

延边地区浅成低温热液-斑岩型金矿成矿系列的氢、氧同位素特征

梁俊红¹, 金成洙¹, 王建国²

(1. 东北大学 资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110004; 2. 中国地质大学, 北京 100083)

摘 要: 延边地区浅成低温热液-斑岩型金成矿系列的氢、氧同位素研究表明, $\delta(^{18}\text{O}) = -10 \times 10^{-3} \sim +5 \times 10^{-3}$, $\delta(\text{D}) = -120 \times 10^{-3} \sim -40 \times 10^{-3}$ 。小西南盆金(铜)矿床早期成矿流体主要以岩浆水为主, 成矿晚期有少量大气降水的加入, 为典型的斑岩型金铜矿床; 刺猬沟、五凤金矿床成矿流体主要以大气降水为主, 水岩作用比值 $W/R = 0.2 \sim 2$, 为浅成低温热液型矿床; 闹枝金矿床的成矿流体是介于上述两种类型之间的过渡型。

关键词: 浅成低温热液-斑岩型金成矿系列; 氢、氧同位素; 水/岩比值; 延边地区; 吉林省

中图分类号: P618.51; 597.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2003)02-0108-05

延边地区位于华北地台北缘的东部, 跨中朝准地台和吉黑地槽褶皱带两大单元^[1]。中生代以来进入中国东部大陆活动带的范畴, 由于受到太平洋中生代的构造岩浆活化作用, 基底断裂、火山活动和花岗岩浆侵位十分强烈, 形成了一些与中生代火山-次火山岩-侵入杂岩有关的浅成低温热液-斑岩型金矿床。这些矿床的地质特点、空间分布、成因方面, 既具有各自的特点, 又具有相互的联系, 它们组成了一个浅成低温热液-斑岩型的内生成矿系列。通过对小西南盆金(铜)矿、闹枝金矿、刺猬沟金矿、五凤金矿的氢、氧同位素的对比研究, 证明了它们为一个典型的内生金成矿系列。

延边地区的中生代火山岩系分布广泛, 大小火山喷发堆积体有 70 余处, 面积约 $5\,376\text{ km}^2$ 。据金伯禄和金成洙(1990)统计表明, 白垩纪火山-沉积盆地有 15 个, 分布面积 $2\,535\text{ km}^2$, 占整个喷发堆积体的 47.2%; 晚侏罗世火山喷发堆积体 42 个, 分布面积为 $2\,109\text{ km}^2$, 占整个火山堆积体的 39.2%; 晚三叠世火山喷发堆积体共 12 个, 面积约 732 km^2 , 占整个火山喷发堆积体面积的 13.6%。延边地区的浅成低温热液-斑岩型金成矿系列在空间上的分布主要受中生代(180~100 Ma)浅成-超浅成中酸性侵入体、破火山机构及其基底断裂所控制^[2,3]。典型的斑岩型小西南盆金铜矿床, 主要产于中生代火山盆地的边缘

及内部的隆起块; 浅成低温热液型矿床(刺猬沟、五凤金矿)主要产于中生代火山盆地火山机构及有关的构造破碎带。

1 浅成低温热液-斑岩型金成矿系列的矿床地质特征^[4-8]

小西南盆金(铜)矿床作为浅成低温热液-斑岩型成矿系列斑岩型矿床的代表。该矿床产于中生代火山岩盆地的边缘及内部的隆起块, 容矿岩为华力西期闪长岩和中上元古界五道沟群中浅变质岩系, 其中的角闪岩、斜长角闪岩原岩为拉斑玄武岩, 金的丰度 $w(\text{Au}) = 22.1 \times 10^{-9}$, 高于维氏值(4.3×10^{-9}), 成为本矿床的早期矿源岩。矿田的基底为近 SN 向的向斜构造, 中生代形成的断裂十分发育, 主要有 EW 向、NNE 向、NW 向和 SW 向 4 组, 矿体主要受 NW 向断裂带制约。华力西期和燕山期岩浆热液活动与小西南盆金(铜)矿化关系极为密切。

闹枝金矿产于中生代火山岩盆地内部的断隆区, 其容矿岩为华力西期花岗闪长岩和中侏罗世一早白垩世火山岩。矿区内的火山岩中 $w(\text{Au}) = 0.2 \times 10^{-6} \sim 15.8 \times 10^{-6}$, 次火山岩中 $w(\text{Au}) = 2.87 \times$

$10^{-6} \sim 102.3 \times 10^{-6}$, 标准离差较大, 其与矿床在时空上有密切的关系。金矿的形成受火山构造有关的环状和放射状断裂系统控制, 该系统以 NW 向为主, 矿体及含金破碎蚀变带受带状排列的一系列 NW 向断裂的控制。

浅成低温热液-斑岩型金成矿系列中, 以五凤、刺猬沟金矿为浅成低温热液型的矿床代表。五凤金矿产于中生代火山岩盆地内, 容矿岩为早白垩世火山岩和燕山期碱长花岗岩, 矿田受 NE 向与 NW 向基底断裂的交叉部位控制, 北矿段五星山的矿化与燕山期次粗面安山岩脉在时空上关系密切。刺猬沟金矿床产于中生代火山岩盆地内, 容矿岩为中侏罗世火山岩和早二叠世浅变质火山-沉积岩。矿体产于百草沟-苍林 EW 向基底断裂以及 NE 向与 NW 向次级断裂的交汇部位。

2 浅成低温热液-斑岩型金成矿系列的氢、氧同位素研究

2.1 浅成低温热液-斑岩型金成矿系列的氢、氧同位素特征

区内成矿系列的氢、氧同位素的 $\delta(^{18}\text{O}) = -10 \times 10^{-3} \sim +5 \times 10^{-3}$, $\delta(\text{D}) = -120 \times 10^{-3} \sim -40 \times 10^{-3}$ 。各个矿床的氢、氧同位素的变化范围大小又有很大的差异。其中小西南岔金(铜)矿床的氢、氧同位素相对集中, 11 个氢、氧同位素的变化为: $\delta(^{18}\text{O}) = 0 \sim +5 \times 10^{-3}$, $\delta(\text{D}) = -80 \times 10^{-3} \sim -40 \times 10^{-3}$, 其中氧同位素大都集中在 $+5 \times 10^{-3}$ 左右(表 1)。

表 1 金矿床成矿流体中氢、氧同位素特征

Table 1 The characteristics of ore-forming fluid hydrogen and oxygen isotope in Xiaoxinancha, Naozhi, Ciweigou and Wufeng gold deposits

| 矿床名称 | 样品号 | 矿物 | $\delta(^{18}\text{O})$ | $\delta(^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}})$ | $\delta(\text{D})$ | W/R | 温度() | 资料来源 |
|-----------|---------------------|-----|-------------------------|--|--------------------|-------|-------|---|
| | | | $w_B/10^{-3}$ | | | | | |
| 小西南岔金(铜)矿 | HV ₀₋₂ | 石英 | 9.8 | 3.39 | -73 | | 326 | 李荫清(1995) |
| | HV ₃₋₂ | 石英 | 9.5 | 3.16 | -38 | | 325 | |
| | HV ₀₋₄ | 石英 | 9.5 | 1.21 | -59 | | 269 | |
| | N ₁₈ | 石英 | 4.4 | -4.3 | -62 | | 207 | |
| | HV ₁₁₋₃ | 方解石 | 10.9 | 5.61 | -61 | | 370 | |
| | S ₁₃ | 石英 | 12.3 | 2.04 | -51 | | 224 | |
| | HV ₂₀₄₊₃ | 石英 | 12.6 | 3.41 | -46 | | 247 | |
| | S ₁₉ | 石英 | 11.0 | 3.50 | -77 | | 291 | |
| | HV ₁₁₋₆ | 石英 | 8.6 | 0.46 | -55 | | 273 | |
| | S ₃ | 石英 | 13.0 | 4.15 | -66 | | 255 | |
| | S ₂₁ | 石英 | 10.9 | 0.13 | -80 | | 214 | |
| 南枝金矿 | NB417 | | 8.6 | 0.20 | -84.6 | | 263 | $\delta(^{18}\text{O}_W^i) = -11 \times 10^{-3}$ 长春地质学院 沈阳黄金学院 |
| | NB119 | | 4.58 | -4.70 | -90.6 | | 243 | |
| | NB124-1 | | 4.60 | -1.39 | -123.6 | | 327 | |
| | NB601 | | 10.65 | 4.59 | -113.1 | | 327 | |
| | NB123 | | 7.53 | 0.54 | -97.0 | | 298 | |
| 刺猬沟金矿 | CB258 | | 2.62 | -5.57 | -96.8 | 0.62 | 267 | $\delta(^{18}\text{O}_W^i) = -11 \times 10^{-3}$ $\delta(^{18}\text{O}_R^i) = 6 \times 10^{-3}$ 周永昶(1992) |
| | 14-1 | | 2.94 | -8.15 | -104.7 | 1.07 | 212 | |
| | 5409-13 | | -1.34 | -10.91 | -97.4 | 81.56 | | |
| | CN4 | | 3.57 | -3.43 | -100.6 | 0.32 | 203 | |
| | CB5 | | 6.18 | -0.56 | -93.6 | 0.00 | 297 | |
| 五凤金矿 | 9WBC-3 | | 4.5 | -3.6 | -96 | 0.20 | | $\delta(^{18}\text{O}_W^i) = -11 \times 10^{-3}$ $\delta(^{18}\text{O}_R^i) = 8.8 \times 10^{-3}$ 陈仁义、芮宗瑶(1993) |
| | 9WBC-1 | | 5.3 | -6.7 | -88 | 0.16 | | |
| | 9WBC-2 | | 7.0 | -5.0 | -98 | 0.00 | | |
| | 9WBC-4 | | 4.6 | | -66 | | | |
| | 9WBC-6 | | 5.7 | -6.3 | -87 | 0.06 | | |
| | 9WXZ-3 | | 8.8 | -3.2 | -87 | | | |
| | 9WXZ-1 | | 4.0 | -4.6 | | | | |
| | 9WXZ-2 | | 3.9 | | | | | |

王先彬(2000)对地幔流体稳定同位素的研究认为,地幔流体中的氢同位素有很大的跨度,而氧同位素的分布范围相对较小, $\delta(^{18}\text{O}) = +5 \times 10^{-3}$ 左右^[9],所以小西南盆地(铜)矿的流体早期为大量的岩浆水的参与,只是在成矿的后期才有一些大气降水的加入。闹枝破碎岩中浅成热液型金矿床的氢、氧同位素数据较少,只有5个,但是,它们基本代表了主成矿流体中氢、氧同位素的组成特征, $\delta(^{18}\text{O}) = -5 \times 10^{-3} \sim +5 \times 10^{-3}$, $\delta(\text{D}) = -80 \times 10^{-3} \sim -120 \times 10^{-3}$,其中氧同位素的变化最大,而氢同位素具有中生代本区大气降水的特征,即 $\delta(\text{D}) = -120 \times 10^{-3}$ 左右。刺猬沟、五凤金矿的成矿流体中氢、氧同位素比较集中, $\delta(^{18}\text{O}) = 0 \sim -10 \times 10^{-3}$, $\delta(\text{D}) = -90 \times 10^{-3} \sim -120 \times 10^{-3}$ 。其中五凤金矿床的氢、氧同位素的范围最小, $\delta(^{18}\text{O}) = -5 \times 10^{-3}$ 左右,按照大气降水的氢、氧同位素公式 $\delta(\text{D}) = 8\delta(^{18}\text{O}) + 10$ 计算,中生代时大气降水的 $\delta(^{18}\text{O}) = -17 \times 10^{-3}$, $\delta(\text{D}) = -120 \times 10^{-3}$,而本区的氧同位素的值远大于 -17×10^{-3} ,这是由于水岩相互作用的过程中,使得成矿流体的氧同位素向正值的方向发生了“漂移”;且水岩作用的温度越高,成矿流体的 $\delta(^{18}\text{O})$ 漂移越大。氢同位素的载体 H_2O 和 OH^- 在岩石中的含量较小,所以在浅成低温热液矿床中基本没有变化,氧同位素的情况正好相反。刺猬沟、五凤金矿成矿流体主要是以当时的大气降水为主,而闹枝破碎岩中金矿床是介于斑岩型和浅成低温热液型之间的情况,为浅成低温热液-斑岩的过渡型金矿床。

2.2 成矿作用中水-岩作用的氢、氧同位素应用研究

成矿流体的氢、氧同位素组成除了受原始水的氢、氧同位素的组成影响外,还受其他因素的影响。其中主要包括水-岩作用的温度、水/岩(W/R)比值和围岩的氢、氧同位素组成等3个方面。只有通过对这些因素进行全面的的研究之后,才有可能对成矿流体中水的原源有较正确的了解。若仅仅通过对其中成矿流体的氢、氧同位素 $\delta(^{18}\text{O})-\delta(\text{D})$ 图解的投点对比,显然只考虑了4个因素中的一个因素,即流体原始水的氢、氧同位素的影响,因此得出的结论值得怀疑。H. P. Taylor(1977)建立了封闭条件下水-岩作用同位素交换的质量平衡方程,用以描述水与岩石相互作用中岩石和流体氢氧同位素组成变化:

$$\begin{aligned} \delta_{\text{系统}} &= W \cdot \delta(^{18}\text{O}_{\text{w}}^{\text{i}}) + R \cdot \delta(^{18}\text{O}_{\text{r}}^{\text{i}}) \\ &= W \cdot \delta(^{18}\text{O}_{\text{w}}^{\text{f}}) + R \cdot \delta(^{18}\text{O}_{\text{r}}^{\text{f}}) \end{aligned} \quad (1)$$

其中W和R分别为所研究系统中水和岩石的

氧摩尔数,i和f分别代表交换前、后。设水-岩作用交换系统达到同位素平衡,则有:

$$\Delta(^{18}\text{O}_{\text{R-w}}) = \delta(^{18}\text{O}_{\text{r}}^{\text{i}}) - \delta(^{18}\text{O}_{\text{w}}^{\text{f}}) \quad (2)$$

在热力学平衡条件下, $\Delta(^{18}\text{O}) = 10^3 \ln a$,即分馏系数。将式(2)代入式(1)并移项整理,得:

$$\begin{aligned} (W/R)_{\text{封闭}} &= \delta(^{18}\text{O}_{\text{r}}^{\text{f}}) - \delta(^{18}\text{O}_{\text{r}}^{\text{i}}) / \{ \delta(^{18}\text{O}_{\text{w}}^{\text{i}}) - \\ & \quad [\delta(^{18}\text{O}_{\text{r}}^{\text{f}}) - \Delta(^{18}\text{O}_{\text{R-w}})] \} \end{aligned} \quad (3)$$

因此成矿作用之后的岩石的 $\delta(^{18}\text{O})$ 值和热液流体的 $\delta(^{18}\text{O})$ 为:

$$\begin{aligned} \delta(^{18}\text{O}_{\text{r}}^{\text{f}}) &= \{ \delta(^{18}\text{O}_{\text{r}}^{\text{i}}) + \frac{W}{R} [\delta(^{18}\text{O}_{\text{w}}^{\text{i}}) - \\ & \quad \delta(^{18}\text{O}_{\text{R-w}})] \} / (1 + \frac{W}{R}) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \delta(^{18}\text{O}_{\text{w}}^{\text{f}}) &= \{ \delta(^{18}\text{O}_{\text{r}}^{\text{i}}) + \frac{W}{R} [\delta(^{18}\text{O}_{\text{w}}^{\text{i}}) - \\ & \quad \delta(^{18}\text{O}_{\text{R-w}})] \} / (1 + \frac{W}{R}) \end{aligned} \quad (5)$$

在实际成矿作用的流体演化中, $\delta(^{18}\text{O}_{\text{r}}^{\text{i}})$ 为取新鲜岩石的测定值,或用石英的 $\delta(^{18}\text{O})$ 值代替;初始水的 $\delta(^{18}\text{O}_{\text{w}}^{\text{i}})$ 可以估计,也可以通过测定蚀变矿物的 $\delta(\text{D})$ 由蚀变温度和分馏方程求得初始水的 $\delta(\text{D})$,然后用大气降水方程求出初始水的 $\delta(^{18}\text{O})$ 。地质学者们依据上述公式和同位素分馏方程的计算结果,在 $\delta(^{18}\text{O})-\delta(\text{D})$ 图解上作出不同温度的相应大气降水和岩浆水的水-岩作用的演化曲线。本文取 $\delta(^{18}\text{O}_{\text{w}}^{\text{i}}) = -11 \times 10^{-3}$,而 $\delta(^{18}\text{O}_{\text{r}}^{\text{i}})$ 的取值对刺猬沟、五凤分别取 6×10^{-3} 和 8.8×10^{-3} 计算而得(表1)。

2.3 浅成低温热液-斑岩型金成矿系列的成矿流体的水岩比值(R/W)的研究

一般岩石中的氧原子占50%,而氢极少,岩石和水的氢同位素组成存在较大的差异,岩石中的氢同位素值 $\delta(\text{D})$ 变化是更为灵敏的水-岩作用的交换指示计。因为岩石中氢原子很少,但水-岩作用开始时,在很少量的交换率下,岩石的 $\delta(\text{D})$ 值迅速下降,而氧同位素值 $\delta(^{18}\text{O})$ 开始减少,从而构成了所谓的倒L型图解^[10]。成矿过程中水岩相互作用的研究是介于两个端元之间。当水-岩比值小时,岩石的 $\delta(^{18}\text{O})$ 占体系的主导地位,水岩作用的结果使得成矿流体的 $\delta(^{18}\text{O})$ 较最初的状态发生较大的变化,而使流体继承了原来岩石体系的同位素特征,所以此时对 $\delta(^{18}\text{O})$ 的研究意义较 $\delta(\text{D})$ 大得多。当水-岩比值大时,岩石中的 $\delta(^{18}\text{O})$ 的地位至少有所降低,相反岩石和矿物的氢同位素对它相互作用的流体的氢同位素变得非常敏感^[11]。将所收集的氢、氧同位素投影于大气降水和岩浆水在热液体系水-岩交换过程中氢、氧同位

素组成演化模式图(图 1 和 2)。

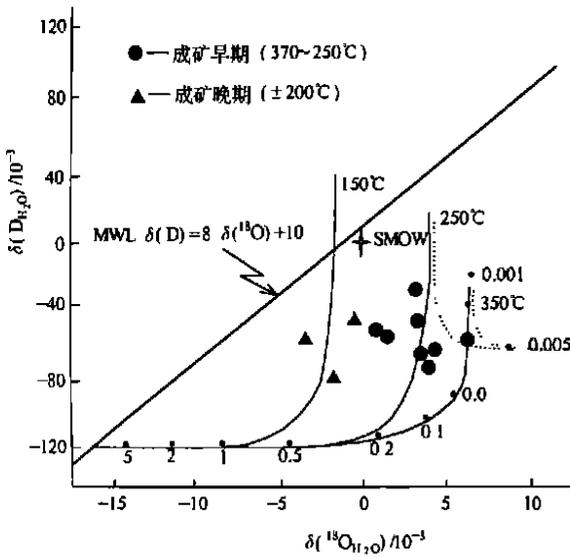


图 1 小西南岔金(铜)矿床成矿流体演化及氢、氧同位素特征图

Fig. 1 The hydrogen and oxygen isotope characteristics of ore-forming fluid in Xiaoxinancha deposit

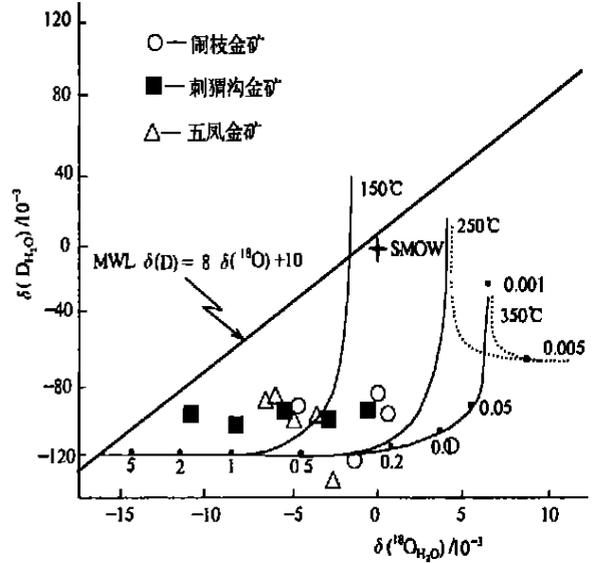


图 2 闹枝、刺猬沟、五凤金矿床成矿流体演化及氢、氧同位素特征

Fig. 2 The hydrogen and oxygen isotope characteristics of ore-forming fluid in Naozhi, Ciweigou and Wufeng deposits

小西南岔金(铜)矿床的成矿流体靠近 250 ~ 350 的演化线,且有靠近 300 岩浆水演化的曲线,水-岩比值较小,约为 0.001 ~ 0.05。成矿流体中的氢同位素变化较大, $\delta(D) = -40 \times 10^{-3}$, 相反氧同位素的变化不大。刺猬沟、五凤金矿床的成矿流体的演化很好地沿着 150 ~ 200 的大气降水的演化曲线,且水/岩比值很大,为 0.2 ~ 2。

岩浆水的氢、氧同位素的范围 $\delta(^{18}O) = 7.0 \times 10^{-3} \sim 9.0 \times 10^{-3}$, $\delta(D) = -50 \times 10^{-3} \sim -80 \times 10^{-3}$, 假设成矿流体为岩浆水,经过水岩相互作用后,流体中的氧同位素要发生降低,而氢同位素升高或者是保持不变,那么氢同位素应该远大于 -100×10^{-3} ,故岩浆水单独演化成闹枝、刺猬沟、五凤金矿床成矿流体是不可能的。

Taylor 及同事的许多研究工作说明高位火成侵入体周围经常随着热液循环体系,他们的研究结论是“由于侵入体和雨水相互的作用的结果”,并提出侵位岩体起着 一个热机的作用,使得围岩中的地下水构成一个热液对流体系,水/岩比值的 变化范围从 < 0.1 到大约 $7.0^{[12,13]}$, 延边地区浅成低温热液-斑岩型成矿系列的水/岩比值为 0.001 ~ 2, 与 Taylor 等的研究相一致。

3 结论

延边地区浅成低温热液-斑岩型金矿系列的矿床地质、成矿流体中的氢、氧同位素特征和成矿过程中的水/岩比值研究表明各个金矿之间具有相似性和过渡性。

(1) 延边地区的金矿成矿系列与中生代的火山-次火山-侵入杂岩有关,分布于火山盆地的边缘及其中的断隆区和隆起块。

(2) 金矿成矿系列成矿流体中的氢、氧同位素 $\delta(^{18}O) = -10 \times 10^{-3} \sim +5 \times 10^{-3}$, $\delta(D) = -120 \times 10^{-3} \sim -40 \times 10^{-3}$ 。小西南岔铜矿床作为斑岩型的代表矿床,刺猬沟、五凤金矿为浅成低温热液型的代表矿床,而闹枝金矿为上述两者的过渡类型。

(3) 延边地区的金成矿系列成矿流体的水-岩作用的比值为 0.001 ~ 2。

参考文献:

[1] 李荫清,陈殿芬.吉林小西南岔金铜矿床流体包裹体及成矿作

- 用研究[J]. 矿床地质, 1995, 14(2): 151-172.
- [2] 潘丽敏, 邹祖荣. 延边闹枝破碎蚀变岩型金矿床研究[J]. 长春地质学院学报, 1992, 22(2): 173-178.
- [3] 冯守忠. 吉林五凤—五星山低硫型浅成热液金矿床地质特征与成矿条件[J]. 火山地质与矿产, 1998, 19(2): 113-118.
- [4] 陈仁义, 芮宗瑶. 五凤浅成热液金矿床地质特征及成矿机理研究[J]. 矿床地质, 1993, 12(1): 20-27.
- [5] 梁俊红. 延边地区浅成低温热液-斑岩型金(铜)成矿系列[D]. 沈阳: 东北大学, 2002. 31-62.
- [6] 吉林省地质矿产局. 吉林省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1988. 587.
- [7] 芮宗瑶, 张洪涛, 王龙生, 等. 吉林延边地区斑岩型-浅成热液型金铜矿床[J]. 矿床地质, 1995, 14(2): 99-125.
- [8] 芮宗瑶, 张洪涛, 王龙生, 等. 吉林东部斑岩型-浅成热液型金铜矿床多重成矿模式[J]. 矿床地质, 1995, 14(2): 174-184.
- [9] 王先彬, 吴茂炳, 张铭杰. 地幔流体的稳定同位素地球化学综述[J]. 地质地球化学, 2000, 28(3): 69-94.
- [10] 郑永飞, 陈江峰. 稳定同位素地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 2000, 175-182.
- [11] Hugh R Rollison (杨学明, 杨晓勇, 陈双喜, 译). 岩石地球化学[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2000. 219-225.
- [12] Taylor H P. Water/rock interactions and the origin of H₂O in the granitic batholiths[J]. J. Geol. soc. Lond., 1997, 133: 509-558.
- [13] Taylor H P. Oxygen and hydrogen isotope studies of plutonic granitic rocks[J]. Earth planet. Sci. Lett., 1978, 38: 177-210.

THE HYDROGEN AND OXYGEN ISOTOPE CHARACTERISTICS OF EPITHERMAL-PORPHYRY GOLD SERIES IN YANBIAN REGION

LIANG Jun-hong¹, JIN Cheng-zhu¹, WANG Jian-guo²

(1. The resource and civiling school of Northeastern university, Shenyang 110004, China;

2. China university of Geoscience, Beijing 100083, China)

Abstract: The research of ore fluid of epithermal-porphyry gold series indicates that $\delta^{18}\text{O} = -10\text{‰} \sim +5\text{‰}$ and $\delta\text{D} = -120\text{‰} \sim -40\text{‰}$. In Xiaoxinancha gold (copper) deposit, the early ore-forming is mainly magmatic water into which, only a little atmospheric water is incorporated in the later stage. It is a typical porphyry Au deposit. Much precipitated water participated ore formation in Ciweigou and Wufeng epithermal gold deposit with W/R of 0.2~2. The ore fluid of Naozhi deposit is the transitional type between the above two types.

Key words: epithermal-porphyry gold series; hydrogen and oxygen isotope; the ratio of W/R; Yanbian district; Jilin province

(上接第107页)

Bashan region, ore-controlling factors were selected from three created database, geology database, geochemistry database and ore deposits (occurrence) database. According to the analysis of the ore-controlling factors in the region, 15 ore-causing evidences layers were selected. Extracting the evidence data from the three databases, the author calculated its weight value and created an evidence weight prediction map. From the map, seven potential area were circled and some assessments done.

Key words: mineral prediction; weight of evidence; evidence layer; Qinling-Bashan region