴云南段花岗岩 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 演化规律图

—— $\text{Fe}^{3+}$  --- $\text{Fe}^{2+}$

本区花岗岩微量元素演化，主要表现为从早期到晚期含量的增高或减少，所有岩体的铌含量均呈现增高趋势、铜含量呈现下降趋势，镓、锆、铅含量则有增有减。

综上所述，康滇地轴云南段晋宁期花岗岩经历了较长时期的演化分异，岩石类型从黑云母花岗岩演化到白云母花岗岩，造岩矿物从黑云母演化到白云母，石英、钾长石向着含量逐渐增高方向演化，斜长石向着含量逐渐减少方向演化，造岩元素 $\text{Si}^{4+}$ 、 $\text{K}^{+}$ 向着含量逐渐增高方向演化， $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 向着含量逐渐减少方向演化，微量元素铌向着含量逐渐增高方向演化，一些岩体的铍亦向着含量逐渐增高方向演化。它们的演化特点，与国内外研究较清楚的含锡花岗岩的演化特点有着许多相似之处，从而表明，本区花岗岩演化分异对锡、钨成矿是有利的。

表 5 康滇地轴云南段晋宁期花岗岩微量元素含量表

| 岩体名称                 | 样品数<br>(件) | 微量元素含量 (ppm) |      |      |     |    |     |     |     |      |    |     |     |     |
|----------------------|------------|--------------|------|------|-----|----|-----|-----|-----|------|----|-----|-----|-----|
|                      |            | Sn           | W    | Nb   | Be  | Cu | Pb  | Cr  | Zr  | Sr   | Ga | Ba  | V   | Co  |
| 物茂                   | 5          | 12           | 7.9  | 25   | 2.5 | 90 | 32  | 160 | 248 | 676  | 19 | 670 | 40  | 30  |
| 狗街                   | 3          | 20           | 15.8 | 60   | 2   | 17 | 90  | 100 | 120 | 500  | 90 | 300 | 18  | <10 |
| 九道湾                  | 7          | 22           | 19.8 | 24   | 2   | 66 | 64  | 130 | 97  | 550  | 13 | 410 | 44  | 64  |
| 峨山                   | 34         | 18           | 21   | 19   | 5   | 80 | 160 | 130 | 48  | <500 | 29 | 300 | <10 | <10 |
| 田坝心                  | 5          | 21           | 7    | 50   | 5   | 60 | 26  | 160 | 690 | <500 | 27 | 300 | 18  | 10  |
| 龙潭                   | 3          | 32           | 23.2 | 22   | 11  | 60 | 33  | 120 | 400 | <500 | 23 | 400 | 70  | <10 |
| 牛尾巴冲                 | 4          | 15           | 15.8 | 20   | 3   | 25 | 41  | 100 | 80  | <500 | 10 | 370 | 200 | 15  |
| 施底                   | 3          | 20           | 7    | 10   | 2   | 50 | 30  | 100 | 180 | <500 | 30 | 800 | 40  | 10  |
| 全区平均                 | 64         | 20           | 14.7 | 28.8 | 4.1 | 56 | 59  | 125 | 232 | 410  | 30 | 443 | 55  | 15  |
| 华南花岗岩 <sup>(1)</sup> |            | 32           | 3.5  | 29   | 4.2 | 33 | 47  | 41  | 147 | 159  | 8  | 254 | 30  | 3   |
| 世界花岗岩 <sup>(2)</sup> |            | 3.5          | 1.5  | 20   | 5.5 | 20 | 20  | 25  | 200 | 300  | 20 | 830 | 40  | 5   |

注：前八个岩体数据引自云南省地质矿产局第一地质大队资料。

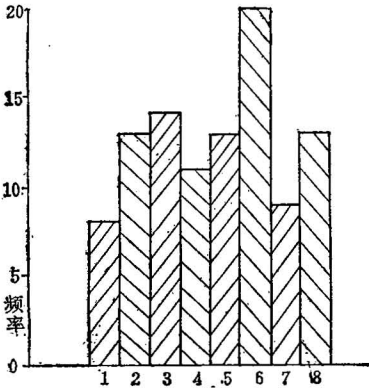


图 7 康滇地轴云南段晋宁期花岗岩锡丰度直方图

1—物茂岩体；2—狗街岩体；3—九道湾岩体；  
4—峨山岩体；5—田坝心岩体；6—龙潭岩体；  
7—牛尾巴冲岩体；8—施底岩体

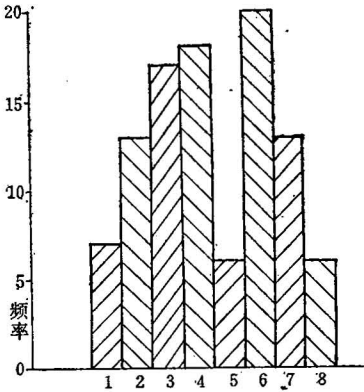


图 8 康滇地轴云南段晋宁期花岗岩钨丰度直方图

1—物茂岩体；2—狗街岩体；3—九道湾岩体；  
4—峨山岩体；5—田坝心岩体；6—龙潭岩体；  
7—牛尾巴冲岩体；8—施底岩体

三、锡、钨成矿作用

截至目前止，康滇地轴云南段仅发现小型砂锡矿一处，锡矿化点两处，发现中型钨矿一处，钨矿点七处。所发现的锡、钨矿（矿床、矿点、矿化点），空间分布均与花岗岩有关，其规律是：在岩体内带生成石英脉型黑钨矿，在接触带砂卡岩中生成砂卡岩型白钨矿，在距岩体小于 3 公里的外接触带生成热液型钨矿及锡石-硫化物型矿（图 9）。即在狗街岩体和牛尾巴冲岩体内生成石英脉型黑钨矿，在九道湾岩体和峨山岩体接触带生成砂卡岩型白钨矿，在龙潭岩体外带昆阳群黑山头组含电气石泥质石英粉砂岩中生成热液型钨矿，在九道湾岩体外带昆阳群大龙口组灰岩所夹的板岩中生成锡石-硫化物矿。

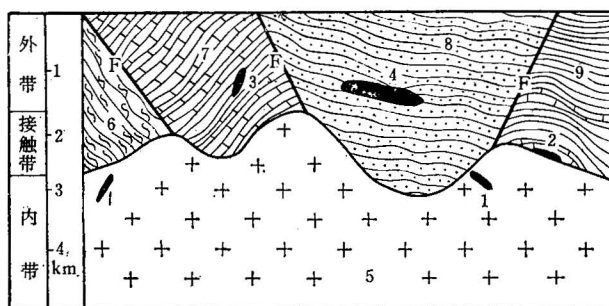


图 9 康滇地轴云南段锡、钨成矿模式图

1—石英脉型黑钨矿；2—矽卡岩型白钨矿；3—锡石-硫化物矿；4—热液型钨矿；5—晋宁期花岗岩；6—大田亚群普登组片岩、片麻岩；7—昆阳群黑山头组石英粉砂岩；8—昆阳群大龙口组灰岩夹板岩；9—昆阳群美党组板岩夹灰岩

众所周知，钨在地壳中的含量为  $1.1\text{ppm}^{1)}$ ，在花岗岩中稍有富集，平均含量为  $2.2\text{ppm}^{2)}$ ，如表 5 所示，狗街岩体、九道湾岩体、峨山岩体、龙潭岩体、牛尾巴冲岩体中钨含量介于  $15.8—23.7\text{ppm}$ ，超出花岗岩平均值  $7.18—10.77$  倍，这些岩体中或其邻近均有钨矿产出，从而表明钨的成矿作用是在花岗岩岩浆有较高钨浓度的地球化学背景下进行的。中国科学院地球化学研究所对南岭地区钨矿研究结果表明，在花岗岩浆演化分异过程中，当溶液中具有钨成矿必要浓度条件时， $\text{Ca}^{2+}$  与  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Mn}^{4+}$  的相对浓度很大程度上决定了形成黑钨矿还是形成白钨矿。计算结果表明，狗街岩体、牛尾巴冲岩体  $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}) : \text{CaO} = 2.7$  和  $4.5$ ，因而形成黑钨矿。九道湾岩体、峨山岩体与灰岩接触，围岩中大量钙进入溶液， $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}) : \text{CaO}$  值大幅度下降，因而它们只能生成白钨矿。由此可见，狗街岩体、牛尾巴冲岩体石英脉中生成黑钨矿，九道湾岩体、峨山岩体矽卡岩中生成白钨矿是很自然的。

锡在地壳中丰度为  $1.7\text{ppm}^{3)}$ ，在花岗岩中富集达  $3\text{ppm}^{4)}$ 。本区实际资料表明，九道湾岩体含锡高达  $22\text{ppm}$ ，龙潭岩体含锡高达  $32\text{ppm}$ ，分别超出花岗岩平均含量的  $7.3$  倍和  $10.6$  倍。与国内外含锡花岗岩比较（表 6），这两个岩体应属含锡花岗岩。本区实际资料反映出，含锡花岗岩浆演化分异后期，含氟、硼、氯、硫及水蒸汽等气体矿化剂和锡的热液，在高温高压条件下聚集于岩体上部，并沿裂隙向上渗透到昆阳群大龙口组灰岩所夹的板岩中，生成锡石-硫化物矿。

表 6 国内外含锡花岗岩锡含量表

| 地 区          | 苏 联<br>Barsukov<br>(1957) | 澳 大 利 亚<br>Hesp Rigby<br>(1975) | 中国云南个旧<br>吴延之<br>(1981) | 中国广西大厂<br>吴延之<br>(1981) | 本 区   |     |
|--------------|---------------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------|-----|
|              |                           |                                 |                         |                         | 九 道 湾 | 龙 潭 |
| 锡含量<br>(ppm) | 16—30                     | $>18.1$                         | $>19$                   | 43                      | 22    | 32  |

众所周知，锡、钨成矿作用与花岗岩有着密切的亲缘关系，康滇地轴云南段锡、钨矿展布对此提供了佐证。国内外对花岗岩研究表明，与花岗岩有关的锡、钨矿，往往受花岗岩岩石类型制约，本区实际资料表明，锡成矿作用与晚期白云母花岗岩、白岗岩关系密切，钨成矿作用与二长花岗岩、白云母花岗岩关系密切。因此，在康滇地轴云南段寻找锡、钨矿时，在岩石类型上应侧重晚

1) — 4) 黎彤、郭范，1981，元素丰度表。地质与勘探编辑部。

期演化分异的浅色细粒白云母花岗岩、白岗岩及二长花岗岩。

锡、钨成矿作用与花岗岩岩石化学成分特点有着十分密切的关系, 康滇地轴云南段与锡、钨成矿有关的花岗岩, 均属铝过饱和系列, 化学成分特点是高酸、富碱、低钙、铝过饱和。对已有锡、钨矿生成的狗街岩体、九道湾岩体、峨山岩体、龙潭岩体、牛尾巴冲岩体等五个岩体的岩石化学成分、查瓦里茨基数字特征进行分析后发现, 这些岩体的  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  含量普遍较高,  $\text{TiO}_2$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$  含量普遍较低, 查氏数字特征  $Q$  值亦较高,  $c$  值、 $f'$ 、 $m'$  值则较低, 这一事实表明, 锡、钨成矿作用与岩石化学成分属铝过饱和系列,  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  含量较高,  $\text{TiO}_2$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$  含量较低的花岗岩关系尤为密切, 这种花岗岩的查氏数字特征是  $Q$  值大,  $c$ 、 $f'$ 、 $m'$  值较低, 寻找锡、钨矿时应引起注意。

康滇地轴云南段花岗岩演化分异、岩石类型、岩石化学成分等成矿地质条件有利于锡、钨成矿, 这是不容置疑的, 然而, 不利的是, 大部分岩体剥蚀深度较大, 这对于保留有价值的矿体极为不利, 据国内外实例, 许多有价值的锡、钨矿, 多形成于演化分异较完全、相带较清楚的岩体顶部, 从康滇地轴云南段的实际资料看来, 这一成矿有利部位, 有的已被剥蚀殆尽, 有的被巨厚盖层超覆, 八个岩体中, 严重遭受剥蚀的有物茂岩体、狗街岩体、峨山岩体、田坝心岩体、牛尾巴冲岩体, 这些岩体的剥蚀特点是: 中心相广泛出露, 边缘相见不到或很少见到, 岩体边部见不到流纹、流线构造, 无或少见捕虏体或脉岩, 显而易见, 这些岩体顶部即使生成矿体, 也已剥蚀殆尽。相对而言, 九道湾岩体、龙潭岩体剥蚀深度较浅, 它们的边缘相出露较清楚, 脉岩较发育。鉴于康滇地轴云南段花岗岩顶部矿体剥蚀殆尽, 因而寻找锡、钨矿时, 应着眼于目前花岗岩出露的侧翼。

### 参 考 文 献

- (1) 中国科学院地球化学研究所, 1979, 华南花岗岩类的地球化学。科学出版社。
- (2) 南京大学地质系矿物岩石教研室, 1980, 火成岩岩石学。地质出版社。

## EVOLUTION AND TIN-TUNGSTEN MINERALIZATION OF THE JINNING-AGED GRANITES IN THE YUNNAN SECTION OF THE KANE DIAN AXIS

Yang Guoxiang

(Geological Party No. 1, Bureau of Geology and Mineral Resources of Yunnan Province)

### Abstract

Controlled by the Luzhijiang fracture, the granites in the Yunnan section of the Kang Dian axis are distributed in a north-south direction. Eight important or representative rock masses may be recognized. They were formed in Jinning time. Through an analysis of geological data, it is found that the evolution of the Jinning-aged granites there exhibits an obvious time character, i. e. individual rock masses were constantly evolving from early to late Jinning time. It expressed as follows: (1) The evolution of rock types: biotite type  $\rightarrow$  two-mica type  $\rightarrow$  muscovite type. (2) The evolution of rock-forming minerals: mica group, biotite  $\rightarrow$  lepidomelan  $\rightarrow$  zinnwaldite  $\rightarrow$  lepidolite  $\rightarrow$  muscovite; potash feldspars: perthite  $\rightarrow$  microperthite

microcline→orthoclase; quartz; grain size reduced and content increased; plagioclases; content decreased and pl. No. reduced. (3) The evolution of rock-forming elements;  $\text{Si}^{4+}$  and  $\text{K}^{+}$  contents gradually increased,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  and  $\text{Ca}^{2+}$  contents gradually decreased, and  $\text{Na}^{+}$  and  $\text{Al}^{+}$  contents decreased slightly. (4) The evolution of trace elements; Nb content gradually increased, while Cu decreased. Their evolution was favourable to tin-tungsten mineralization.

This paper proposes a model of tin-tungsten deposit formation in the Yunnan section of the Kang Dian axis, i. e., quartz vein-type wolframite deposits are formed in endocontact zones in the granite masses, skarn-type deposits are formed in skarns in contact zones, and hydrothermal wolfram deposits and sulfide-cassiterite deposits are formed in exocontact zones. It is suggested that emphasis should be laid on highly acid, high-alkali and low-calcium muscovite granites and their vicinity in search for tin and tungsten deposits in the area.

---

#### 更 正

本刊第30卷,第5期,第468页倒数第12行岩石的古温度应为700℃,特此更正。