

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

# 河南熊耳山蚀变断层岩型金矿床成因 的地质及地球化学特征

邵世才

(中国科学院地球化学研究所矿床开放实验室, 贵阳)

汪东坡

(中国有色金属总公司矿产地质研究所, 北京)



本文通过太华群、熊耳群和燕山期花岗岩等地质体的含金性评价, 认为熊耳山蚀变断层岩型金矿床的金等成矿元素大多来自太华群, 且太华群是主要的矿源层。对矿床的硫、铅、氢、氧和碳同位素的研究表明, 硫、铅及碳等成矿物质源于太华群, 而成矿流体则主要为大气降水, 可能有少量岩浆水的加入。结合晚太古代至元古宙的区域变质作用、燕山期的构造-岩浆热事件和成矿时代, 作者认为该类金矿床是一种复杂的改造型矿床, 想必金是在区域变质基础上先形成“矿胚”, 大概经燕山期循环大气降水的改造、活化和转移, 最后在断层破碎带内沉淀成矿。

**关键词** 矿源层 稳定同位素 改造型金矿床 河南

熊耳山地区蚀变断层岩型(原称蚀变构造岩型)金矿床自80年代初发现以来, 其储量已达 $\times \times t$ 以上, 已有数个单位从不同角度对其进行了研究, 但其成因归属仍争论较大, 如岩浆热液型<sup>[1]①</sup>、火山岩型<sup>[2]</sup>等。本文通过区域地质发展史、不同地质体的金丰度、矿床地质和地球化学等综合研究和分析, 初步认为该区蚀变断层岩型金矿床为改造型矿床。

## 1 区域地质和矿床地质特征

熊耳山金矿密集区位于华北地台南缘华熊地块<sup>[3]</sup>东部的熊耳山断隆区。出露岩石主要有太古宙太华群变质岩、元古宙熊耳群火山岩和官道口群沉积岩以及燕山期的花岗岩。区域断裂以北东向为主, 它们控制着本区矿床的分布。

该金矿密集区分布有10多个大中小型矿床, 如上宫、康山、虎沟等, 它们均为蚀变断层岩型矿床, 大都产生在太华群与熊耳群不整合面附近的熊耳群火山岩或太华群变质岩中。矿体呈透镜状、似层状, 具尖灭再现和分枝复合现象, 完全受断裂构造的控制。矿石矿物主要是黄铁矿、方铅矿、闪锌矿和黄铜矿, 次有毒砂、自然金和碲化物; 脉石矿物主要为石英、铁白云石、萤石、绿泥石和重晶石等。矿石主要有角砾状、浸染状、细脉-网脉状和条纹-条带状构造。围岩蚀变较强, 有硅化、黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化和铁白云石化等。矿化一般可分4个阶段: (I) 黄铁矿-石英阶段; (II) 金-黄铜矿-石英-黄铁矿阶段; (III) 自然金-多金属硫化物阶段和(IV) 晚期碳酸盐阶段。

① 河南地调一队等, 熊耳山地区蚀变构造岩型金矿成矿地质条件及富集规律, 1988。  
本文1994年2月收到, 5月改回。郝梓国编辑。

## 2 不同地质体的金丰度及其成矿潜能

了解不同地质体的金丰度及其对成矿的贡献, 对判别金等成矿物质的来源, 进而判断金矿成因和建立成矿模式有重要的决定意义。

### 2.1 太华群的金丰度及对成矿的贡献

太华群广泛分布于华熊地块内, 构成本区的基底。前人对其金丰度进行了大量的研究, 据统计, 金丰度变化于 $0.16-9.3(\times 10^{-9})$ , 平均值为 $1.85 \times 10^{-9}$  (223个样品), 低于地壳克拉克值 ( $3.5 \times 10^{-9}$ ), 而与小秦岭太华群相当<sup>[4]</sup>, 也与华北地台周边太古宙变质岩系金丰度一致<sup>[5]</sup>。但现在的金丰度绝不是太华群的原始金丰度, 它仅代表太华群经区域变质后的残余金丰度。太华群的原岩是一套中基-中酸性的火山-沉积岩系, 相当于绿岩建造, 其金丰度高达 $1.85-1.47(\times 10^{-8})$ , 多次强烈的区域变质和混合岩化作用, 使金不断地活化、转移和迁出, 这是导致太华群残余金丰度变得如此低的原因。因此, 太华群是该区金的矿源层。

### 2.2 熊耳群的金丰度及对成矿的贡献

对熊耳群含金量测试表明, 金丰度在 $0.5-7.3(\times 10^{-9})$ , 平均为 $0.9 \times 10^{-9}$  (133个样品)。它明显低于上部陆壳金丰度, 也低于太华群的残余金丰度。熊耳群未遭受明显的区域变质作用, 只是受到较弱的火山热液蚀变和局部的动力变质作用, 缺乏使金活化转移的条件。因此, 其金含量可代表原始金丰度。由于原始金丰度较太华群的残余金丰度还低, 而且缺乏使金转移的条件, 所以熊耳群不能提供成矿物质, 与金的成矿无关。

### 2.3 燕山期花岗岩的金丰度及其意义

本区东北部分布着面积约 $240\text{km}^2$ 成岩年龄为 $150\text{Ma}$ 的燕山期花山花岗岩岩基, 其源岩成因可能为太华群的重熔型花岗岩。其特征如下: (1)岩体内部相、过渡相和边缘相的平均金丰度分别为 $1.05$ 、 $0.83$ 和 $1.23(\times 10^{-9})$ , 从内部相至边缘相没有出现浓集或贫化的趋势; (2)花岗岩的平均金丰度稍低于其源岩(太华群)的残余金丰度; (3)花岗岩未遭受强烈蚀变作用; (4)所有蚀变断层岩型金矿床的分布在空间上不是受岩体的控制, 即并非围绕岩体分布, 而是完全受断裂带的控制。据上述特征, 作者认为燕山期花岗岩浆活动没有为矿床的形成提供金, 但不排除提供大量的热能和部分岩浆热液, 详见后述。

## 3 矿床流体包裹体和稳定同位素特征

### 3.1 流体包裹体特征及矿床形成条件

该类矿床中包裹体具有较为发育、类型众多的特征, 大小一般 $4-12\mu\text{m}$ , 气液比 $10\%-20\%$ 。按其成分, 可将包裹体分为4类: (1)液态水包裹体; (2)气液水包裹体; (3)三相含 $\text{CO}_2$ 包裹体; (4)两相气液 $\text{CO}_2$ 包裹体。以前两类较为常见, 占总数的 $85\%$ 。从成矿早期至晚期, 包裹体具有类型逐渐变少、逐渐简单和气液比逐渐降低的趋势。从多类包裹体共存、均一温度相近, 但 $\text{CO}_2$ 等气体含量差别较大等特征, 可推测成矿流体发生过相分离(不混溶), 这可能是金发生沉淀的重要原因<sup>[6]</sup>。

根据均一法测得矿床4个成矿阶段的均一温度分别在260—200℃、240—170℃、190—160℃和160—140℃，成矿压力在5—12( $\times 10^7$ )Pa，盐度变化不大，在12—13wt%NaCl之间。成矿溶液中主要离子有 $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Cl^-$ 和 $SO_4^{2-}$ 等；气相组分主要为 $H_2O$ 、 $CO_2$ 、 $H_2$ 、 $CO$ 和 $CH_4$ 等，其中 $H_2O + CO_2$ 含量约占气相组分的99%(mol)以上。从成矿早期至晚期，离子浓度和气相组分含量有逐渐降低的趋势。

综上所述，金矿床是在中-低温、中等盐度和中等深度条件下形成的热液矿床。

### 3.2 稳定同位素特征

#### 3.2.1 硫同位素

该类矿床硫同位素的一个显著特征是变化范围大，其分布图不是呈塔式结构，而是呈离散式或双塔式结构(图1)，如上官金矿的 $\delta^{34}S$ 变化在-19.2‰—14.3‰，极差达33.5‰；另一显著特点是从成矿早期至晚期， $\delta^{34}S$ (‰)呈现出从低正值→较大负值→低正值的趋势。这种硫同位素变化有两种解释：一是硫源不同，即各成矿阶段有不同的 $\delta^{34}S_{\Sigma S}$ (‰)值，二是硫源相同，只是对 $\delta^{34}S$ (‰)有显著控制作用的温度、pH和 $f_{O_2}$ 发生了变化。作者认为第一种解释可能性不大，而更可能的是pH和 $f_{O_2}$ 的变化，成矿物理化学条件的计算也证实了这种解释<sup>①</sup>。Ohmoto(1972)认为，当 $f_{O_2}$ 在 $10^{-29} \sim 10^{-31}$ Pa时，矿物共生组合为重晶石(Ba)、黄铁矿(Py)和方解石(Cal)等，它们之间硫同位素分馏较大，且 $\delta^{34}S_{Ba} > \delta^{34}S_{\Sigma S} \gg \delta^{34}S_{Py} \approx -26‰ \sim -1‰$ ，这与上官和虎沟金矿的矿物硫同位素组成相吻合，同时也证明了矿床有统一的硫源。

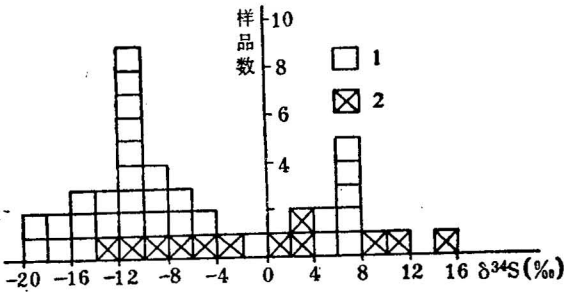


图1 上官和虎沟金矿床硫同位素直方图

Fig 1 Histogram of  $\delta^{34}S$  values(‰) of sulfides from gold deposits

1—上官金矿; 2—虎沟金矿  
1—Shanggong mine; 2—Hugou mine

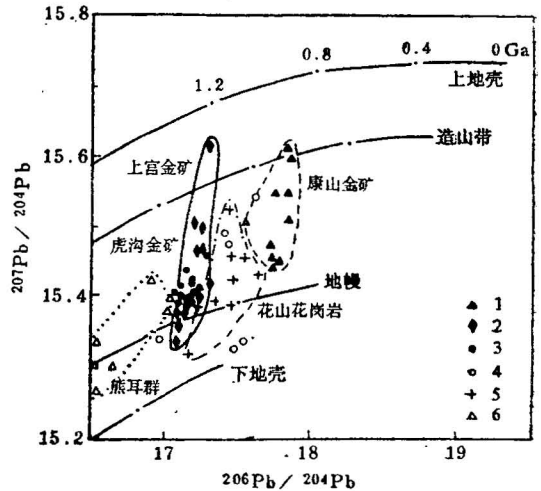


图2 研究区各岩体与矿体的铅构造模式图

Fig. 2 Lead tectonic pattern of ores and various rocks in the area

1—康山金矿; 2—上官金矿; 3—虎沟金矿; 4—太华群; 5—花山花岗岩; 6—熊耳群  
1—Kangshan mine; 2—Shanggong mine; 3—Hugou mine; 4—Taihua Group; 5—Huashan granites; 6—Xiong'er Group

通过高温平衡外推法，获得上官金矿的 $\delta^{34}S_{\Sigma S}$ ，在-3.5‰~4.5‰，说明硫为深部来源，即可能来自太华群中的变中基性火山岩。这与华北地台南缘不同类型金矿床的硫认为均来自太华群的

● 邵世才. 华北地台南缘金矿床地球化学研究 (博士论文). 1992.

结论是一致的<sup>[4,7]</sup>。

### 3.2.2 铅同位素

邵世才等<sup>[8]</sup>已详细研究了该区铅同位素特征, 即具有组成相对稳定, 放射成因铅含量低的特点,  $\mu$ 值变化范围小, 在9.02—9.28,  $\omega$ 和Th/U比值变化稍大, 分别在38.0—40.1和4.05—4.25 (表1), 这与中国东部古老变质岩系具弱钍异常有关<sup>[9]</sup>。上述特征表明铅来自低 $\mu$ 值和U亏损的深部源区。从表1和图2可明显看出, 矿石铅与花岗岩使太华群的岩石铅组成比较一致, 都位于造山带和地幔铅演化线之间, 说明它们之间有成因联系, 即矿石铅和花岗岩岩石铅均可能来自太华群。而熊耳群岩石铅组成较低, 位于地幔铅演化线上, 且与矿石铅和太华群及花岗岩岩石铅均不相同 (表1和图2), 证明熊耳群火山物质来源于上地幔, 而且与成矿作用缺少联系。

表1 熊耳山地区不同矿床和岩石铅同位素组成  
Table 1 Average lead isotopic compositions of ores and rocks from Xiong'ershan area

| 产出位置 | 样品数 | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$ | $\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$ | 模式年龄 | $\mu$ | $\omega$ | Th/U |
|------|-----|---|---|---|------|-------|----------|------|
| 上官   | 12  | 17.165                                    | 15.438                                    | 37.676                                    | 868  | 9.13  | 40.1     | 4.25 |
| 虎沟   | 12  | 17.167                                    | 15.418                                    | 37.659                                    | 847  | 9.28  | 38.8     | 4.05 |
| 康山   | 9   | 17.772                                    | 15.518                                    | 38.248                                    | 530  | 9.20  | 39.5     | 4.16 |
| 花山岩体 | 9   | 17.407                                    | 15.419                                    | 37.743                                    | 676  | 9.07  | 38.6     | 4.10 |
| 太华群  | 5   | 17.400                                    | 15.400                                    | 37.998                                    | 655  | 9.02  | 39.6     | 4.25 |
| 熊耳群  | 6   | 16.780                                    | 15.356                                    | 36.876                                    | 1056 | 9.04  | 38.0     | 4.07 |

据本文和河南地调一队等 (1988) 资料计算整理

### 3.2.3 氢氧同位素

研究区成矿流体的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  (‰) 变化较大, 在-6.68—7.72, 极差达14.4,  $\delta\text{D}$  (‰) 变化较小, 在-98.9—-66.4; 而花岗岩和太华群的 $\delta^{18}\text{O}$  (‰) 和 $\delta\text{D}$  (‰) 变化较小 (表2)。因此在图3上, 成矿流体落在岩浆水和大气降水线之间, 且有显著的“氧同位素漂移”现象, 表明成矿

表2 研究区含矿流体和岩石的氢氧同位素组成 (‰)  
Table 2 Hydrogen and oxygen isotopes of ore-bearing fluids and rocks from the research area (‰)

| 产出位置 | 样品数 | $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ (‰) |       | $\delta\text{D}$ (‰) |       |
|------|-----|--|-------|----------------------|-------|
|      |     | 变化范围   | 平均值   | 变化范围                 | 平均值   |
| 虎沟   | 15  | -4.96—2.10                                     | -2.10 | -98.9—-69.5          | -86.4 |
| 上官   | 9   | -6.68—7.72                                     | 2.05  | -87.6—-66.4          | -76.4 |
| 康山   | 5   | -4.05—3.60                                     | 0.0   | -86.1—-70.8          | -79.4 |
| 花山岩体 | 3   | 6.21—7.74                                      | 7.12  | -99.2—-81.3          | -88.2 |
| 太华群  | 2   | 4.00—5.19                                      | 4.60  | -92.2—-88.3          | -90.3 |

据本文和河南地调一队等 (1988) 计算整理

流体主要为大气降水, 特别是成矿晚期, 成矿流体均为大气降水。仅在成矿早期可能有部分岩浆水或建造水的参与。

### 3.2.4 碳同位素

碳同位素不仅用于示踪碳源, 而且对于确定中温热液金矿床的成因都有重要的意义, 将成为一种潜在的确定矿床成因的同位素示踪剂<sup>[10]</sup>, 因此愈来愈受到重视<sup>[11,12]</sup>。本区矿床的 $\delta^{13}\text{C}$ 在

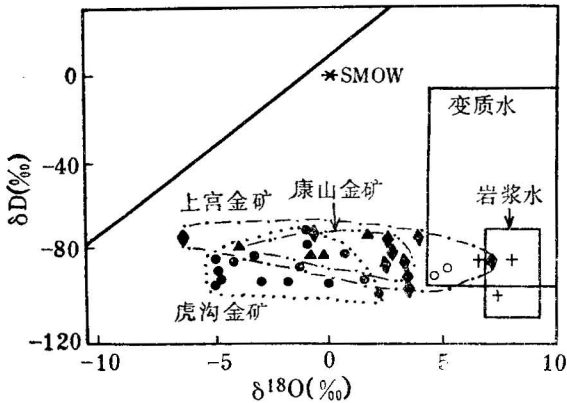


图3 本区含矿流体与岩体的氢氧同位素组成图 (图例见图2)

Fig. 3  $\delta^{18}\text{O}$  vs.  $\delta\text{D}$  diagram of ore-bearing fluids and varies rocks in Xiong'ershan area (symbols see Fig. 2)

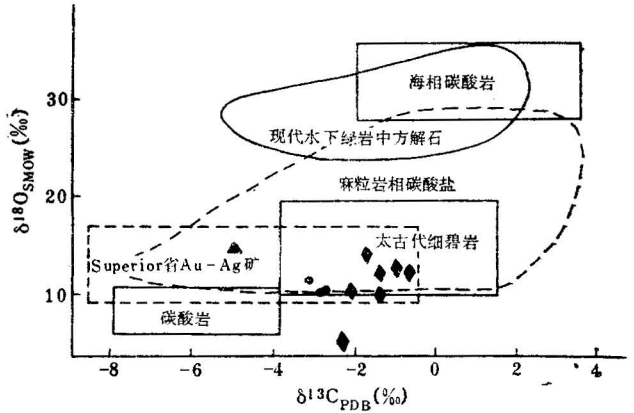


图4 碳酸盐矿物的碳-氧同位素图 (据Kerrich, 1990) (图例见图2)

Fig 4 Diagram Showing  $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$  vs.  $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$  of carbonates from deposits (after Kerrich, 1990) (symbols see Fig. 2)

-4.89‰—-0.79‰, 在  $\delta^{13}\text{C}-\delta^{18}\text{O}$  图上, 主要落在“太古代细碧岩”范围内 (图4), 也与加拿大Superior省Au-Ag矿一致, 说明碳来自太古代地层 (太华群)。Kerrich (1990)<sup>[10]</sup>认为当流体中 $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$ 含量小于10% (mol) 时, 矿物与流体的  $\delta^{13}\text{C}$  分馏约为2‰。本区成矿流体的  $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$  含量小于1% (mol), 所以可估算出上宫、康山和虎沟矿床成矿流体的  $\delta^{13}\text{C}_{\text{CC}}$  分别为0.3‰、-2.9‰和-1.0‰, 它们与原生碳组成较为接近, 反映了深源碳的特征, 即源自太华群。

### 4 讨论和结论

从上述不同地质体的金丰度及稳定同位素特征可知, 成矿元素 Au、Ag、Pb、Zn、S 等大多来自太华群, 太华群是主要的矿源层, 而成矿流体则主要为大气降水; 又据上宫金矿的近矿蚀变围岩——强绢云铁白云石化安山岩的全岩Rb-Sr等时线法测得蚀变年龄为  $242 \pm 11\text{Ma}$ , 它虽不是成矿年龄, 但它可作为成矿前锋期的年龄, 但与花山岩体的成岩年龄 (150Ma) 仍相差较大。因此, 该类矿床既不是典型的变质热液矿床, 也非典型的岩浆热液矿床, 应属于改造型金矿床<sup>[13]</sup>。但并非简单的改造型矿床, 它是在长期多次的区域变形变质、混合岩化等区域动热作用下, 使金不断活化、转移和富集, 首先形成贫矿的脉体 (矿胚) (太华群内遍布无 (贫) 矿的石英脉体是“矿胚”存在的有力证据), 然后再在燕山期构造-岩浆热事件、循环大气降水及部分岩浆热液的控制下, 使先成“矿胚”重新活化、转移, 并在构造破碎带等开放空间定位成矿。因此, 是一类复杂的改造型矿床, 其成矿模式总结如下:

(1) 晚太古代在华北地台南缘的古裂谷发生了强烈的火山喷发—岩浆侵入活动及其后的沉积作用, 分别形成了太华群底部的双峰式岩套和上部的沉积岩系, 金等成矿元素在双峰式岩套中得到初始富集, 构成金矿化的矿源层。

(2) 晚太古代末期的嵩阳运动以及元古代的中岳-熊耳运动使太古代的基性-超基性火山沉积岩系遭受强烈的区域变质和混合岩化作用, 并促使金等矿物质活化, 转移, 并得到初步富集, 并形成分布广泛的贫矿脉体—“矿胚”。

(3) 在燕山期构造-岩浆热事件作用下, 循环的大气降水和部分岩浆水等流体使先形“矿胚”重新活化、转移, 并在构造破碎带等开放空间交代断层岩 (角砾岩), 最后定位形成蚀变断

## 层岩型金矿床

本文承蒙何绍勋教授的指导, 张振儒教授的审阅以及李和平博士和河南地质二队的大力支持和帮助, 在此一并致谢!

### 参 考 文 献

- 1 胡受奚, 林潜龙. 华北与华南古板块拼合带地质与成矿. 南京: 南京大学出版社, 1988.
- 2 任富根, 熊耳山火山岩系中金矿硫、铅同位素特征及金矿成矿模式的讨论. 中国地质科学院天津地质矿产研究所所刊, 1990, 23: 36—48.
- 3 陈衍景, 富士谷, 胡受奚. 华北地台南缘不同类型绿岩带的主元素特征及意义. 南京大学学报(地球科学版), 1988, (1): 70—83.
- 4 邵世才, 何绍勋. 小秦岭金矿带成矿物质条件研究. 地质与勘探, 1993, 29(4): 1—6.
- 5 刘连登. 论中国最主要脉状金矿床的成因. 长春地质学院学报, 1987, 17: 373—381.
- 6 卢焕章. 从包裹体研究探索太古代一些金矿的形成机理. 矿物学报, 1991, 11: 289—297.
- 7 马振东. 华北地台南缘金和钼两个成矿系列的区域地球化学研究, 张本仁等编: 秦巴区域地球化学文集. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990.
- 8 邵世才, 何绍勋. 华北地台南缘铅同位素研究. 中南矿冶学院学报, 1992, 23: 639—645.
- 9 马振东, 中朝准地台铅同位素特征及有关问题的探讨. 地球科学, 1988, 13: 395—402.
- 10 Kerrich R. Carbon-isotope systematics of Archean Au-Ag vein deposits in the Superior Province, Can. J. Earth Sci., 1990, 27: 40—56.
- 11 Burrows D R, Wood P C, Spooner E T C. Carbon isotope evidence for a magmatic origin for Archean gold-quartz vein ore deposits. Nature (London), 1986, 321: 851—854.
- 12 Groves D I, Golding S D, Rock N M S, Barley M E, Mcnaughton N J. Archean carbon reservoirs and their relevance to the fluid source for gold deposits. Nature (London), 1988, 331: 254—257.
- 13 王秀璋, 程景平, 张宝贵, 樊文苓, 白正华, 梁华英. 中国改造型金矿床地球化学. 北京: 科学出版社, 1992.

## GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL EVIDENCE FOR THE GENESIS OF ALTERED FAULT ROCK TYPE GOLD DEPOSITS IN THE MOUNT XIONG'ER AREA, HENAN

Shao Shicai

(*Institute of Geochemistry, Academia Sinica, Guiyang*)

Wang Dongbo

(*Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, CNMC, Beijing*)

### Abstract

The evaluation of gold potentiality in the Taihua Group, Xiong'er Group and Yanshanian granites shows that most Au appear to come from the Taihua Group which is the dominant ore source bed. Research on sulfur, lead, hydrogen, oxygen and carbon isotopes indicates that the ore substances such as S, Pb and C were from the Taihua Group and that ore fluids consist mainly of meteoric water and partly of magmatic water. On the basis of the above-mentioned features and Late Arthean-Proterozoic regional metamorphism, Yanshanian tectono-magmatic thermal event and metallogenic epoch, the authors propose that the altered fault rock type gold deposits belong to a complex reworked type deposit. Protores might have first formed during the regional matemorphic process, and then gold was probally remobilized by Yanshanian circulating meteoric water and parts of magmatic water, and at last precipitated in crushed fault zones, thus forming the altered fault rock type gold deposits.

**Key words:** ore source bed, stable isotopes, reworked type gold deposit, Henan

### 作者简介

邵世才, 男, 30岁, 1989年在中国地质大学(武汉)地球化学系获硕士学位, 1992年在中南工业大学地质系获博士学位. 现为中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放实验室博士后, 主要从事矿床地球化学和成矿构造方面的研究工作. 通信地址: 贵州省贵阳市观水路73号. 邮码: 550002.