

# 新疆伊宁县伊尔曼德热泉型金矿床 地质特征及成因<sup>\*</sup>

翟 伟 杨荣勇

漆树基

(中山大学地球科学系, 广州) (新疆地矿局第一区域地质调查大队, 乌鲁木齐)

**提 要:** 伊尔曼德金矿床赋存于下石炭统大哈拉军山组第二岩性段硅化热液喷发角砾岩及其下伏上泥盆统吐呼拉苏组毒砂黄铁矿化凝灰质碎屑岩中, 成矿作用可分为热液喷发沉积期和热液交代蚀变成矿期。由热液喷发作用形成的热液喷发角砾岩等热水沉积物, 使金发生初步富集, 循环的地下水热液与热液喷发角砾岩发生强烈的交代硅化蚀变作用, 使金进一步富集而形成矿热泉型金矿床。含矿岩石富含 Au、Ag、As、Sb、Hg、Bi, 贫 Cu、Pb、Zn。成矿环境为近地表, 成矿温度为 80~90℃, 成矿流体盐度小于 1.0%, 成矿时代为早石炭世。

**关键词:** 大哈拉军山组 热液喷发角砾岩 硅化 金矿床 新疆伊尔曼德

自从 D E White (1955) 首次对热泉型金矿<sup>[4]</sup>进行研究以来, 发现了许多中生代以来的热泉型金矿床, 如美国的 Lack City<sup>[4]</sup>, 新西兰的 Waiotapu<sup>[5]</sup>, 我国云南的梁河<sup>[1,2]</sup>热泉型金矿。但是对于中生代以前的热泉型金矿床, 由于受后期地质作用的叠加改造, 很少有保存, 因而这方面的报道也很少。

伊尔曼德金矿床是继阿希金矿床(冰长石-绢云母型)之后在新疆西天山吐拉苏火山岩断陷盆地内发现的又一新类型金矿床, 母瑞身等<sup>[3]</sup>根据矿床形成的物理化学条件, 认为与酸性硫酸盐型<sup>[6]</sup>或南萨型<sup>[7]</sup>相似, 但由于未发现明矾石、硫砷铜矿等典型酸性硫酸盐型矿床的矿物组合, 故将其称为硅化岩型。根据矿床矿化特征和周围一些相似矿化点<sup>①</sup>的地质特征, 笔者认为矿床是在火山作用和热液喷发作用<sup>[4,8]</sup>形成的沉火山碎屑岩类和热液喷发角砾岩等热水沉积物的基础上, 与循环地下水热液进一步发生交代蚀变作用而成矿。

## 1 区域地质概况

该矿床位于天山地槽褶皱系博罗科努加里东冒地槽褶皱带吐拉苏断陷盆地的北缘, 盆地的基底有两套岩石组成: 下部为上元古界青白口系开尔塔斯组结晶灰岩; 上部为下古生界中奥陶统奈楞格勒达坂组粉砂岩、泥岩, 上奥陶统呼独克达坂组块状灰岩以及上泥盆统吐呼拉苏组砾岩、砂岩。盆地盖层为下石炭统大哈拉军山组陆相中性、中酸性火山岩、火山碎屑岩; 自下而上分为 5 个岩性段: ①灰色砾岩; ②酸性火山凝灰岩, 局部夹热液爆发作用形成的热水沉积物; ③安山岩; ④火山碎屑岩; ⑤安山岩。二叠系陆相紫红色砾岩在盆地内有零星分

<sup>\*</sup> 本文获国家自然科学基金资助(编号: 49703043)

第一作者简介: 翟伟, 男, 1965 年生, 工程师, 从事区域地质和矿床地质研究工作。邮政编码: 510275

1998-04-06 收稿, 1998-07-31 修改回

① 漆树基、翟伟等, 1995, 阿希金矿外靶区评价研究, 新疆维吾尔自治区国家三〇五项目研究报告

布,盆地内侵入岩不发育,仅出露少量的次火山岩体和中基性脉岩。

吐拉苏盆地为一古生代陆相火山岩盆地,早石炭世强烈的火山活动在盆地内沉积了巨厚的中性、中酸性火山岩、火山碎屑岩,为形成金矿床提供了物质基础,盆地内已发现的阿希、伊尔曼德、恰布坎卓它等大中型金矿床均赋存在这些岩石中。因盆地内岩浆活动强烈,地壳热流值高,地热活动强烈,为 Au 元素迁移富集形成金矿床提供了热动力条件。

## 2 矿床地质特征

伊尔曼德金矿床产于华力西中期浅成石英斑岩岩体与上泥盆统吐呼拉苏组、下石炭统大哈拉军山组第二岩性段接触带附近的围岩中(图 1),矿体产于下石炭统大哈拉军山组第二岩性段(酸性凝灰岩段)的强硅化热液喷发角砾岩和其后伏吐呼拉苏组毒砂黄铁矿化凝灰质碎屑岩中。矿体受 NW、NNW、NNE 及 NEE 向四组断裂的控制,矿床产于这四组断裂的交汇部位。断裂交汇部位可能是热液爆发通道。

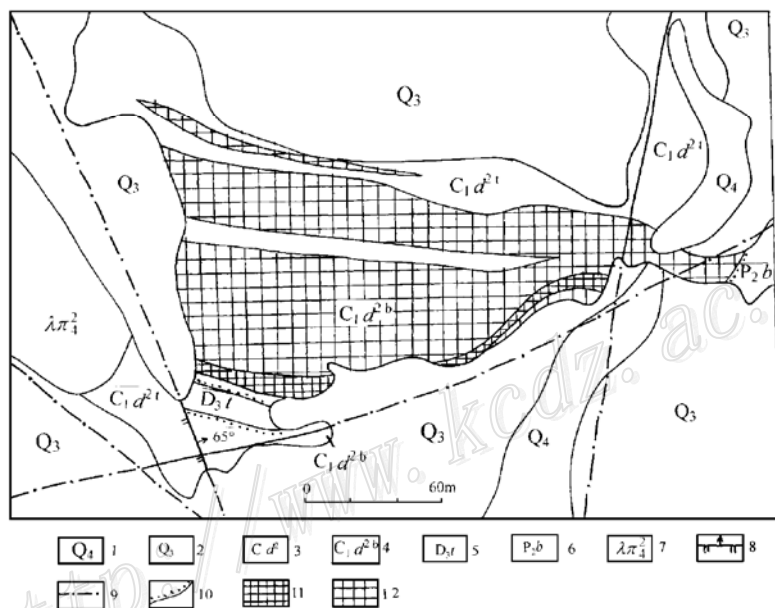


图 1 伊尔曼德金矿床地质图

1—全新统冲积砂砾; 2—上更新统风成黄土; 3~4—下石炭统大哈拉军山组第二岩性段凝灰岩和硅化角砾岩; 5—上泥盆统吐呼拉苏组凝灰质砂砾岩; 6—上二叠统巴卡拉河组紫红色砾岩; 7—华力西中期石英斑岩; 8—实测断层; 9—隐伏断层; 10—角度不整合界线; 11— $\text{Au} > 3.0 \times 10^{-6}$  的矿体; 12— $\text{Au}$  为  $3.0 \times 10^{-6}$  的矿体

Fig. 1. Geological sketch map of the Yearmand gold deposit.

1—Holocene aluvial sand and pebble; 2—Upper Pleistocene ealian loess; 3~4—Tuff and silicified breccia of 2nd Lithologic Member of Lower Carboniferous Dabalajunshan Formation; 5—Tuffaceous sandy conglomerate of Upper Devonian Tuhulasu Formation; 6—Purplish red conglomerate of Upper Permian Balakahe Formation; 7—Middle Variscan quartz porphyry; 8—Measured fault; 9—Concealed fault; 10—Unconformity; 11—Orebody with  $\text{Au}$  higher than  $3.0 \times 10^{-6}$ ; 12— $\text{Au}$  with  $\text{Au}$   $3.0 \times 10^{-6}$ .

## 2.1 石英斑岩体地质特征

石英斑岩体呈岩株状产于岩体的西侧, 出露面积约  $0.0032 \text{ km}^2$ , 与围岩呈侵入接触关系。岩体岩性为高岭石化石英斑岩, 其含 Au 品位普遍低于  $4.0 \times 10^{-9}$ , 在岩体的接触带附近, 黄铁矿化强烈, 但含 Au 品位也不高, 均小于  $0.09 \times 10^{-6}$ 。

## 2.2 含矿岩石特征

含矿岩石上部为下石炭统大哈拉军山组第二岩性段由热液爆发作用形成的热液喷发角砾岩, 呈席状不整合覆盖于下部含矿岩石——上泥盆统吐呼拉苏组毒砂黄铁矿化凝灰质碎屑岩(凝灰质粉砂岩、凝灰质砂岩、凝灰质砾岩)之上, 两者呈喷发不整合接触关系(图2)。

热液喷发角砾岩由于受强烈的硅化交代作用, 形成各种硅化岩石, 石英的含量高达 98% 以上, 但由热液喷发作用形成的组构在镜下仍可辨认, 岩石具典型的角砾状结构、碎屑镶嵌结构, 块状构造、碎裂块状构造、网脉状构造、蜂窝状构造, 碎屑呈角砾状、次棱角状, 碎屑成分以岩屑为主, 有少量的晶屑, 基质含量低, 小于 0.5%, 已重结晶为微晶石英。

硅化热液角砾岩地表出露长约 260 m, 最大宽度约 120 m, 最厚处达 41 m, 产状  $10^\circ \angle 25^\circ$ , 是主要的含矿岩石, Au 最高品位  $5.4 \times 10^{-6}$ , 平均品位在  $1.0 \times 10^{-6}$  左右。

吐呼拉苏组凝灰质砾岩、砂砾岩、砂岩、粉砂岩下伏于热液角砾岩之下, 在地表几乎没有出露。岩石遭受了后期的热液交代蚀变作用, 毒砂黄铁矿化强烈; 粗碎屑的砾岩、砂砾岩中硅化作用强烈, 是次要的含矿岩石, 含 Au 品位较低, 多小于  $1.0 \times 10^{-6}$ , 最高  $4.54 \times 10^{-6}$ 。产状稳定, 倾向  $40^\circ$ , 倾角  $60^\circ$ 。

## 2.3 矿体规模、形态及产状

矿体在地表出露规模较大, 东西向最大长度 243 m, 南北向平均宽 3~42.5 m, 矿体呈层状、似层状产出, 矿体产状与地层产状一致, 矿体与围岩呈渐变过渡关系, 无明显产出界线, 矿体的边界只能靠试金样分析成果圈定。

## 2.4 矿石的矿物成分

根据各类矿石的岩矿鉴定及人工重砂分析, 矿石的组成矿物有自然金、黄铁矿、毒砂、褐铁矿、赤褐铁矿、白铁矿、石英、方解石、重晶石、高岭石、绢云母、绿泥石、绿帘石、萤石、黑云母等。

其中黄铁矿晶形较好, 以五角十二面体和立方体晶形为主, 他形粒状次之, 八面体晶形少见。立方体晶形粒度较粗 0.05~0.75 mm, 而五角十二面体和他形粒状较细, 为 0.004~

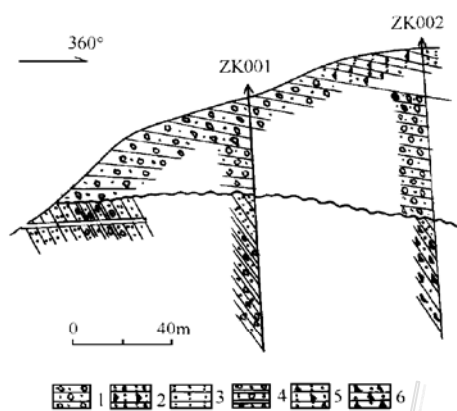


图2 伊尔曼德金矿床 01 号勘探线剖面图  
1—硅化热液喷发角砾岩(含 Au 品位均大于  $0.5 \times 10^{-6}$ ); 2—岩屑晶屑凝灰岩; 3—毒砂黄铁矿化凝灰质砂岩; 4—凝灰质砾岩; 5—碳酸盐化凝灰质砂岩; 6—碳酸盐化凝灰质砾岩

Fig. 2. Geological section along No. 01 exploration line of the Yiemand gold deposit.

1—Silicified hydrothermal eruptive breccia (gold grade higher than  $0.5 \times 10^{-6}$ ); 2—Lithic-crystal tuff; 3—Arsenopyritized and pyritized tuffaceous sandstone; 4—Tuffaceous conglomerate; 5—Carbonatized tuffaceous sandstone; 6—Carbonatized tuffaceous conglomerate.

0.05 mm, 多聚合为 0.03~0.1 mm 的球形粒状集合体, 呈微细浸染状和细脉浸染状分布。两类矿石中黄铁矿电子探针分析成果如表 1, 黄铁矿含金品位较高, 分别为  $400 \times 10^{-6}$  和  $100 \times 10^{-6}$ , 是矿石中金的主要载体之一。在毒砂黄铁矿化凝灰质碎屑岩型矿石中的黄铁矿 Bi、Te、Zn 含量低, Co/Ni 比值为 3.5, 而硅化热液角砾岩型矿石中黄铁矿 Bi、Te、Zn 含量高, Co/Ni 比值为 9.0, 且多已氧化为褐铁矿。

表 1 黄铁矿电子探针分析成果表

Table 1. Electron microprobe analysis of pyrite

| 样品<br>编号 | 矿石<br>类型          | 元素含量/% |      |      |      |      |      |      |      |       |      |       |      |      |      |          |
|----------|-------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|----------|
|          |                   | Bi     | Te   | Ag   | Co   | Cu   | Au   | Cd   | Ni   | S     | Zn   | Fe    | Sb   | Mo   | As   | $\Sigma$ |
| C5-3     | 硅化热液<br>角砾岩型      | 0.28   | 0.06 | 0.06 | 0.09 | 0.05 | 0.04 | 0.00 | 0.01 | 54.38 | 0.03 | 45.37 | 0.03 | 0.00 | 0.03 | 100.43   |
| C5-6     | 毒砂黄铁矿化<br>凝灰质碎屑岩型 | 0.00   | 0.00 | 0.05 | 0.07 | 0.01 | 0.01 | 0.08 | 0.02 | 53.48 | 0.00 | 46.28 | 0.06 | 0.00 | 0.05 | 100.11   |

毒砂呈自形、半自形的柱状、板状晶体, 部分以 0.004 mm 以下的微粒晶体聚合成 0.2 mm 左右的团粒状或束状集合体, 多与五角十二面体的黄铁矿共生, 在硅化热液角砾岩中含量很低, 肉眼及显微镜下都很难见到, 在毒砂黄铁矿化凝灰质砂砾岩中含量较高, 可达 1.0% 左右。

自然金在矿石中较少见到, 呈不规则的微细片状、粒状, 粒度 0.003~0.006 mm, 分布于褐铁矿和黄铁矿之中。本矿床虽未发现硫酸盐矿物明矾石, 但有表生成因黄钾铁矾出现。

## 2.5 矿石化学成分及微量元素地球化学特征

两类矿石的化学成分如表 2, 硅化热液角砾岩型矿石  $\text{SiO}_2$  含量高达 94.15%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  含量也高, 而  $\text{FeO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  及 S 的含量都很低; 而毒砂黄铁矿化凝灰质碎屑岩型矿石中  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  量较低,  $\text{FeO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  及 S 含量较高。

表 2 矿石化学成分表

Table 2. Chemical compositions of ores

| 样品编号及岩性               | 氧化物含量/%          |                                |      |                                |      |      |                               |      |                  |                  |                   |      |      |  |
|-----------------------|------------------|--------------------------------|------|--------------------------------|------|------|-------------------------------|------|------------------|------------------|-------------------|------|------|--|
|                       | SiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | MnO  | TiO <sub>2</sub> | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | S    | 灼失量  |  |
| 硅化热液角砾岩 (106)         | 94.15            | 0.83                           | 0.74 | 2.15                           | 0.48 | 0.43 | 0.18                          | 0.04 | 0.09             | 0.19             | 0.13              | 0.13 | 1.29 |  |
| 毒砂黄铁矿化<br>凝灰质砂岩 (011) | 76.08            | 0.34                           | 1.26 | 9.53                           | 0.72 | 0.51 | 0.29                          | 0.01 | 0.61             | 2.13             | 0.09              | 3.06 | 5.14 |  |

矿石中伴生微量元素地球化学特征如表 3。含矿岩石以富含 Au、Ag、As、Sb、Hg、Bi 为特征, 这些元素的浓集系数分别为 532.5、10.37、97.18、50.0、29.1、50.0, 与 Au 呈正相关关系, 而 Cu、Zn、Ba 则贫化, 其浓集系数分别为 0.16、0.48、0.53。Au/Ag 比值大于 1, 在 1.09~14.36 之间, Cu/Pb 比值在 1.50~0.24 之间。其中前 12 个样品采于硅化角砾岩的上部, 其 Cu/Pb 比值大于 1, 其余样品采于硅化角砾岩的中下部, Cu/Pb 比值小于 1。与我国云南腾冲—梁河现代地热系统中硅质岩相比, Au、As、Sb、Hg、Bi 平均含量相近, Ag 的含量较低, 本矿床 Au/Ag 比值大于 1, 而腾冲现代地热系统中硅质岩的 Au/Ag 比值小于 1。

## 2.6 矿石的结构构造及围岩蚀变

矿石结构有角砾状结构、碎裂角砾状结构、凝灰质角砾状结构、砂砾状结构、凝灰结构、

碎裂镶嵌结构、自形—半自形粒状结构等。

表 3 矿石伴生元素地球化学特征表

Table 3. Geochemical characteristics of associated elements in ores

| 样品<br>编号                   | 岩 性       | 元素含量/ $10^{-6}$ |      |       |       |       |       |      |      |      |      | Au/Ag | Cu/Pb | 采样<br>部位 |
|----------------------------|-----------|-----------------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|----------|
|                            |           | Au              | Ag   | As    | Sb    | Hg    | Bi    | Cu   | Pb   | Zn   | Ba   |       |       |          |
| Ⅲ-1                        | 硅化含角砾岩屑砂岩 | 1.66            | 0.28 | 280   | >30   | >5    | 0.26  | 17.2 | 11.5 | 57.7 | 266  | 5.93  | 1.50  | 上<br>部   |
| Ⅲ-2                        | 硅化含角砾凝灰岩  | 1.05            | 0.20 | 172   | >30   | 2.5   | 0.26  | 9.2  | 7.9  | 53.9 | 304  | 5.25  | 1.16  |          |
| Ⅲ-6                        | 硅化碎裂角砾岩   | 1.39            | 0.44 | 224   | >30   | 4.5   | 0.23  | 8.0  | 6.3  | 14.2 | 162  | 3.14  | 1.27  |          |
| Ⅲ-18                       | 硅化热液角砾岩   | 1.05            | 0.12 | 300   | 30    | 2.3   | 0.20  | 10.4 | 9.1  | 47.8 | 138  | 9.38  | 1.14  |          |
| Ⅲ-22                       | 硅化热液角砾岩   | 1.83            | 0.31 | 201   | >30   | 2.4   | 0.17  | 11.3 | 7.3  | 36.7 | 144  | 5.85  | 1.55  |          |
| Ⅲ-28                       | 硅化热液角砾岩   | 0.35            | 0.19 | 160   | >30   | 1.4   | 0.11  | 9.1  | 8.2  | 57.4 | 135  | 1.88  | 1.11  |          |
| Ⅲ-33                       | 硅化热液角砾岩   | 0.78            | 0.17 | 128   | 27.6  | 1.8   | 0.10  | 8.1  | 7.9  | 51.5 | 147  | 4.62  | 1.03  |          |
| Ⅲ-37                       | 硅化热液角砾岩   | 3.47            | 0.97 | 200   | >30   | 3.2   | 0.17  | 8.3  | 11.3 | 35.0 | 120  | 3.58  | 0.73  |          |
| Ⅲ-45                       | 硅化热液角砾岩   | 1.43            | 0.29 | 84.6  | 11.2  | 1.1   | 0.18  | 9.7  | 8.7  | 29.6 | 31.8 | 1.11  | 1.11  |          |
| Ⅲ-57                       | 硅化热液角砾岩   | 1.32            | 0.41 | 140   | 30    | 3.0   | 0.13  | 12.5 | 12.0 | 34.8 | 124  | 3.22  | 1.04  |          |
| Ⅲ-61                       | 硅化热液角砾岩   | 2.30            | 1.15 | 200   | >30   | 2.5   | 0.15  | 9.2  | 15.7 | 29.6 | 128  | 2.0   | 0.59  | 下<br>部   |
| Ⅲ-62                       | 硅化热液角砾岩   | 2.80            | 1.7  | 222   | >30   | 4.2   | 0.17  | 15.4 | 18.3 | 24.4 | 164  | 1.65  | 0.84  |          |
| Ⅲ-63                       | 硅化热液角砾岩   | 1.85            | 1.70 | 178   | >30   | 4.0   | 0.19  | 11.1 | 26.5 | 17.4 | 98.7 | 1.09  | 0.42  |          |
| Ⅲ-64                       | 硅化热液角砾岩   | 3.53            | 1.45 | 180   | >30   | 2.4   | 0.16  | 8.6  | 22.0 | 29.3 | 112  | 2.43  | 0.39  |          |
| Ⅲ-65                       | 硅化热液角砾岩   | 3.36            | 1.86 | 150   | >30   | 2.7   | 0.18  | 8.3  | 18.3 | 38.5 | 139  | 1.18  | 0.39  |          |
| Ⅲ-66                       | 硅化热液角砾岩   | 2.12            | 1.03 | 219   | >30   | 3.4   | 0.14  | 12.1 | 34.0 | 102  | 147  | 2.06  | 0.36  |          |
| Ⅲ-68                       | 硅化热液角砾岩   | 1.24            | 0.84 | 218   | >30   | >5    | 0.21  | 8.7  | 23.5 | 65.2 | 153  | 1.48  | 0.37  |          |
| Ⅲ-69                       | 硅化热液角砾岩   | 2.74            | 0.64 | 208   | >30   | 3.9   | 0.24  | 11.1 | 23.0 | 23.7 | 209  | 4.28  | 0.48  |          |
| Ⅲ-70                       | 硅化热液角砾岩   | 2.47            | 0.62 | 201   | >30   | 3.1   | 0.23  | 10.5 | 18.4 | 36.9 | 131  | 3.98  | 0.57  |          |
| Ⅲ-75                       | 硅化热液角砾岩   | 2.21            | 1.60 | 173   | >30   | 3.3   | 0.21  | 6.7  | 27.6 | 31.0 | 121  | 1.38  | 0.24  |          |
| Ⅲ-76                       | 硅化热液角砾岩   | 2.47            | 0.71 | 183   | >30   | 3.3   | 0.14  | 7.5  | 12.0 | 19.2 | 92.8 | 3.48  | 0.63  |          |
| Ⅲ-77                       | 硅化热液角砾岩   | 1.94            | 0.53 | 219   | >30   | 2.3   | 0.16  | 9.1  | 17.6 | 93.2 | 301  | 3.66  | 0.52  |          |
| Ⅲ-78                       | 硅化热液角砾岩   | 1.41            | 0.65 | 183   | >30   | >5    | 0.13  | 8.1  | 15.4 | 41.6 | 313  | 2.17  | 0.53  |          |
| Ⅲ-82                       | 硅化热液角砾岩   | 1.52            | 1.03 | 176   | >30   | >5    | 0.15  | 7.7  | 11.8 | 14.0 | 152  | 1.48  | 0.65  |          |
| Ⅲ-88                       | 硅化热液角砾岩   | 1.41            | 0.41 | 151   | >30   | >5    | 0.12  | 7.9  | 16.3 | 67.2 | 113  | 4.13  | 0.48  |          |
| Ⅲ-96                       | 硅化热液角砾岩   | 1.42            | 0.34 | 210   | >30   | >5    | 0.21  | 9.5  | 25.0 | 17.0 | 187  | 4.18  | 0.38  |          |
| Ⅲ-105                      | 硅化热液角砾岩   | 0.86            | 0.28 | >300  | >30   | 0.54  | 0.20  | 11.4 | 29.0 | 110  | 181  | 3.07  | 0.39  |          |
| Ⅲ-111                      | 硅化热液角砾岩   | 2.01            | 0.14 | 280   | >30   | 0.8   | 0.14  | 14.6 | 17.0 | 97.2 | 262  | 14.36 | 0.86  |          |
| Ⅲ-131                      | 硅化粗粒岩屑砂岩  | 1.34            | 0.14 | >300  | >30   | 1.1   | 0.24  | 9.4  | 25.0 | 23.8 | 300  | 9.57  | 0.38  |          |
| Ⅲ-133                      | 硅化砂质细砾岩   | 1.25            | 0.12 | >300  | >30   | 1.2   | 0.34  | 9.8  | 16.2 | 60.0 | 612  | 10.4  | 0.61  |          |
| 平 均 值                      |           | 2.13            | 0.83 | 213.8 | >30   | 2.95  | 0.20  | 10.2 | 19.3 | 44.8 | 208  | 2.57  | 0.53  |          |
| 地 壳 平 均 值                  |           | 0.004           | 0.08 | 2.2   | 0.6   | 0.089 | 0.004 | 63   | 12   | 94   | 390  |       |       |          |
| 元 素 浓 集 系 数                |           | 532.5           | 10.4 | 97.2  | >50   | 29.1  | 50.0  | 0.16 | 1.6  | 0.48 | 0.53 |       |       |          |
| 腾冲—梁河热泉型硅质岩 <sup>[2]</sup> |           | 0.223           | 3.27 | 219.1 | 11.99 | 0.662 | 0.105 |      |      |      |      | 0.063 |       |          |

矿石构造有块状构造、条带状构造、网脉状构造、微细浸染状构造、细脉浸染状构造、蜂窝状晶洞构造、梳状构造等。

围岩蚀变主要有硅化、毒砂黄铁矿化、高岭石化、碳酸盐化、地开石化、绢云母化、绿泥石化以及黄钾铁矾化等。围岩蚀变在垂直方向上具有明显的分带性（图 3）。硅化作用主要发生在上部的热液角砾岩中，之下为泥岩化带，其中高岭石化主要发生在硅化角砾岩与毒砂黄铁矿化凝灰质碎屑岩接触带附近，地开石化出现在高岭石化之下，而碳酸盐化出现在最下部，使凝灰质碎屑岩发生强烈的碳酸盐化，并在碳酸盐化岩石中发育溶洞构造。

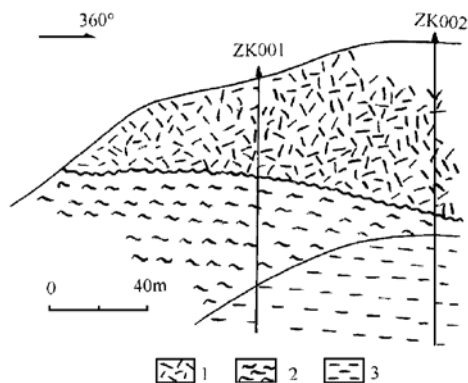


图3 伊尔曼德金矿床蚀变分带略图

1—硅化；2—泥化；3—碳酸盐化

Fig. 3. Diagrammatic geological section showing alteration zoning of the Yiermand gold de-

posit.

1—Silicification; 2—Argillation; 3—Carbonatization.

气相成分以  $\text{CO}_2$  和  $\text{CO}$  为主,其次为  $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{H}_2$ 。 $\text{CO}_2$  含量  $61.36 \times 10^{-6} \sim 111.9 \times 10^{-6}$ ,  $\text{CO}$  含量  $16.46 \times 10^{-6} \sim 69.33 \times 10^{-6}$ 。 $\text{Na}^+/\text{K}^+$  比值在 0.24~2.17 之间; $\text{Na}^+ / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$  比值在 2.15~14.7 之间; $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$  的比值在 0.96~9.17 之间; $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$  的比值在 0.01~0.07 之间。流体包裹体用冷冻法测得其盐度为 0.03%~0.39%,其成矿热液以地下水热液为主。

## 2.8 成矿期次的划分及成矿时代

根据矿床产出的野外地质特征、矿石的结构、构造、矿物共生组合及围岩蚀变作用可将矿床成矿作用分为热液喷发沉积期和热液交代蚀变成矿期,后者又可分为三个成矿阶段。

热液喷发沉积期:下石炭统大哈拉军山组第二岩性段火山喷发作用的间歇期或晚期,热液喷发作用形成的热液角砾岩、热水沉积的硅泥质及黄铁矿等热液喷发沉积物,形成热液喷发角砾岩席,使金发生初步富集。

热液交代蚀变成矿期:在热液喷发角砾岩的基础上,由于热液的交代蚀变作用使金进一步富集成矿,可进一步分为三个阶段:

## 2.7 成矿流体的地球化学特征及成矿时代

流体包裹体是保存在矿物中的原始成矿介质,矿物中流体包裹体的研究对了解矿床形成的物理化学条件及介质的化学组成均具有重要意义。

伊尔曼德金矿床矿石中石英颗粒细小,其内的流体包裹体小而少,直径多在 1~3 mm,最大达 3~10 mm,多数呈浑圆状、短柱状,以纯液相包裹体为主,气液相包裹体少,气液相比较小,为 5%~10%,气液包裹体均一相为液相。气液包裹体化学成分如表 4,流体包裹体成分以水为主,其含量为 87.79%~97.72%,说明成矿溶液浓度较低。液相中碱金属离子含量远大于其他阳离子的含量,尤其是  $\text{K}^+$  含量一般高出其他离子 1~2 个数量级,  $\text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ ; 阴离子中  $\text{SO}_4^{2-}$  含量最高,占阴离子总量的一半以上;其次为  $\text{Cl}^-$  和  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$ 。

表4 伊尔曼德金矿床气液相化学成分表

Table 4. Chemical composition of fluid gas inclusions in the Yiermand gold deposit

| 分析项目                                              | Tc-1    | Tc-2    | Tc-3    | Tc-4    |
|---------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| $\text{CO}_2$                                     | 61.36   | 111.90  | 68.58   | 66.42   |
| $\text{H}_2\text{O}$                              | 4048.00 | 1686.67 | 5192.50 | 3435.67 |
| $\text{H}_2$                                      | 0.95    | 2.76    | 0.80    | 0.63    |
| $\text{O}_2$                                      | 1.29    | 1.10    | 1.05    | 1.31    |
| $\text{N}_2$                                      | 3.67    | 3.67    | 2.42    | 5.75    |
| $\text{CH}_4$                                     | 6.14    | 13.99   | 7.76    | 4.59    |
| $\text{CO}$                                       | 26.21   | 69.33   | 24.58   | 16.46   |
| $\text{K}^-$                                      | 5.07    | 6.70    | 1.11    | 21.67   |
| $\text{Na}^+$                                     | 1.68    | 1.63    | 2.41    | 4.71    |
| $\text{Ca}^{2+}$                                  | 0.65    | 0.37    | 0.93    | 0.28    |
| $\text{Mg}^{2+}$                                  | 0.04    | 0.14    | 0.19    | 0.04    |
| $\text{NO}_3^-$                                   | 0.90    | 2.50    | 1.45    | 1.75    |
| $\text{Cl}^-$                                     | 2.10    | 1.70    | 0.96    | 6.40    |
| $\text{SO}_4^{2-}$                                | 4.40    | 5.05    | 8.80    | 6.15    |
| $\text{Na}^+/\text{K}^+$                          | 0.33    | 0.24    | 2.17    | 0.22    |
| $\text{Na}^+ / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ | 2.42    | 3.2     | 2.15    | 14.7    |
| $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$                    | 2.1     | 1.85    | 9.17    | 0.96    |
| $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$                  | 0.02    | 0.07    | 0.01    | 0.02    |
| $\text{CO}_2/\text{CO}$                           | 2.34    | 1.61    | 1.79    | 4.04    |
| $S_{\text{NaCl}}/\%$                              |         |         | 0.03    | 3.39    |

第一阶段——石英（或微晶硅质）阶段：使早期的热液喷发沉积物及下伏岩石发生强烈硅化交代蚀变作用，形成各种硅化岩，同时有黄铁矿出现。

第二阶段——毒砂黄铁矿阶段：早期形成粒度较粗的浸染状分布的立方体晶形黄铁矿；晚期出现细粒五角十二面体晶形的黄铁矿和自形、半自形的毒砂，呈细脉浸染状或稀疏浸染状分布，黄铁矿多聚集成团粒状、束状，并出现石英、方解石等非金属矿物。

第三阶段——碳酸盐阶段：在下部的凝灰质碎屑岩中出现碳酸盐化，在上部的硅化角砾岩中出现方解石脉、石英方解石脉。

在矿床的东段可见到多期的热液喷发角砾岩化作用，使早期形成的硅化热液角砾岩再次发生破碎、硅化胶结作用。

矿床产于下石炭统大哈拉军山组第二岩性段的酸性凝灰岩中，在矿体的东端可见到二叠系紫红色砾岩呈角度不整合覆盖于矿体之上，而二叠系紫红色砾岩中无硅化现象，说明成矿作用发生在二叠纪之前，结合区域岩浆作用及火山作用的特征，基本上可以推断其成矿时代为早石炭世，成矿环境为近地表。根据沈阳地质矿产研究所用均一法测定其成矿温度为  $80\sim 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

### 3 矿床成因

早石炭世，西天山吐拉苏盆地为一张性构造环境的火山岩断陷盆地，张性断裂构造发育，火山活动强烈。由于地下岩浆热的影响，沿断裂裂隙循环的地下水热液活动强烈，热液不断从围岩中溶解金向地表运移，当热液运移的通道由于热水沉积而堵塞时，形成“自我封闭的岩盖<sup>[8]</sup>”，在其下形成超压状态的地热流体，当流体的压力大于岩石的弹性强度和上覆岩层的静压力时，引起热液爆发，形成热泉型热液喷发角砾岩等热水沉积物，使金发生初步富集。根据侯宗林对我国云南腾冲—梁河地热系统中现代热泉沉积物的研究<sup>[2]</sup>，其中的 Au、Ag 等贵金属成矿元素已初步富集（表 5）。其硅质岩带 Au 的含量高达  $0.2225\times 10^{-6}$ ，Ag 为  $3.2695\times 10^{-6}$ ，As 为  $219.0068\times 10^{-6}$ ，Sb 为  $11.8971\times 10^{-6}$ ，Hg 为  $0.6618\times 10^{-6}$ ，Bi 为  $0.1049\times 10^{-6}$ 。泉底沉积物 Au 的含量为  $0.015\times 10^{-6}$ ，Ag 为  $0.3344\times 10^{-6}$ ，As 为  $49.2840\times 10^{-6}$ ，Sb 为  $7.8546\times 10^{-6}$ ，Hg 为  $0.3262\times 10^{-6}$ ，Bi 为  $0.4497\times 10^{-6}$ ，本矿床硅化热喷发角砾岩中 Au 的含量为  $2.13\times 10^{-6}$ ，Ag 为  $0.12\times 10^{-6}$ ，As 为  $300\times 10^{-6}$ ，Sb 为  $30\times 10^{-6}$ ，Hg 为  $1.2\times 10^{-6}$ ，Bi 为  $0.20\times 10^{-6}$ ，与现代热泉沉积物硅质岩带具有相似的金及相关元素地球化学含量特征。

表 5 腾冲—梁河热泉及沉积物中金及伴生元素平均含量

Table 5. Average content of gold and associated elements in Tengchong-Lianghe hot spring and sediments

| 分析项目 | 泉水(17)  | 泉华(36) <sup>①</sup> | 泉底沉积物(13) | 酸性淋滤带(134) | 硅质岩带(148) |
|------|---------|---------------------|-----------|------------|-----------|
| Au   | 0.0443  | 0.0103              | 0.0155    | 0.0425     | 0.2225    |
| Ag   | 0.4163  | 0.1434              | 0.3344    | 0.4695     | 3.2695    |
| As   | 78.5472 | 14.4616             | 49.2840   | 77.5658    | 219.0068  |
| Sb   | 5.9376  | 1.4780              | 7.8546    | 5.1145     | 11.9871   |
| Hg   | 0.5     | 0.1602              | 0.3262    | 0.4997     | 0.6618    |
| Tl   | 2.8027  | 1.7016              | 3.5371    | 2.1427     | 3.2426    |
| Bi   | 0.0116  | 0.0813              | 0.4497    | 0.5548     | 0.1049    |
| U    | 0.4133  | 4.7598              | 8.4436    | 7.6188     | 4.5561    |

注：据侯宗林等<sup>[2]</sup>，括号内为分析样品数，单位为  $10^{-6}$ ，泉水为  $10^{-9}$

由于热液喷发角砾岩等碎屑沉积物呈松散胶结状态,孔隙度高,渗透性好,循环的含金地热流体(如腾冲—梁河地热系统中的泉水平均含 Au 品位达  $0.0443 \times 10^{-9}$ , 含 Ag  $0.4163 \times 10^{-9}$ , 含 As  $78.5472 \times 10^{-9}$ , 含 Sb  $5.9376 \times 10^{-9}$ , 含 Hg  $0.5 \times 10^{-9}$ ), 与热液喷发角砾岩发生强烈的硅化交代蚀变作用,在矿床的某些部位还出现了多次的热液喷发角砾岩化作用和硅化交代蚀变成矿作用,使金进一步富集而成矿。

本文写作过程中得到孙晓明教授的热心指导与帮助,在此表示衷心的感谢。

### 参 考 文 献

- 1 卓维荣. 滇西梁河热泉型金矿的发现及其地质特征. 地球科学, 1991, 16 (2): 89~97.
- 2 侯宗林, 郭光裕. 云南腾冲—梁河地热系统与现代热泉型金矿化作用. 地质论评, 1991, 37 (3): 243~248.
- 3 母瑞身, 田昌烈, 杨芳林等. 新疆阿希地区金矿概论. 贵金属地质, 1996, 5 (1): 5~21.
- 4 White D E. Violent mud volcano eruption of Lake City Hot Springs, Northeastern California. Geol. Soc. America Bull., 1955, 66: 1109~1130.
- 5 Hedenquist J W, Henley R W. Hydrothermal eruption in the Waiotapu Geothermal System, New Zealand: Their origin, associated breccias, and relation to precious metal mineralization. Econ. Geol., 1985, 80: 1640~1668.
- 6 Heald P, Foley N K, Hayba D O. Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits: Acid-sulfate and adularia-sericite types. Econ. Geol., 1987, 82: 1~26.
- 7 Hedenquist J W, Matsuhisa Y, Izawa E et al. Geology, geochemistry, and origin of high sulfidation Cu-Au mineralization in the Nansatsu District, Japan. Econ. Geol., 1994, 89: 1~30.
- 8 Nelson C E, Giles D L. Hydrothermal eruption mechanisms and hot spring gold deposits. Econ. Geol., 1985, 80: 1633~1639.

## CHARACTERISTICS AND GENESIS OF THE YIERMAND HOT-SPRING GOLD DEPOSIT IN YINING COUNTY, XINJIANG

Zhai Wei, Yang Rongyong

(Department of Earth Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275)

Qi Shuji

(No. 1. Regional Surveying Party, Xingjiang Bureau of Geology and Mineral Resources, Urumqi 830011)

**Key words:** Dahalajunshan Formation, hydrothermally eruptive breccia, silication, gold deposit

### Abstract

The Yiarmand gold deposit occurs in hydrothermally eruptive breccia of the 2nd Member of Lower Carboniferous Dahalajunshan Formation and its underlying arsenopyritized and pyritized tuffaceous clastic rocks, and the ore-forming process can be divided into hydrothermally-eruptive and sedimentary stage and metasomatic stage. At the stage of hydrothermal sedimentation, hydrothermally eruptive breccia and other hydrothermal sediments were formed, gold was preliminarily concentrated, and cycling underground water caused the metasomatism of the hydrothermally eruptive breccia, thus concentrating gold again and forming hot spring gold deposit. Ore-bearing rocks are enriched in Au, Ag, As, Sb, Hg, Bi and impoverished in Cu, Pb, Zn. The mineralization took place near the surface, the ore-forming temperature was about 80~90°C, the salinity of ore-forming fluid was lower than 1.0% NaCl, and the metallogenic epoch was Early Carboniferous.