

# 论川西地区金矿中黝铜矿的成分标型特征<sup>\*</sup>

王小春<sup>1) 2)</sup> 张哲儒<sup>1)</sup>

(1—中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550002; 2—西南冶金矿产勘查开发院, 成都 610051)

主题词 黝铜矿 成分标型 金矿床 四川

提 要 四川西部金矿床中有 3 类金矿含有较多的黝铜矿族矿物, 它们与黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿和 Au—Ag 系列矿物共同组成矿石的矿物组合。电子探针分析表明, 黝铜矿族矿物的变种有黝铜矿和砷黝铜矿等。在黝铜矿中, As—Sb 之间呈完全类质同象。在不同类型金矿中, 黝铜矿具有不同的特征参数。产于碳酸盐岩系内的地下水热液型金矿中的黝铜矿成分自上而下由富锌锑向富铁砷演变, 而且含量也有降低的趋势。黝铜矿的产出及分带特征对于区内及相似地区同类金矿的勘查具有重要意义。

黝铜矿是热液硫化物矿床中比较常见的硫盐矿物, 广泛分布于铅锌矿床和含铜多金属矿床中, 在金矿床中也不乏分布。其化学通式为  $(M^+, M^{2+})_{12}(M^{3+}, M^{4+})_4(S, Se)_{13}$ , 其中  $M^+$  以  $Cu^+$ 、 $Ag^+$  为主, 尚见  $Au^+$ ;  $M^{2+}$  以  $Fe^{2+}$ 、 $Zn^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$  为主,  $Pb^{2+}$ 、 $Hg^{2+}$ 、 $Cd^{2+}$ 、 $Co^{2+}$ 、 $Ni^{2+}$  次之;  $M^{3+}$ 、 $M^{4+}$  以  $Sb^{3+}$ 、 $As^{3+}$  为主, 尚有  $Bi^{3+}$ 、 $Sn^{4+}$ 、 $Te^{4+}$ <sup>[1~14]</sup>。黝铜矿的化学成分在一定程度上可以反映出矿床地球化学特征和成矿条件。本文拟通过对川西某些金矿床中黝铜矿化学成分的研究, 来探讨黝铜矿化学成分标型的意义。

## 1 矿床特征及黝铜矿的产出条件

川西地区是我国重要的金矿成矿区, 地跨喀喇昆仑—三江、可可西里—巴颜喀拉和扬子三个构造区。区域地质演化经历了 3 大阶段: 太古代—晚元古代早期扬子基底形成阶段、震旦纪—三叠纪槽台分野阶段和侏罗纪—第四纪陆内造山阶段。

区内金矿显示出类型多、矿化强度大的特点(图 1)。以成矿地质条件和成矿作用为基础, 以宏观地质特征为主要依据, 可将川西地区金矿划分为 9 类: I. 产于碳酸盐岩中的地下水热液型金矿; II. 产于蛇绿混杂岩中的地下水热液型金矿; III. 产于浅变质碎屑岩系(砂岩、板岩)中的地下水热液型金矿; IV. 产于中浅变质碎屑岩系(绿片岩、片岩、千枚岩、板岩、砂岩)中的地下水和/或变质热液型金矿; V. 产于混合岩中的变质热液型金矿; VI. 产于花岗岩及其内外接触带中的岩浆热液型金矿; VII. 产于次火山岩系(玢岩、斑岩)中的(地下水)热液型金矿; VIII. 产于浅变质碎屑岩—次火山岩系中的地下水热液型金矿; IX. 产于火山岩系中的海底火山喷流型金矿<sup>[15]</sup>。各类金矿的地质特征详见表 1。

在川西地区已知的 9 类金矿中, 有 7 类含有黝铜矿, 发现有较多黝铜矿的金矿类型为

\* 本文由国家攀登预选项目(编号:95—预—25)和中国科学院重大科研项目(编号:KZ951—131—141)资助

第一作者简介 王小春, 男, 1965 年生, 高级工程师, 博士, 矿床学专业。

收稿日期, 1999—03—22, 改回日期, 1999—12—16

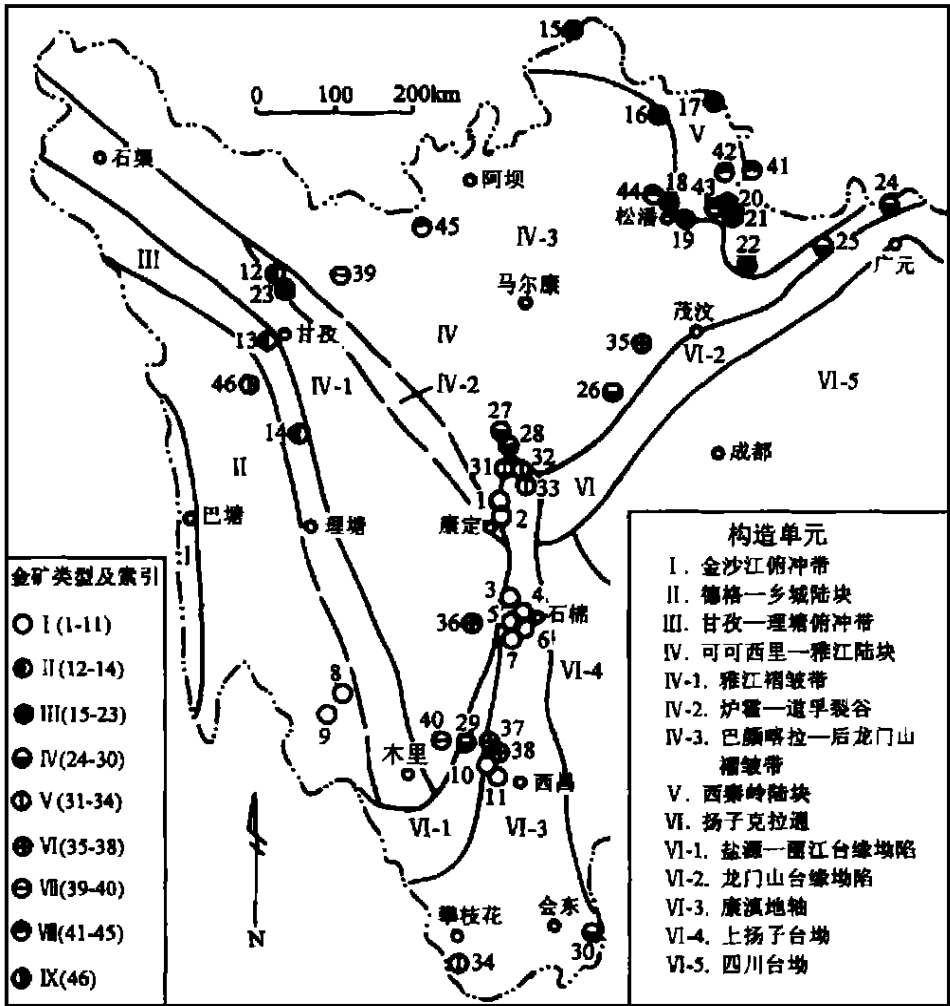


图1 川西地区地质构造单元和主要金矿床分布图

Fig. 1 Geological sketch map of geotectonic units in

western Sichuan showing the distribution of major gold deposits

金矿类型及金矿床索引：I. 1—偏岩子，2—灯盏窝，3—田湾，4—广金坪，5—黄水沟，6—金鸡台，7—庙坪，8—松机庚，9—耳泽，10—菜子地，11—下马波洛；II. 12—普弄巴，13—嘎拉，14—雄龙西；III. 15—拉尕玛，16—巴西，17—马脑壳，18—东北寨，19—桥桥上，20—松潘沟，21—水牛家，22—银厂，23—丘洛；IV. 24—马房窝，25—金堡，26—巴郎山，27—董家沟，28—门子沟，29—茶铺子，30—小街；V. 31—三碛，32—黄金坪，33—白金台子，34—三家村；VI. 35—危关沟，36—中古，37—缅萨洼，38—机器房；VII. 39—石龙扎俄，40—金山；VIII. 41—联合村，42—甲勿池，43—龙滴水，44—哲波山，45—金木达；IX. 46—岷村（金矿类型代码同表1）

I、II、III类。黝铜矿在I类金矿中含量较高，矿石中含量一般为3%~5%，个别可达15%；而在II、III类金矿中含量相对较低。这些黝铜矿主要呈不规则粒状或脉状、网脉状产出。在形成次序上，通常在黄铁矿、毒砂之后，而与方铅矿、黄铜矿及其它硫酸盐矿物相伴生，显示为主成矿阶段的产物<sup>[4 16~18]</sup>。

表 1 川西地区金矿的类型划分

Table 1 Classification of gold deposits in western Sichuan

| 金矿类型 | 地质背景                               | 矿化类型           | 矿石矿物组合                            | 元素组合                    | 围岩蚀变                     | 实例                           |
|------|------------------------------------|----------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------|
| I    | 扬子地台西缘及其与可可西里—巴颜喀拉构造区的复合部位、德格—中甸陆块 | 层间破碎蚀变带型       | 黄铁矿、黝铜矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂、黄铜矿、Au—Ag 系列矿物 | Au—Ag—Cu—Pb—Zn—As—Sb—Bi | 硅化、绢云母化、碳酸盐化             | 石棉金鸡台、九龙庙坪、康定偏岩子、木里耳泽、西昌菜子地  |
| II   | 甘孜—理塘俯冲带、炉霍裂谷                      | 微细浸染型          | 黄铁矿、毒砂、辉锑矿、黄铜矿、辰砂、白铁矿、辉铋矿、黝铜矿     | Au—As—Sb—Hg—Ba—Bi       | 铁白云石化、绢云母化、硅化、铬水云母化、绿泥石化 | 甘孜嘎拉、普弄巴、新龙雄龙西               |
| III  | 可可西里—雅江、西秦岭陆块                      | 微细浸染型          | 黄铁矿、毒砂、辉锑矿、雄黄、辰砂、白铁矿、自然金、白钨矿、黝铜矿  | Au—As—Sb—Hg—Ba—(W—U)    | 硅化、碳酸盐化、绢云母化、绿泥石化、重晶石化   | 松潘东北寨、平武银厂、南坪马脑壳、若尔盖拉尔玛、甘孜丘洛 |
| IV   | 巴颜喀拉—后龙门山褶皱带、康滇地轴东缘                | 石英脉型           | 黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、黝铜矿、自然金           | Au—Cu—Pb—Zn—Ag—Sb—As    | 硅化、绢云母化、碳酸盐化             | 广元马房窝、平武金堡、小金巴郎山、冕宁茶铺子、会东小街  |
| V    | 康滇地轴                               | 石英脉—蚀变岩型       | 黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、斑铜矿、Au—Te—Ag 系列矿物     | Au—Te—Ag—Bi—Cu—Pb—As    | 铁白云石化、绢云母化、硅化、绿泥石化       | 康定黄金坪、三碛、白金台子                |
| VI   | 扬子地台西缘及与可可西里—巴颜喀拉构造区的复合部位          | 石英脉—蚀变岩型       | 黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿、辉铜矿、自然金、方铅矿、毒砂、黝铜矿    | Au—Ag—Cu—As—Pb—Zn—Sn    | 硅化、绢云母化、绿泥石化             | 冕宁机器房、九龙中古、理县危关沟、冕宁缅萨洼       |
| VII  | 可可西里—雅江、西秦岭陆块                      | 石英脉、蚀变岩型、微细浸染型 | 黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、黝铜矿、雄黄、辉锑矿           | Au—As—Cu—Ag—Pb—Zn—Sb—Hg | 硅化、绿泥石化、绢云母化             | 木里金山、色达石龙扎俄                  |
| VIII | 可可西里—雅江陆块、西秦岭陆块                    | 微细浸染型          | 黄铁矿、毒砂、雄黄、辰砂、雌黄                   | Au—Hg—As—Sb—Ba          | 硅化、菱铁矿化、绢云母化、萤石化、硬石膏化    | 南坪联合村、平武水牛家、壤塘金木达            |
| IX   | 德格—中甸、西秦岭陆块                        | 石英脉型、蚀变岩型      | 闪锌矿、黄铁矿、方铅矿、黝铜矿、辉银矿               | Au—Cu—Pb—Zn—Ag—Ba—Bi    | 钡冰长石化、绢云母化、钠化、硅化         | 白玉呷村、青川矿山里、平武王前沟             |

## 2 黝铜矿的化学成分

由黝铜矿的电子探针分析结果(表 2、3)可知,区内金矿中黝铜矿成分具如下特点:

(1) 在黝铜矿中, Cu、Ag、Fe、Zn、Sb、As 等主要组分的含量变化范围较大。含 Cu 34.29%~44.37% (平均 40.11%)、Ag 0~0.76% (平均 0.18%)、Sb 0.07%~27.08% (平均 16.41%)、As 0.51%~19.80% (平均 8.79%)、Fe 0.24%~7.76% (平均 3.36%)、Zn 0~10.81% (平均 3.76%)。Fe 和 Zn 的含量实际上在纯铁变种和纯锌变种范围内变化, As 和 Sb 之间呈完全类质同象。同时,个别矿床的黝铜矿中 Se 和 Hg 的含量较高。

表 2 川西金矿中黝铜矿的电子探针分析结果

Table 2 Electron microprobe analyses of tetrahedrite from gold deposits in western Sichuan

| 金矿类型 | 序号 | 矿床  | 样数 | 成分/%  |      |       |       |       |      |      |      |      |       |       |       |        | 资料来源   |      |
|------|----|-----|----|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|--------|------|
|      |    |     |    | Cu    | Fe   | Zn    | As    | Sb    | Bi   | Au   | Pb   | Se   | Ag    | S     | Hg    | Sn     |        | 总和   |
| I    | 1  | 耳泽  | 1  | 41.08 | 2.18 | 6.19  | 10.50 | 12.89 | 0    | 0    | 0    | n.d. | 0.52  | 26.42 | n.d.  | n.d.   | 99.78  | [14] |
|      | 2  | 耳泽  | 3  | 35.46 | 4.81 | 2.90  | 6.23  | 23.14 | 0.13 | 0.10 | 0.13 | n.d. | 0.39  | 26.34 | n.d.  | n.d.   | 99.63  | [14] |
|      | 3  | 偏岩子 | 3  | 39.85 | 3.31 | 4.59  | 8.34  | 18.05 | 0.84 | 0    | 0    | n.d. | 0.52  | 25.34 | n.d.  | n.d.   | 100.84 | [14] |
|      | 4  | 金鸡台 | 8  | 39.43 | 2.69 | 4.58  | 6.55  | 19.62 | n.d. | 0    | 0.03 | n.d. | 0.41  | 26.19 | n.d.  | 0.04   | 99.54  | 本文*  |
|      | 5  | 金鸡台 | 1  | 40.48 | 1.24 | 7.06  | 9.35  | 14.03 | n.d. | 0    | 0.19 | n.d. | 0.19  | 25.87 | n.d.  | 0.08   | 98.49  | 本文*  |
|      | 6  | 金鸡台 | 3  | 41.84 | 7.72 | 0.79  | 15.91 | 5.16  | n.d. | 0.01 | 0.04 | n.d. | 0.03  | 26.76 | n.d.  | 0.02   | 98.28  | 本文*  |
|      | 7  | 金鸡台 | 1  | 39.10 | 7.76 | 0.39  | 5.41  | 19.80 | n.d. | 0    | 0    | n.d. | 0.02  | 25.42 | n.d.  | 0      | 97.90  | 本文*  |
|      | 8  | 广金坪 | 1  | 43.29 | 4.40 | 1.95  | 13.91 | 9.69  | n.d. | 0    | 0.76 | n.d. | 0.01  | 26.46 | n.d.  | 0.02   | 100.49 | 本文*  |
|      | 9  | 黄水沟 | 1  | 39.98 | 1.39 | 6.69  | 7.99  | 18.17 | n.d. | 0.01 | 0    | n.d. | 0.15  | 25.86 | n.d.  | 0      | 100.24 | 本文*  |
|      | 10 | 黄水沟 | 1  | 41.67 | 4.69 | 1.57  | 8.41  | 16.00 | n.d. | 0    | 0.28 | n.d. | 0.26  | 26.34 | n.d.  | 0.02   | 99.24  | 本文*  |
|      | 11 | 大岩房 | 1  | 40.94 | 4.71 | 2.93  | 11.45 | 13.47 | n.d. | 0    | 0.01 | n.d. | 0.05  | 25.17 | n.d.  | 0.15   | 98.88  | 本文*  |
| II   | 12 | 色卡  | 3  | 44.37 | 1.97 | 0     | 1.70  | 27.08 | n.d. | 0.03 | n.d. | n.d. | 25.66 | n.d.  | n.d.  | 100.81 | [19]   |      |
|      | 13 | 嘎拉  | 1  | 41.40 | 4.21 | 0.83  | 8.15  | 19.84 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0.15  | 25.56 | 0     | n.d.   | 100.14 | [14] |
|      | 14 | 嘎拉  | 2  | 34.29 | 0.26 | 1.74  | 0.51  | 25.06 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 0     | 23.96 | 13.98 | n.d.   | 99.80  | [14] |
| III  | 15 | 拉尔玛 | 1  | 40.95 | 0.24 | 10.81 | 19.80 | 0.07  | n.d. | 0    | n.d. | 1.44 | 0     | 27.24 | n.d.  | n.d.   | 100.55 | [14] |
|      | 16 | 拉尔玛 | 1  | 37.58 | 2.24 | 7.06  | 6.48  | 20.56 | n.d. | 0    | n.d. | 0    | 0     | 26.06 | n.d.  | n.d.   | 99.98  | [14] |

\* 测试单位：原地矿部成都地质矿产研究所。n.d. 一未分析。

表 3 黝铜矿的晶体化学式和特征参数

Table 3 Crystal chemical formulae and characteristic parameters of tetrahedrite

| 序号 | 晶体化学式  | 定名   | 含铁度<br>/% | 含锑度<br>/% | 含银度<br>/% |
|----|--|------|-----------|-----------|-----------|
| 1  | $(Cu_{10.20}Zn_{1.49}Fe_{0.62}Ag_{0.08})_{12.39}(Sb_{1.67}As_{2.21})_{3.88}S_{13}$                           | 砷黝铜矿 | 26.05     | 55.11     | 1.25      |
| 2  | $(Cu_{8.83}Fe_{1.36}Zn_{0.70}Ag_{0.06}Au_{0.01}Pb_{0.01})_{10.97}(Sb_{3.01}As_{1.32}Bi_{0.01})_{4.34}S_{13}$ | 黝铜矿  | 62.39     | 78.79     | 1.09      |
| 3  | $(Cu_{10.32}Zn_{1.15}Fe_{0.98}Ag_{0.08})_{12.53}(Sb_{2.44}As_{1.83}Bi_{0.07})_{4.34}S_{13}$                  | 黝铜矿  | 41.90     | 68.40     | 1.29      |
| 4  | $(Cu_{9.88}Zn_{1.11}Fe_{0.77}Ag_{0.06})_{11.82}(Sb_{2.57}As_{1.39}Sn_{0.01})_{3.97}S_{13}$                   | 黝铜矿  | 37.00     | 74.97     | 1.03      |
| 5  | $(Cu_{10.27}Zn_{1.74}Fe_{0.36}Ag_{0.03}Pb_{0.01})_{12.41}(As_{2.01}Sb_{1.86}Sn_{0.01})_{3.88}S_{13}$         | 砷黝铜矿 | 14.94     | 60.01     | 0.47      |
| 6  | $(Cu_{10.26}Fe_{2.15}Zn_{0.19})_{12.60}(As_{3.31}Sb_{0.66})_{3.97}S_{13}$                                    | 砷黝铜矿 | 90.72     | 24.49     | 0.07      |
| 7  | $(Cu_{10.09}Fe_{2.28}Zn_{0.10})_{12.47}(Sb_{2.67}As_{1.18})_{3.85}S_{13}$                                    | 黝铜矿  | 95.21     | 78.54     | 0.05      |
| 8  | $(Cu_{10.73}Fe_{1.24}Zn_{0.47}Pb_{0.06})_{12.5}(As_{2.95}Sb_{1.25})_{4.18}S_{13}$                            | 砷黝铜矿 | 69.29     | 41.06     | 0.02      |
| 9  | $(Cu_{10.14}Zn_{1.65}Fe_{0.40}Ag_{0.02})_{12.21}(Sb_{2.41}As_{1.72})_{4.13}S_{13}$                           | 黝铜矿  | 17.20     | 69.46     | 0.37      |
| 10 | $(Cu_{10.38}Fe_{1.33}Zn_{0.38}Ag_{0.04}Pb_{0.02})_{12.15}(Sb_{2.08}As_{1.78})_{3.86}S_{13}$                  | 黝铜矿  | 74.92     | 65.55     | 0.62      |
| 11 | $(Cu_{10.67}Fe_{1.40}Zn_{0.74}Ag_{0.01})_{12.82}(As_{2.53}Sb_{1.83}Sn_{0.02})_{4.38}S_{13}$                  | 砷黝铜矿 | 61.65     | 54.05     | 0.12      |
| 12 | $(Cu_{11.34}Fe_{0.57})_{11.91}(Sb_{3.61}As_{0.37})_{3.98}S_{13}$   | 黝铜矿  | 100.00    | 94.09     | n.d.      |
| 13 | $(Cu_{10.63}Fe_{1.23}Zn_{0.21}Ag_{0.02})_{12.09}(Sb_{2.66}As_{1.77})_{4.43}S_{13}$                           | 黝铜矿  | 83.53     | 70.88     | 0.36      |
| 14 | $(Cu_{9.39}Hg_{1.21}Zn_{0.46}Fe_{0.08})_{11.14}(Sb_{3.58}As_{0.12})_{3.70}S_{13}$                            | 黝铜矿  | 13.00     | 98.01     | 0         |
| 15 | $(Cu_{9.65}Zn_{2.48}Fe_{0.06})_{12.19}(As_{3.96}Sb_{0.01})_{3.97}(S_{12.73}Se_{0.27})_{13}$                  | 黝铜矿  | 2.17      | 0.35      | 0         |
| 16 | $(Cu_{9.46}Zn_{1.73}Fe_{0.64})_{11.83}(Sb_{2.70}As_{1.38})_{4.08}S_{13}$                                     | 黝铜矿  | 24.09     | 76.04     | 0         |

\* 表中序号同表 2

(2) 不同类型的金矿中黝铜矿的成分具有不同的特征参数, 诸如含银度 $[Ag/(Ag+Cu) \times 100\%]$ 、含锑度 $[Sb/(Sb+As) \times 100\%]$ 、含铁度 $[Fe/(Fe+Zn) \times 100\%]$ (表 3、4)。差别最大的是含银度, 变化最小的为含锑度, 在 II、III 类金矿中黝铜矿的平均含银度分别为 0.12%

和0, 黝铜矿含银均小于0.15%。而I类金矿的含银度平均为0.77%, 含银0.2%~0.5%的黝铜矿比较常见。含铁度在各类金矿中差异较大, 在I、II类金矿中, 以高铁质黝铜矿为主, 含铁度集中区间为35%~95%, 平均值分别为51.68%和68.26%, 而在III类金矿中黝铜矿的含铁度最低, 平均为13.13%。含锑度以II类金矿中的黝铜矿最高, 介于70.88%~98.01%之间, 平均91.53%; 其次为I类金矿, 范围为24.49%~78.79%, 平均64.05%; III类金矿含锑度最低, 介于0.35%~76.04%之间, 平均38.20%。

### 3 黝铜矿成分的标型特征

#### 3.1 主成分组合

利用黝铜矿成分的特征参数图解(表4、图2)可以大致区分各类金矿中黝铜矿的成分范围。由图2可知, I类金矿中黝铜矿以富银、锑, 贫铁、锌含量中等为特征; II类金矿中的黝铜矿以贫银、锑、锌和富锑、铁为特征; III类金矿中的黝铜矿则富锌、锑, 贫银、铁、锑。黝铜矿主成分的变化特征可以反映金矿的成矿作用特征。

表4 川西各类金矿中黝铜矿的特征参数

Table 4 Characteristic parameters of tetrahedrite from gold deposits in western Sichuan

| 金矿类型 | 样数 | 含铁度/% | 含锑度/% | 含银度/% |
|------|----|-------|-------|-------|
| I    | 24 | 51.68 | 64.05 | 0.77  |
| II   | 6  | 68.26 | 91.53 | 0.12  |
| III  | 2  | 13.13 | 38.20 | 0     |

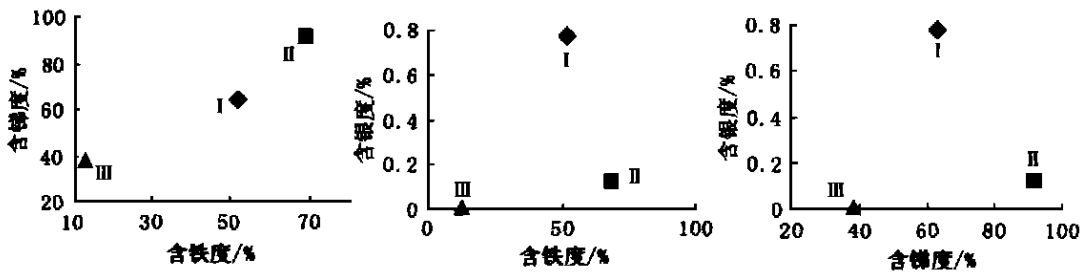


图2 川西地区金矿中黝铜矿含银度、含铁度、含锑度之间的关系图(金矿类型代码同表1)

Fig. 2 Relationship between  $Ag/(Ag+Cu)$ ,  $Fe/(Fe+Zn)$ , and  $Sb/(Sb+As)$  of tetrahedrite in gold deposits of western Sichuan

#### 3.2 主成分的垂向变化

在某些金矿中, 黝铜矿的成分具有一定的垂向变化趋势。例如, 在金鸡台金矿中, I中段(标高2252 m)黝铜矿(表2和表3中的4)的含铁度、含银度、含锑度的平均值分别为37.00%、1.03%和74.97%。II中段(标高2170 m)(表2和表3中的5、6)为砷黝铜矿, 含铁度、含银度、含锑度的平均值分别为71.78%、0.17%、33.37%。IV中段(标高2090 m)黝铜矿(表2、表3中的7)的含铁度、含银度和含锑度分别为95.21%、0.05%和78.54%。自上而下, 黝铜矿的成分显示出由富锌锑向富铁砷变化的趋势, 而且含银量也有降低的趋势。

黝铜矿成分自上而下由富锌锑向富铁砷变化可能主要与成矿作用有关。成矿流体是自下而上运移的, 成矿早期流体中富含Fe、As, 因而Fe、As易于进入黝铜矿晶格中, 随着成矿作用的继续进行, 地下热卤水流体中越来越贫Fe、As, 而相对富集Zn、Sb、Ag, 从而使较晚期

成、分布在矿床上部的黝铜矿相对地富集 Zn、Sb 和 Ag。这与黄铁矿在矿床上部富 Ag、Sb、Zn 而下部富 As 以及金银系列矿物在矿床上部富 Ag 及成色较低等特征相吻合<sup>[18]</sup>。

### 3.3 特殊组分的标型意义

由表 2 可知,个别金矿床中 Se 和 Hg 等元素含量较高。这些特殊组分进入黝铜矿成分中,往往能揭示产出黝铜矿的金矿床的成因信息。例如,拉尔玛金矿含 Se 高的黝铜矿的产出,指示成矿流体中含 Se 较高,这与矿石中富含硒化物诸如灰硒汞矿、硒硫锑矿、硒锑矿、硒硫锑铜矿、灰硒铜矿、硒镍矿、硒铅矿等是一致的<sup>[20]</sup>。又如,嘎拉金矿中产出富 Hg 的黝铜矿,并与辉锑矿、毒砂、辰砂相伴,说明矿石的生成温度不高。这些特征与嘎拉金矿的地质特征是吻合的<sup>[21~22]</sup>①。

## 4 黝铜矿成分标型的地质意义

综上所述可知,黝铜矿作为区内金矿的主要矿石矿物之一,代表了热液主阶段成矿作用的产物,其含量的高低往往指示金矿化的强度。利用黝铜矿的成分参数和特征可以大致确定金矿的类型归属以及成矿作用的相关信息。产于碳酸盐岩系中的地下水热液型金矿的黝铜矿成分分带特征对于区内及其它地区同类金矿的勘查(确定矿床剥蚀深度、指导矿体深部预测)具有重要意义。因此,有必要进一步研究川西地区各类金矿中黝铜矿成分标型特征及其形成机理。

### 参 考 文 献

- 1 王 濮, 潘兆橹, 翁玲宝. 系统矿物学(上册). 北京:地质出版社, 1982.
- 2 王玲之. 邓家山铅锌矿床黝铜矿的特征及其地质意义. 矿产与勘查, 1989, (4): 22~25.
- 3 李锡林, 王冠鑫. 大厂矿田产黝铜矿族矿物的研究. 矿物学报, 1990, 10(2): 119~126.
- 4 徐盛林. 四川冕宁某铅锌矿床中的锌黝铜矿. 矿物学报, 1990, 10(3): 232~234.
- 5 帅德权. 我国南方一些金银矿床和锡—银多金属矿床中的银黝铜矿及其标型意义. 广西地质, 1990, 3(4): 15~25.
- 6 曹恩魁. 陕西洛南发现含碲黝铜矿. 矿物学报, 1991, 11(3): 278~280.
- 7 颜 文, 欧阳志远, 李朝阳等. 兰坪—思茅盆地脉状铜矿床黝铜矿的矿物化学. 矿物学报, 1994, 14(4): 361~368.
- 8 吴大清. 黝铜矿系列矿物的结晶化学研究. 地质地球化学, 1987, (7): 22~26.
- 9 毛水和, 李广文. 黝铜矿族矿物的电子探针分析与综合利用. 矿产综合利用, 1987, (3): 72~77.
- 10 毛水和. 黝铜矿族矿物的 EPMA 研究. 矿物岩石, 1992, 12(2): 1~6.
- 11 甫为民, 李 峰, 颜 文. 黝铜矿研究综述. 地质科技情报, 1993, 12(4): 63~66.
- 12 Mishra B, Mookhejee A. Tetrahedrite mineral chemistry and metal zoning: a thermodynamic assessment from the Rajpura—Dariba polymetallic deposit, India. Econ. Geol., 1991, 86(7): 1529~1538.
- 13 Miller J W, Craig J R. Tetrahedrite—tennantite series compositional variations in the Cofer deposit, Mineral district, Virginia. American Mineralogist, 1983, 68(1~2): 227~234.
- 14 帅德权, 张兴润, 胡世华等. 金银矿石学. 成都:成都科技大学出版社, 1995.
- 15 王小春. 川西地区金矿的分类体系和优势类型. 黄金科学技术, 1999, 6(5~6): 24~28.
- 16 王小春, 何 刚. 四川金鸡台金矿床地质地球化学研究. 矿产与地质, 1994, 8(2): 102~107.
- 17 王小春. 康滇地轴石棉—会理段金矿化同位素地质学研究. 矿物岩石, 1994, 11(1): 74~82.
- 18 王小春. 论石棉金鸡台金矿的垂直分带规律. 四川地质学报, 1993, 13(4): 296~303.

①. 王小春等. 川西地区主要类型金矿找矿靶区优选和开发利用(科研报告), 1998.

- 19 尹显科. 甘孜色卡金矿地质特征. 四川地质科技情报, 1996, (3): 1~8, 39.
- 20 郑明华等. 喷流型与浊流型层控金矿床. 成都: 四川科技出版社, 1994.
- 21 尹显科. 甘孜—理塘断裂北段主要金矿类型及地质特征. 四川地质学报, 1995, (3): 195~203.
- 22 付小方, 侯立玮. 甘孜嘎拉脆—韧性剪切带的构造变形特征及对金矿的控制. 四川地质学报, 1993, 13 (2): 126~133.

## On Typomorphic Composition Features of Tetrahedrite in Gold Deposits of Western Sichuan

Wang Xiaochun<sup>1),2)</sup>, Zhang Zheru<sup>1)</sup>

(1—Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002; 2—Southwest Institute of Metallurgical Mineral Resources Exploration and Development, Chengdu 610051)

**Key words:** tetrahedrite; typomorphic composition feature; gold deposit; Sichuan

### Abstract

In the nine types of gold deposits so far discovered in western part of Sichuan Province, there are relatively abundant tetrahedrite-group minerals in three types of hydrothermal gold deposits: I—carbonate rock series-hosted type; II—ophiolitic melange rock series-hosted type; and III—slightly metamorphosed fine-grained clastic rock series-hosted type. Being products of main ore-forming stages, the tetrahedrite-group minerals occur in irregular grained, veined or stockwork forms, which are combined with pyrite, chalcopyrite, galena, sphalerite, and gold-silver series minerals to constitute the gold ore. The electron microprobe analyses indicate that the tetrahedrite-group minerals include antimony-tetrahedrite and tennantite. The data show that Sb—As is of complete isomorphous replacement in the tetrahedrite-group mineral series. Tetrahedrite minerals in different types of gold deposits have different characteristic parameters. Tetrahedrite-group minerals in Type I gold deposits are characterized by lower arsenic, higher silver and antimony, and intermediate iron and zinc, those in Type II deposits have higher antimony and iron content and lower silver, arsenic and zinc, and those in Type III deposits are enriched in zinc and arsenic, and depleted in silver, iron and antimony. Relatively enriched silver, iron, antimony are typical feature of tetrahedrite-group minerals in Type IV deposits. The characteristics of gold mineralization may be reflected by the major and particular components of tetrahedrite-group minerals. There exists vertical change in chemical composition of minerals downward from zinc and antimony-rich tetrahedrite to iron and arsenic-rich tetrahedrite, accompanied with the decreasing trend of silver content in the Type I deposits. Their occurrence and zonal features are very important for the exploration of gold deposits in western Sichuan and similar regions.