

## 第二成矿物质来源概论

### ——关于某些内生金属矿床成矿物质来源的探讨

冶金部北京冶金地质研究所

梅友松

本文是在“我国大陆中东部基底地层成份分区与金属成矿分区”<sup>[1]</sup>一文的基础上,进一步讨论金属矿床的成矿物质来源。我们认为,金属矿床的成矿物质有两大来源:一是来自上地幔及地壳深部,称为第一成矿物质来源;二是来自硅铝层下部及有关部分,称为第二成矿物质来源。本文现就硅铝层基底形成后,特别是中生代以来所形成的许多铜、钨、钼、金、铅锌和锑等重要矿床,其成矿物质主要来自硅铝层下部及有关部分的问题进行探讨。

在找矿难度增大的情况下,要使找矿勘探投资获得较好的经济效益,其中一个重要方面,就是要加强成矿规律的研究。例如,金属矿产的分布有明显的分区性,有的地区找钼矿、金矿、铅锌矿等矿产有前景,而找铜矿并未收到较好的效果;同样是燕山期花岗岩发育的地区,有的钨矿发育,有的钼矿发育。凡此种种,对研究找矿方向无疑是重要的。为此,我们曾进行过多方面的研究,在近几年的工作中认识到,硅铝层下部岩层,即埋深大约10~20公里上下部位的岩层,金属元素含量的差别是造成上述现象的主要原因<sup>[1,2]</sup>。大体上可以这样说,硅铝层基底岩层及其中的同生矿产,其成岩、成矿物质可能主要是来自上地幔并与原始地壳及其早期改造产物有关,而硅铝层基底形成后,特别是中生代以来产生的大量金属矿床,其中相当多数的矿床,成矿物质可能主要来自硅铝层下部及有关部分(即硅铝层基底及有关部分)。认识成矿物质来源这一重大转变,探索第二成矿物质来源的成矿规律,对研究找矿方向,揭示区域地球化学场的成因,成矿专属性的成因,以及地壳中出现多种多样的矿种和类型的原因,均有重要意义。由于成矿物质来源涉及的矿种、类型很多,涉及的问题甚宽,限于篇幅,

本文仅就某些内生金属矿床成矿物质来源问题进行探讨。

#### 一、硅铝层下部及有关部分有利于产生多种与成矿有关的地质作用。

硅铝层基底岩层形成后,地球的演化分异到达了一个更高级的阶段。因此,基底岩层具有许多重要特点,出现了多种基底岩层类型,不同岩层类型的分布有明显的分区性<sup>[1]</sup>,但在同种岩层类型分布的范围内,岩性较简单,变化较稳定,从地壳岩石中元素平均含量来看,不同基底岩层中含量较高的金属元素和元素组合就各不相同,从而造成了硅铝层下部金属元素的分区。同时,基底岩层厚度巨大,可见厚常在10公里以上,而且不同类型的基底岩层分布范围广,一般在五、六万平方公里左右,有时可达三、四十万平方公里<sup>[1]</sup>。由上所述可以看出,在硅铝层下部,存在着各具不同特点、规模巨大、可称为一级的深部地球化学场。在成矿区基底岩层中,成矿金属元素的含量,比地壳同类岩石中相应的金属元素平均含量又要高得多,为便于与前者区别,可称为二级深部地球化学场。而且由于基底岩层形成早,这种规模巨大的深部地球化学场,对以后的成矿会产生重大影响,这些我们将在下面分别论述。

硅铝层下部岩层,一般埋深约10~20公里,在这个部位,就是在正常的情况下,根据V.马莫的计算地温可达333~666℃<sup>[3]</sup>。事实上地温的增加,不仅与深度有关,而且与地热异常的出现和强应力作用关系密切。例如美国西部俄勒冈州某地地温梯度为150℃/公里,推算这一地区,只要在6~7公里的深处,就可达到无水花岗岩的熔点(900~1000℃)<sup>[3]</sup>。区域变质作用、混合岩化作用就是这种综合的地热梯度作用的结

果。因此,硅铝层下部的有利部位便可产生多种含矿热液,如热卤水、变质热液等,也有利于产生混合岩化作用,并可形成酸性、中酸性岩浆。这些产物的含矿性无疑与该部位岩层中金属元素的丰度有密切关系。关于在这个部位能产生多种含矿热液和变质、超变质作用,这大概不会有多少异议,事实上在比10公里更浅的部位也可以有这些产物。例如混合岩化深熔、分异作用形成的深度是8~24公里<sup>[1]</sup>,花岗岩化发生的深度范围是5至大于20公里<sup>[6]</sup>。又如某些与火成岩有关和无关的一些矿床,它们的产出虽同样受基底岩层中金属元素丰度控制,但在具体提供成矿物质上,可能与基底岩层之上的具有较大埋深的某些岩层有关。然而在硅铝层下部能否形成酸性、中酸性岩浆的问题意见颇不一致,故在此不得不就这一问题作如下论述。

(1) 花岗岩类岩石绝大部分产在大陆地区,并富含云母、角闪石等含水矿物,而在月球上和陨石中均未发现花岗岩类岩石,在大洋地区也为数极少。这无可争辩的说明,形成花岗岩类岩石的物质最主要的是来自硅铝层,而绝不是主要来自下地壳或上地幔,否则就不会出现如此明显的分布不均一性。既然形成花岗岩类岩石的物质最主要的是来自硅铝层,那么大量的花岗岩岩浆就必然要在硅铝层的有关部位产生,否则就不具备如此大量的物质来源。硅铝层的什么部位有利于产生花岗岩岩浆呢?当然近地表或太浅的部位是不适宜的,一般说硅铝层下部才具有这样的条件。因此,可以明确地提出这样的推论:花岗岩类岩浆主要形成在硅铝层下部。至于形成花岗岩岩浆的热源,这属另一个问题,后面讨论。

(2) 将各地区基底岩层成分与后期形成的酸性、中酸性火成岩成分进行对比,主要有两种情况。第一,两者成分基本一致,这样的事例较多,由于赣北、鄂东地区在中酸性岩浆岩成因问题上有争议,现举这个地区的事例加以说明。该区基底岩层岩性为粉砂—泥质岩石,现以三分之一的砂质岩石量和三分之二的泥质岩石量为基础,根据这两种岩石在地壳中平均化学成分进行计算<sup>[12]</sup>,其结果接近花岗闪长岩的平均成分(表1),这就

是说只要热量充分,在没有外来物质加入的情况下,就可形成花岗岩类岩浆。为把多种可能发生的因素考虑在内,又设想有玄武岩岩浆成分加入,并可能发生的选择重熔及当地基底岩性变化等。故进行了多种方案的计算,结果表明,如有玄武岩岩浆成分加入,也不能超过五分之一,就是选择重熔加入的玄武岩岩浆成分也不能超过四分之一(表1)。因此形成该区花岗闪长岩,硅铝层下部成分仍占支配地位。也就是说基底岩层成分与后期岩浆岩成分基本一致。第二种情况是,后期岩浆岩成分比基底岩层成分偏酸性,这可能是硅铝层下部岩层被选择重熔的结果。与之伴生的中酸性以至中性岩浆岩,也不一定非要有地幔物质加入才能形成,事实上在混合岩发育的地区,可见到混合质花岗闪长岩、石英闪长岩等,在混合岩中也可见到斜长花岗岩质的脉体。这大概可作为硅铝层下部可以产生中—酸性岩浆的旁证。

(3) 国内外均有资料表明,在一些地区的上地壳下部有低电阻层存在,推断可能是岩浆体引起。另外,根据国家地震局马宗晋同志口头介绍,在美国西海岸和苏联贝加尔等地区,根据前后测量的地震剖面,大体上在这个部位发现有形态可变化的物体存在,也推测可能是岩浆体引起。由于这些被推断的岩浆体,在不同地区产出的部位比较一致,同时这个部位与我们从地质、地球化学方面所论证的酸性、中酸性岩浆形成的部位比较一致,因此,推测这种可能存在的岩浆体,是原地形成或主要是原地形成的。我们的初步研究成果在有关会议上介绍后的第二年(即1981年),看到布拉格水文气象研究所的一个有趣的报道<sup>[16]</sup>,他们在波希米亚地区工作几年后,从热流量和地震资料研究中得出了这样的推论,该区花岗质岩浆起源部位是上地壳,从该文的附图中量出,起源的深度在10~16公里范围内。这与我们的研究结果基本一致,印证了我们的推论可能是对的。还要指出的是,在硅铝层基底形成后,特别是中生代以来,我国东部大陆范围内的地壳运动,除深断裂影响的深度较大外,一般是在硅铝层中产生强烈影响,从这方面来看,花岗岩类岩浆也应主要是在硅铝层下部形成。

粉砂—泥质基底岩层拟含花岗闪长岩及中性火成岩成分计算表

表 1

| 编号 | 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> | CO <sub>2</sub> | SO <sub>2</sub> | C   | 总计     |
|----|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-------|-------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----|--------|
| 1  | 64.98            | 0.52             | 16.33                          | 1.89                           | 2.49  | 0.09 | 1.94  | 3.70  | 3.67              | 2.95             | 0.83             | 0.32                          | 0.29            |                 |     | 100.00 |
| 2  | 61.98            | 0.51             | 11.79                          | 3.02                           | 1.72  |      | 2.01  | 3.92  | 1.01              | 2.58             | 3.85             | 0.11                          | 3.45            | 0.45            |     | 99.13  |
| 3  | 64.4             | 0.65             | 11.52                          | 2.97                           | 2.19  |      | 2.43  | 5.48  | 1.12              | 2.67             | 3.43             | 0.18                          | 3.28            |                 |     | 100.32 |
| 4  | 64.22            | 0.776            | 11.044                         | 2.87                           | 2.622 |      | 2.825 | 2.095 | 1.36              | 2.56             | 2.95             | 0.212                         | 3.169           |                 |     | 99.706 |
| 5  | 62.6             | 0.8              | 11.9                           | 3.1                            | 2.79  |      | 2.93  | 5.77  | 1.36              | 2.32             | 3.22             | 0.22                          | 2.98            |                 |     | 100.02 |
| 6  | 64.86            | 0.75             | 14.59                          | 2.08                           | 3.23  | 0.11 | 2.41  | 3.52  | 3.45              | 3.27             | 0.86             | 0.28                          | 0.37            |                 |     | 99.81  |
| 7  | 58.05            | 0.79             | 17.41                          | 3.23                           | 3.57  | 0.15 | 3.21  | 5.77  | 3.57              | 2.36             | 0.85             | 0.44                          | 0.57            |                 |     | 100.00 |
| 8  | 59.33            | 1.20             | 11.69                          | 2.78                           | 4.69  | 0.15 | 3.94  | 5.10  | 3.51              | 2.76             | 1.06             | 0.37                          | 0.43            |                 |     | 100.01 |
| 9  | 58.1             | 0.65             | 15.10                          | 4.02                           | 2.45  |      | 2.41  | 3.11  | 1.30              | 3.21             | 5.00             | 0.17                          | 2.63            | 0.6             | 0.8 | 100.00 |
| 10 | 78.33            | 0.25             | 4.77                           | 1.07                           | 0.30  | -    | 1.16  | 5.50  | 0.45              | 1.31             | 1.63             | 0.08                          | 5.03            | 0.07            |     | 109.30 |

1. 花岗闪长岩平均化学成分, 据黎形、饶纪龙;
2. 砂—泥质岩石: 砂岩占34%, 泥质岩占66%的计算结果;
3. 9份砂泥质岩加一份基性岩的计算结果, 其中砂泥质岩以40%砂岩、60%泥质岩计算;
4. 8份砂质岩加2份基性岩的计算结果, 其中砂泥质岩以砂质岩和泥质岩各占一半计算;
5. 8份砂泥质岩加2份基性岩的计算结果, 其中砂泥质岩以40%砂质岩、60%泥质岩计算;
6. 完全选择重熔的计算结果, 5份酸性岩浆岩加1份基性岩计算结果(同4);
7. 中性岩浆岩平均化学成分(同1);
8. 完全选择重熔的计算结果, 1份酸性岩浆岩加1份基性岩计算;
9. 粘土岩平均化学成分, 据F. 克拉克, 1924;
10. 砂岩平均化学成分, 据F. 克拉克, 1924

以上论述并不排斥有从基性岩岩浆分异形成的花岗岩, 但这种成因的花岗岩是很少的。我们还认为探索基性岩浆与硅铝层成分相结合形成花岗岩的问题, 也是值得注意的。

关于硅铝层下部形成岩浆的热源问题较为复杂, 在不同条件下热源可能不同, 除正常的地温增温外, 其中具有重要意义的可能与地幔中高热区的热流体上升有关。因此从地质角度可研究中基性、基性和超基性岩的分布与酸性、中酸性火成岩产出的关系, 借以探索深部热源的意义。另一种热源是与构造运动、强烈的应力作用有关。放射性热源在某些地区可能是重要的。无论属何种情况, 大量的酸性、中酸性岩浆的形成, 硅铝层的物质起决定性作用, 这是没有疑问的。硅铝层下部应该是酸性、中酸性岩浆形成的最主要部位。因此, 硅铝层下部及有关部分的岩层成分, 可作为后生成岩、成矿总的物质来源层看待。

二、不同基底岩层中平均的金属元素含量与成矿具有密切关系。

从地壳不同岩石中的金属元素平均含量(表2), 就可看出不同基底岩层类型所构成的一级深

部地球化学场, 具有一些重要特点。这些特点与成矿的关系是, 不同基底地区产出的主要矿产, 多是该类基底主体岩石中平均含量较高的元素。因此基底岩层类型, 一般是成矿的重要前提条件。现就地壳不同岩石中金属元素平均含量和组合特点, 与不同基底区矿产的关系分述如下:

(1) 页岩中铈的平均含量最高, 比其他各类岩石中的平均含量要高出1~2个数量级; 锡的平均含量比其他岩石有的高出一个数量级, 有的高几倍, 最低也要高一倍以上。因此我国的铈矿和锡矿绝大部分产在与页岩成份类似的粉砂—泥质基底岩层区, 如个旧锡矿、锡矿山铈矿等。出现上述这种关系, 是由于这种基底的主体岩石有利于铈、锡等元素集中, 可为成矿提供物质来源。下述其他元素与基底区产出的矿产也是这种关系。

(2) 铜、锌在岩石中平均最高值, 既见于基性岩, 又见于页岩中; 铅在页岩和花岗岩中平均值最高, 而花岗岩常为泥砂质岩石的再生产物, 故不作单独的基底考虑。这些元素所形成的矿产, 既见于粉砂—泥质基底区, 又见于中基性火山岩基底区或基底混合岩区(后者铜矿主要是基底中

各类岩石及陨石中部分元素平均含量表 (ppm)

表 2

| 元<br>素 | 超基性岩  |       | 基性岩<br>(玄武岩) |       | 中 性 岩 |     | 酸 性 岩 |       |        | 石 隕<br>隕 石 | 頁 岩   | 頁 岩<br>粘 土 | 砂 岩   | 碳 酸<br>盐 岩 |
|--------|-------|-------|--------------|-------|-------|-----|-------|-------|--------|------------|-------|------------|-------|------------|
|        | 涂、费   | 维     | 涂、费          | 维     | 涂、费   | 维   | 涂、费   | 维     | 维      | 涂、费        | 维     | 涂、费        | 维     | 涂、费        |
| Cu     | 10    | 20    | 87           | 100   | 5     | 35  | 30    | 10    | 20     | 10         | 45    | 57         | n     | 1          |
| W      | 0.77  | 0.1   | 0.7          | 1     | 1.3   | 1   | 1.3   | 2.2   | 1.5    | 0.15       | 1.8   | 2          | 1.6   | 0.6        |
| Sn     | 0.5   | 0.5   | 1.5          | 1.5   | n     | —   | 1.5   | 3     | 3      | 1          | 6     | 10         | 0. n  | 0. n       |
| Mo     | 0.3   | 0.2   | 1.5          | 1.4   | 0.6   | 0.9 | 1.0   | 1.3   | 1.0    | 0.6        | 2.6   | 2          | 0.2   | 0.4        |
| Au     | 0.006 | 0.005 | 0.004        | 0.004 | 0.00n | —   | 0.004 | 0.004 | 0.0045 | 0.17       | 0.00n | 0.001      | 0.00n | 0.00n      |
| Pb     | 1     | 0.1   | 6            | 8     | 12    | 15  | 15    | 19    | 20     | 0.2        | 20    | 20         | 7     | 9          |
| Zn     | 5     | 30    | 105          | 130   | 130   | 72  | 60    | 30    | 60     | 50         | 95    | 80         | 15    | 20         |
| Sb     | 0.1   | 0.1   | 0.2          | 0.1   | 0. n  | 0.2 | 0.2   | 0.2   | 0.26   | 0.1        | 1.5   | 2          | 0.0 n | 0.2        |

涂、费据 K. Turkian 及 K. Wedepohl, 1961

维据 A. H. Sidorov, 1962

的矿产),并在粉砂—泥质基底区有含铅高的大型铅锌矿床。

(3) 钨在页岩、砂岩和花岗岩中平均值最高。花岗岩不作基底考虑,钨矿在砂质基底和粉砂—泥质基底区,前者基底区以发育品位高的石英脉钨矿为特征,后者基底区钨矿较分散,一般品位较低,如赣北等地区。

(4) 金在石隕石中的平均值最高达0.17 ppm,说明金在基性程度高的岩石中含量高,根据美国地球化学手册资料\*,超镁铁质火成岩金平均含量(ppm) 0.006,镁铁质火成岩0.0048,中性火成岩0.0032,硅铝质火成岩0.0017~0.0042。我国绝大部分的独立金矿床产于中基性火山岩基底或基底混合岩区。

(5) 钼在页岩和基性岩中平均含量最高,比大多数的其他岩石要高一个数量级。我国的大型钼矿,均产于中基性火山岩基底区或基底混合岩区。那么为什么在类似页岩成份的粉砂—泥质基底区,尚未找到具有一定规模的独立钼矿呢?这点后面就要讨论。

综上所述,各种基底岩层类型中,含量高的金属元素及其组合不同,所形成的主要金属矿产一般也不同。而且当某种金属元素(指我们研究的这几种金属元素,下同)仅在一中岩石中平均值高,所形成的主要矿产,就仅在一中基底区产

出,如铋、锡;如在多种岩石中平均值高,就可在几种基底区产出,如铅锌矿等。当基底主体岩石中平均值高的金属元素仅有一种,这种基底区就以发育这种元素形成的矿产为特征,如砂质基底区的钨矿;如平均值高的金属元素有几种,在这种基底区就可形成多种重要矿产,如粉砂—泥质基底区,在不同部分可形成铋、锡、铜、钨、铅锌等矿产。由于基底岩层中平均值高的金属元素,与成矿一般具有这种明显的对应关系,因此可以得出这样的结论,成矿物质主要来自硅铝层下部及有关部分。

### 三、不同成矿区基底岩层中丰度高的金属元素与成矿具有明显的一致性。

这部分是根据各成矿区基底岩层金属元素分析资料,探讨基底岩层中金属元素丰度(二级深部地球化学场)与后生成矿的关系。

(1) 南岭地区(包括赣北—鄂东、湘西)的钨、钼成矿与基底岩层中金属元素丰度的关系:该区基底地层为元古界变质岩系,按岩性可分为砂质基底和粉砂—泥质基底。根据冶金部南岭钨矿专题组的资料(以下简称专题组),该区前震旦系地层中钨含量为砂、页岩中钨平均含量5倍多,因此本区不仅有形成钨矿的前提条件,而且有形成钨矿的丰富物质基础。但由于这两种基底岩性不同,在钨矿的成矿特点上也有显著差异。在砂质基底区,钨矿主要与酸性至超酸性花岗岩有关,以发育石英脉型品位较高的钨矿为特征,钨矿床

\*转引自吉林冶金地质所“金矿参考资料汇编”第五集。

密集,规模大,如赣南等地区。在粉砂—泥质基底区,钨矿主要与中酸性以至中性侵入岩有关,以发育夕卡岩型钨矿为主,一般品位较低,有一定数量的大型矿床,但较分散,如赣北—鄂东、湘西等地区。其中赣北地区,根据专题组的资料,基底岩层中钨含量为同类岩石中钨平均含量的5倍多,而湘西地区则为4倍多,事实上赣北地区钨矿比湘西地区也多。由于本区老基底岩层中含钨高,给这个地区带来了普遍含钨高的特点。根据专题组的资料,震旦系至侏罗系地层中钨含量为地壳中钨平均含量(1.3 ppm)的7倍多,根据贵阳地化所的资料<sup>[5]</sup>,南岭地区花岗岩钨含量为花岗岩中钨平均含量的2.3倍(3.44/1.5),又根据南京大学资料\*,南岭燕山期花岗岩钨含量为花岗岩中钨平均含量的5倍,与钨矿有关的岩体如西华山复式岩体钨含量24.4 ppm<sup>[6]</sup>,就是一些与铜矿有关的岩体钨含量也很高。因此,该区基底岩层是后生成岩、成矿总的物质来源层,甚至还影响矿床类型的出现(如石英脉型钨矿)。

为进一步说明基底金属元素丰度与成矿的关系,现研究一下南岭某些地区钼的问题。虽然这些地区粉砂—泥质基底的主体岩石是地壳中钼平均含量高的岩石,但在这些地区根据专题组的资料,钼的含量比同类岩石中钼平均含量(2 ppm)还低4倍以上,即是一个贫钼的基底地球化学场。那以后地质时代的情况又怎样呢?震旦系至侏罗系地层中钼的平均含量,还略低于地壳中钼的平均含量(1.1 ppm),南岭花岗岩(除某些矿区岩体外)钼含量也低于花岗岩中钼的平均值,就是燕山期花岗岩(除某些矿区岩体外),也只接近花岗岩中钼的平均含量(表2)。直到现在这些地区尚未找到具有一定规模的独立钼矿床。从上述可以看出,基底岩层中金属元素的丰度与后生成矿的关系是何等密切!由此也可说明,在有关元素丰度高的地球化学场中,寻找局部异常,才易于收到好的找矿效果。

(2) 赣北—鄂东等地区:该区基底地层为元古界浅变质岩系,岩性属粉砂—泥质基底。据

专题组资料,本区基底岩层中铜的含量为同类岩石铜平均含量的2~3倍,锡为同类岩石平均值的1倍多。晚于基底之后的地层和岩体中这些元素含量也较高。本区后生矿床有规模大的铜矿,还有铅锌矿和锡矿。现在补充讲一点南岭地区要注意找砂锡矿的问题。本区粉砂—泥质岩层基底分布较广,某些花岗岩体可能曾有过锡矿化,后被侵蚀掉,这些花岗岩体就是砂锡矿的重要物质来源。作者曾指出<sup>[2]</sup>,平桂地区砂锡矿重要物质来源之一是该区的花岗岩,近几年其他同志的工作也论证了这点。因此在找矿中要注意这个问题。

(3) 杨家杖子地区:本区花岗岩发育的情况可与南岭某些地区相比拟,但是基底岩层类型与南岭钨矿产出地区完全不同。本区基底岩层为太古界变质岩系,岩性属中基性火山岩或基底混合岩,这种岩性基底一般对找钨矿不利,而具备找钼、铅锌、金等矿产的前提条件。根据杨家杖子矿务局的资料,太古界片麻状花岗岩中钼含量为6 ppm,为富钼的基底地球化学场。上覆地层如寒武系页岩有资料表明含钼高,燕山期花岗岩钼含量为6.3 ppm,为花岗岩钼平均含量的4.8倍,与钼矿有关的花岗岩钼含量为21 ppm。本区发育着规模大的钼矿,还有铅锌矿等,直到现在未发现钨矿。这个区域的事例再次说明基底与成矿的关系是十分密切的。

(4) 锡矿山地区:本区基底地层为元古界浅变质岩系,岩性是粉砂—泥质基底。从锡矿山冶金地质队提供的震旦系至石炭系地层中锑的数据来看,其中震旦系地层最高,石炭系地层中最低,前者锑含量为后者的13倍;震旦系至志留系锑含量为泥盆系地层中锑含量的4倍,为石炭系的5.2倍。寒武系至石炭系地层中锑的平均含量为21 ppm,就是与地壳中锑的平均含量最高的页岩相比,也要高10.5倍。推测基底岩层中锑的丰度是很高的。从上述可以看出,易于迁移的锑元素,是在锑丰度很高的地球化学场条件下,才能形成规模大的锑矿床。

(5) 招掖、夹皮沟、冀北地区:招掖金矿区基底为胶东群,中基性火山岩发育,平均含金

\* 转引自冶金部南岭钨矿专题组“南岭钨矿报告”

0.182 ppm<sup>[8]</sup>；吉林夹皮沟金矿田基底的一部分为鞍山群三道沟组中基性火山岩，金平均含量为0.117 ppm<sup>[8]</sup>；冀北金矿发育地区，基底地层平均含金0.1 ppm左右<sup>[10]</sup>。这些地区基底岩层中金的含量，比地壳中同类岩石金平均含量高20~40倍以上。

此外，小秦岭、黔东等地的基底地层或基底混合岩，据悉分别含钨和汞较高。

综上所述可以看出，基底岩层中不同金属元素丰度的高低，和基底地球化学场的其他特点不同，关系着金属矿床能否形成和形成何种金属矿床。因此根据一个地区的基底资料，再结合其他材料，便可预测这个地区找矿的重点金属应该是什么，和可能找到那些金属矿床；同时可以看出，基底地球化学场的特点不同，直接影响区域地球化学场的特点，和后生岩体的岩性及其成矿专属性的产生。

#### 四、关于成矿物质非主要直接来自深源的探讨。

硅铝层基底成分不同和金属元素丰度的差别，其中重要原因之一，是来自深部的物质成分不同而引起的。如果组成基底岩层的物质，是来自当时地壳深部和软流圈以上的地幔顶部，那么硅铝层基底金属元素的丰度和组合特点，应该与硅铝层以下一定深度范围内的金属元素的丰度和组合特点，具有某种程度上的一致性。根据专题组资料，震旦系细碧岩中钨含量较高，并未受该区基底元古界地层中钨含量的影响，其含量接近或略高于基底岩层，比上地幔钨平均值（0.3 ppm，维诺格拉多夫）高33倍以上，说明在硅铝层以下的深部存在一个钨丰度很高的异常区。这是不是说，形成钨矿的物质就直接来自下地壳深部或上地幔呢？不是的，如果是这样，这个丰度很高的钨异常区，在基底岩层形成以前就存在，为何不与该区基底岩层同时形成具有一定规模的钨矿床呢？为何要等到硅铝层基底形成后，并经历了一段较长的地质时期直到中生代才形成规模巨大的钨矿床呢？再从南岭地区与绝大部分钨矿有关的酸性至超酸性花岗岩来看，只有依靠硅铝层物质才能形成，就拿闪长岩来说，也需要一半以上的

硅铝层物质参加才能形成（表1），而且该区基底中钨含量与细碧岩钨含量相近，即使有基性岩浆直接参加形成钨矿，仍有一半以上直至全部钨物质是来自硅铝层下部及有关部分。无论怎样说，基底岩层中金属元素含量对成矿具有重要意义。现在对岩体含矿性及与成矿的关系很注意，这是应该的，但是对基底岩层的含矿性及与成矿的关系，未引起应有的注意，而从表3中可以看出，基底岩层中成矿元素含量，比一些与成矿有关的岩体中成矿元素含量还要高，这不得不迫使我们找矿时要注意研究这个重要问题。是否要有来自上地幔的基性岩浆才有利提供成矿物质？看来并不是这样，例如湖北两郢和桂西滇东地区，基性岩分布广，但直到现在尚未找到与其有关的、具有一定规模的内生金属矿床。

有一种意见，把福建—浙江沿海地区和赣北—鄂东等地区，列为成矿物质直接来自上地幔的地区，这两地相距并不远，既然成矿物质都是来自上地幔，为何两地的矿产有如此大的差别呢？赣北—鄂东地区，以发育铜、钨等矿产为特征，而福建—浙江沿海地区几乎不出现钨矿；再拿闽西和闽东来说，相距更近，闽西钨矿发育，闽东几乎见不到钨矿，这用成矿物质直接来自上地幔的观点是难以解释的。但从第二成矿物质来源的观点来看，这种现象则是很正常的。根据前面讲的理由，福建—浙江沿海地区为中基性火山岩基底，有利于形成金、铅、锌、钼等矿产，一般不利于形成钨矿。赣北—鄂东地区为粉砂—泥质基底，有利于形成铜、钨等矿产；闽西为砂质基底，有利于形成石英脉型钨矿；闽东为中基性火山岩基底，一般不利于形成钨矿。由此可见，这些地区的成矿物质，仍主要来自硅铝层下部及有关部分。

#### 五、第二成矿物质来源的找矿意义。

本文是在长期研究找矿问题的实践中概括出来的。但在这里只原则的谈一下它的找矿意义。

1. 硅铝层基底形成以后，由这种来源形成了大量的金属矿床，例如我国的钨、锡、钼、锑等矿产，和绝大部分的金、铜、铅、锌等矿产。主要成矿时代是中生代。这些矿床可分为两部分，一是与酸性、中酸性火成岩有关的矿床；二是与火

岩体中成矿元素含量与基底岩层中成矿元素含量对比表

表 3

| 名 称          | 矿种 | 有关岩体中成矿元素含量 (ppm) | A 比值 | B <sub>1</sub> 比值 | B <sub>2</sub> 比值 | 备 注    |
|--------------|----|-------------------|------|-------------------|-------------------|--------|
| 富家坞花岗闪长斑岩    | 铜  | Cu 132            | 4.4  | 2.6               | 0.85              | 1)     |
| 铜厂花岗闪长斑岩     | "  | Cu 230            | 7.7  | 4.5               | 1.4               | [9]    |
| 阳新花岗闪长岩      | "  | Cu 49             | 1.6  | 0.96              | 0.31              | [7]    |
| 沙溪石英闪长岩      | "  | Cu 182            | 5.2  | 3.5               | 1.2               | 4)     |
| 月山闪长岩        | "  | Cu 21             | 0.6  | 0.4               | 0.13              | [7]    |
| 峨头山石英闪长岩     | "  | Cu 26             | 0.7  | 0.5               | 0.17              | [7]    |
| 凤凰山斜长花岗岩     | "  | Cu 39             | 1.3  | 0.76              | 0.25              | [7]    |
| 多宝山花岗闪长岩     | "  | Cu 75.6           | 2.5  | 1.4               | 0.4               | 1)     |
| 马拉格北炮台花岗岩    | 锡  | Sn 10             | 3.3  | 1.2               | 0.8               | 2) [7] |
| 老厂花岗岩        | "  | Sn 21             | 7    | 2.5               | 1.7               | 2) [7] |
| 卡房花岗岩        | "  | Sn 17             | 5.7  | 2.1               | 1.3               | 2) [7] |
| 龙箱盖花岗岩       | "  | Sn 17             | 5.7  | 2.1               | 1.3               | 2) [7] |
| 诸广山等七个黑云母花岗岩 | 钨  | W 5.9             | 3.9  | 3.2               | 0.6               | 2) [5] |
| 西华山花岗岩       | "  | W 24.4            | 16.2 | 15.2              | 2.1               | [6]    |
| 杨家杖子花岗闪长岩    | 钼  | Mo 5              | 5    | 4.1               | 0.8               | 3)     |
| 杨家杖子粗粒斑状花岗岩  | "  | Mo 4              | 4    | 3.3               | 0.66              | 3)     |
| 杨家杖子中粒花岗岩    | "  | Mo 10             | 10   | 8.3               | 1.6               | 3)     |
| 杨家杖子细粒花岗岩    | "  | Mo 21             | 21   | 17.5              | 3.5               | 3)     |
| 玲珑蚀变花岗岩      | 金  | Au 0.58           | 130  | 130               | 3.6               | [8]    |

A 比值 =  $\frac{\text{与成矿有关岩体中成矿元素含量}}{\text{地壳中相应火成岩成矿元素平均值}}$

B<sub>1</sub> 比值 =  $\frac{\text{与成矿有关岩体中成矿元素含量}}{\text{该区基底的同类岩石成矿元素平均值}}$

B<sub>2</sub> 比值 =  $\frac{\text{与成矿有关岩体中成矿元素含量}}{\text{该区基底岩石中成矿元素含量}}$

注: ①根据冶金部地质研究所和冶金部南岭钨矿专题组资料; ②基底岩层中W、Sn含量, 根据冶金部南岭钨矿专题组资料; ③根据杨家杖子矿务局资料; ④根据冶金部地质研究所的资料。

成岩无关的矿床。矿床类型主要有夕卡岩型、斑岩型、热卤水型、石英脉型和蚀变交代岩型等。

2. 矿床产出与硅铝层下部及有关部分岩层中, 金属元素的丰度和组合特点有密切关系。因此主要金属矿产常分布在一定的基底岩层类型地区, 形成了金属成矿分区。例如粉砂—泥质基底的主体岩石, 有利于锑、锡、铜和铅锌等元素集中; 砂质基底的主体岩石有利于钨集中; 中基性火山岩基底和基底混合岩的主体岩石有利于钼、金和铅锌等元素的集中等。因此在这些基底区的不利部位, 当基底中这些金属元素集中的程度较高和其他成矿地质条件有利时, 便可分别形成相应的金属矿床。这就指出了在什么样的地区重点

应该找哪种金属矿, 和可能找到哪些金属矿床。

例如找钨矿, 重点要安排在砂质基底和粉砂—泥质基底区, 而不能仅根据燕山期花岗岩发育, 将重点安排到中基性火山岩基底区, 如此等等。

3. 基底岩层中金属元素含量高, 有利于形成相应的金属矿床。至于要高到何种程度才对成矿有利, 由于不同金属元素在地壳中的含量和其他地球化学性质不同, 也由于成矿地质条件的差别, 因此比同类岩石中相应元素平均含量高出的倍数也不同, 看来在地壳中含量很低的和易于迁移的金属元素高出的倍数较多时才有利成矿。我们要象研究岩体含矿性那样, 重视基底岩层的含矿性及与成矿关系的研究。有的单位已经注意到根据基底中的金属元素丰度和组合特点, 再结合其他资料, 探讨所在地区可能找到哪些金属矿产; 还有的单位在进行其他方面研究的同时, 结合基底资料, 提出了找矿地区的建议。

4. 从这个观点所提出的一些认识, 对化探和研究岩体含矿性工作也是有益的, 并可以较少工作, 较快的获得有益于找矿工作的有关资料。

在成文过程中, 姜齐节同志提出了许多宝贵意见, 在初稿完成后蒙康永孚、姜齐节、谭顺道

等同志审阅并提出修改意见,在此深表感谢。还特别要对提供和所引用资料的单位与个人致以衷心敬意!

#### 参考文献

- [1] 姜齐节、梅友松, 1982, 地质与勘探, 第1期
- [2] 梅友松, 1963, 地质论评, 第21卷, 第3期
- [3] 梅友松, 1981, 地质与勘探, 第3期
- [4] 姜齐节、梅友松, 1982, 桂林冶金地质学院学报, 第1期
- [5] 中国科学院贵阳地球化学研究所, 1979, 华南花岗岩类的地球化学, 科学出版社
- [6] 莫柱孙、叶伯丹等, 南岭花岗岩地质, 1980, 地质出版社
- [7] 桂林冶金地质研究所夕卡岩矿专题组, 1974,

- 地质与勘探, 第6期
- [8] 朱奉三, 1980, 地质与勘探, 第7期
- [9] 朱坤林, 1981, 地质与勘探, 第2期
- [10] 杜丁, 1981, 河北地质矿产研究, 第一辑
- [11] 应思准、俞理宝、杨主恩, 1980, 地震地质, 第2卷, 第1期
- [12] 中国科学院贵阳地球化学研究所, 简明地球化学手册, 1977, 科学出版社
- [13] 从柏林, 岩浆活动与火成岩组合, 1979, 地质出版社
- [14] B. H. 斯米尔诺夫等著, 内生矿床的地质来源, 地质出版社
- [15] V. 马莫, 花岗岩岩石学与花岗岩问题, 地质出版社
- [16] Lubor Osrnibnsky, 1980, Tectonophysics Vol. 68, No. 3 ~ 4

## 彭山隐伏花岗岩体特征及其控矿意义

邹文学

江西彭山隐伏花岗岩是1967年开展地质普查和矿产预测时发现的。围绕岩体外接触带探明了中—大型的隐伏夕卡岩型锡石硫化物矿床, 远离接触带找到了初具规模的云英岩型锡石矿床。

该岩体具有我国南方湘、粤、桂、滇同类酸性含锡花岗岩岩石的共同特点,但在酸度、碱度、潜在含矿性和岩浆分异作用诸方面又有独特之处。

本文着重总结岩体的产状、岩石学、岩石化学成分特征,初步探讨岩浆活动及其演化规律,并提出了岩体控制锡矿成矿作用的意义。

### 岩体产状

本区大地构造位置处于九岭东西向构造,修水武宁复式向斜中段。隐伏岩体侵入于彭山S形背斜(前称短轴背斜)的核部北西倾伏端震旦系和寒武系地层中(图1)。

整个岩体未出露地表,距地面50米以下。已控制范围达7.5平方公里,其表面最高点海拔213米,最低负233米。在负300米标高垂直投影图上,呈北东—南西向延伸的橄榄形,轴向北东42~45°,长宽之比约5:3。岩体顶部拱起,四周边缘平缓倾斜,北西倾角33~35°,北东约30°,其余部分6~20°(图2)。

岩体50米标高以上拱起部分形态复杂,有三个岩凸(I、II、III)和一个岩凹。I号岩凸呈南北伸长的S形,最高点海拔100米,细粒白云母

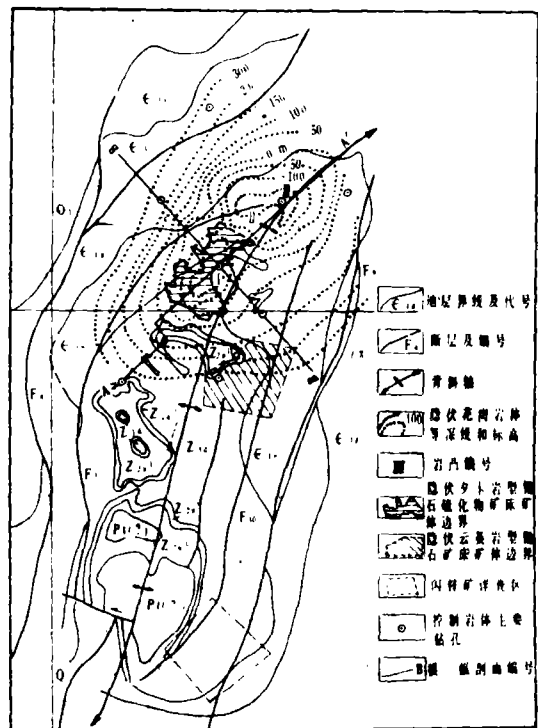


图1 彭山隐伏花岗岩体及锡矿床分布略图