

文章编号:1009-0258(2000)02-0009-08

鲁西下寒武统层状金矿 ——磨坊沟式金矿地质特征

徐金芳¹, 于学峰², 唐好生³

(1. 山东省地质矿产勘查开发局, 山东 济南 250013; 2. 山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013; 3. 山东省第二地质矿产勘查院, 山东 兖州 272000)

摘要: 磨坊沟式金矿是山东地勘局继归来庄隐爆角砾岩型金矿以后, 近年来在鲁西地区发现的又一新类型金矿。该类型金矿赋存于早寒武世朱砂洞组灰质白云岩和白云质灰岩中, 矿体产出层位稳定, 分布面积广, 矿石类型单一, 矿化连续, 具有广阔的找矿前景和较大的资源潜力。因该类金矿床最早在磨坊沟被发现和评价, 故称其“磨坊沟式”金矿。

关键词: 层状金矿床; 朱砂洞组; 中低温热液作用; 磨坊沟式; 鲁西地区

中图分类号: P618.514; P611.1⁺3

文献标识码: A

1 成矿地质背景

磨坊沟式金矿主要分布于山东省平邑县铜石金矿田内。矿田位于濒太平洋构造成矿域中部^[1], 中朝准地台东南缘, 沂沭断裂带以西的鲁西断块隆起区南部, 尼山凸起与平邑凹陷的接壤部位。区内地层主要为泰山(岩)群山草峪组; 古生界寒武系、奥陶系; 中生界侏罗系—白垩系等。断裂构造发育, NNW向的主干断裂及NW向次级断裂控制了地层及岩浆岩的展布; 近EW向和NW向的次级断裂是本区的主要控矿构造。新太古代花岗闪长岩及古元古代二长花岗岩构成了结晶基底。中生代燕山早期构造—岩浆活动强烈, 形成了主要由二长闪长质、二长正长质岩石构成的铜石次火山杂岩体(图1)。

1.1 含矿地层特征

寒武纪朱砂洞组分布于铜石杂岩体的西、南边部, 出露厚度115m。其岩性主要为中厚层—厚层灰质白云岩、含燧石结核白云质灰岩、泥质白云岩、白云质灰岩和薄层条带状灰岩, 角砾状构造和岩溶孔隙发育。岩层产状平缓, 倾角一般在3~15°之间。该组不整合覆于新太古代花岗闪长岩和古元古代二长花岗岩之上。其下部的灰质白云岩是赋存磨坊沟式金矿的主要层位, 该层位距不整合面20~30m, 矿化层厚一般3~10m。在区域上该层位发现有石膏矿和天青石矿化。

收稿日期: 2000-05-10; 修订日期: 2000-06-06; 编辑: 游文澄

作者简介: 徐金芳(1955-), 男, 山东昌邑人, 教授级高级工程师, 从事地质矿产研究及勘查管理工作。

山东省区域地质调查研究院, 1999, 1:5 沂源、燕崖幅区域地质调查报告。

山东省地质科学研究所, 1994, 山东省枣庄市山亭区抱犊崮天青石矿调查报告。

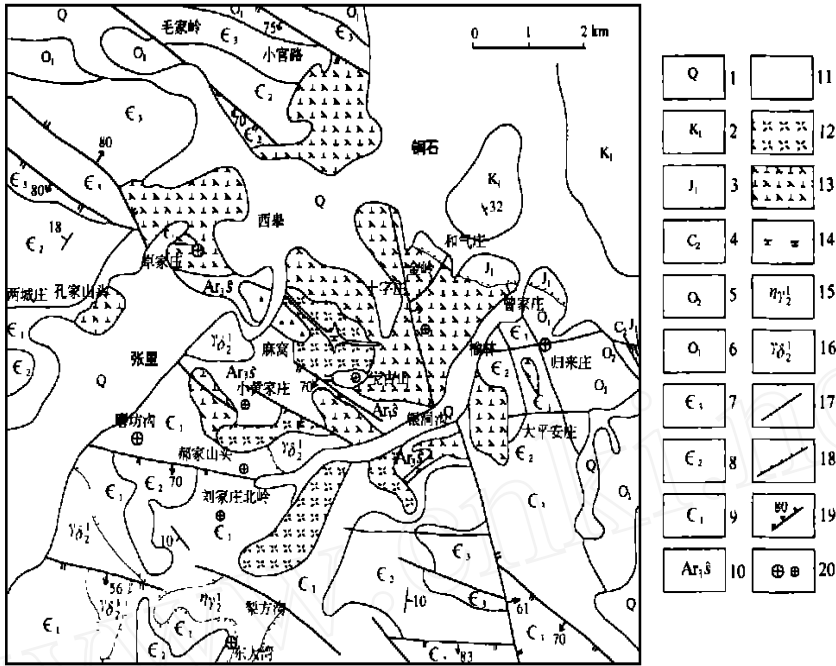


图1 山东省平邑县铜石地区地质略图

Fig. 1 Geological sketch of Tongshi area in Pingyi county, Shandong province

- 1—第四系;2—下白垩统;3—下侏罗统;4—中石炭统;5—中奥陶统;6—下奥陶统;7—上寒武统;8—中寒武统;
- 9—下寒武统;10—泰山(岩)群山草峪组;11—隐爆角砾岩;12—二长斑岩;13—二长闪长玢岩;14—粗面斑岩;
- 15—前寒武纪二长花岗岩;16—前寒武纪花岗岩闪长岩;17—地质界线;18—角度不整合界线;19—断层及产状;
- 20—金矿床(点)

1.2 岩浆岩

磨坊沟式金矿产在铜石次火山杂岩体的外围。该岩体为一次火山穹窿,出露面积约 32km²,呈岩株、岩床及岩墙侵入于前寒武纪侵入岩及寒武纪、奥陶纪地层之中。该岩体具多次脉动上侵的特点,为多期次、多阶段岩浆活动的产物,主要由二长闪长质和二长—正长质两大岩石系列组成,并伴有隐爆角砾岩及粗面斑岩、正长斑岩等多种脉岩。矿区内主要出露二长斑岩岩床,多沿早古生代地层与前寒武纪变质基底的不整合面侵入,其上距含矿层位一般为 20~30m(图 2);岩床有时发育在含矿层位的上盘,亦未见其直接与矿体接触。

1.3 构造

矿区内构造以断裂为主,主要有近 EW 向、NE 向、NW 向三组,它们是铜石次火山机构的组成部分(图 1,2)。这些断裂控制了含矿层位的分布,局部小断裂错断了含矿层位。从目前掌握的资料看,主要断裂多为成矿期前的构造,少数为成矿后的构造。

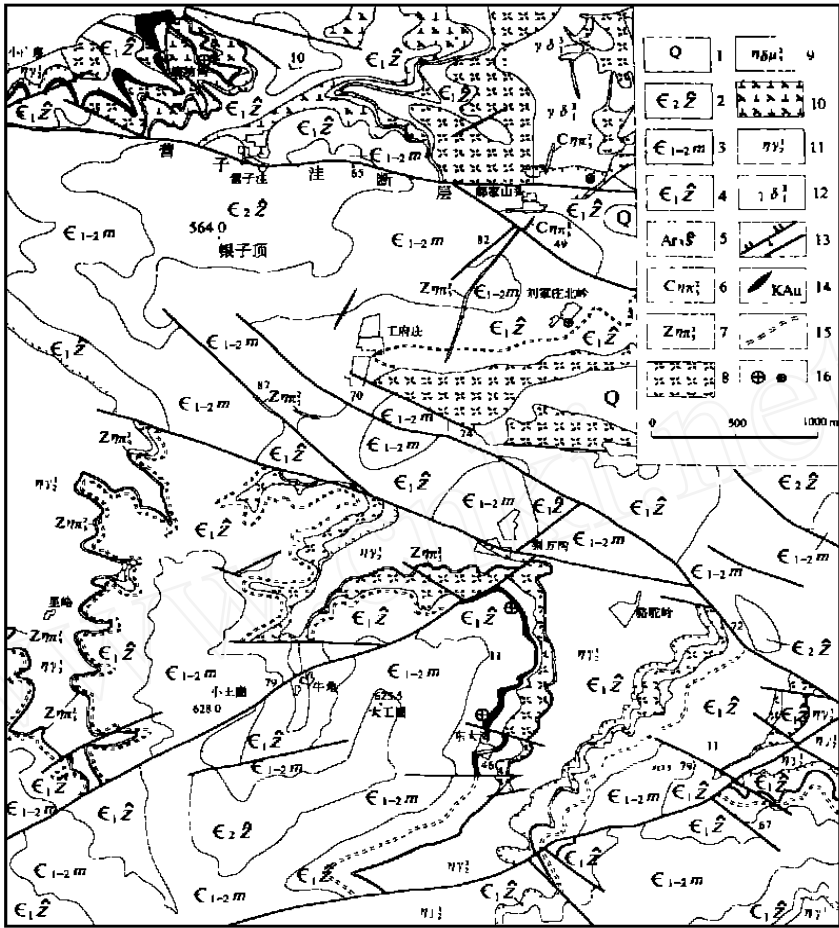


图 2 山东省平邑县磨坊沟—东大湾金矿带分布图

Fig.2 Distribution of gold - deposit s belts in Mofanggou - Dongdawan of Pingyi county , Shandong province

- 1—第四系;2—中寒武世张夏组;3—早、中寒武世馒头组;4—早寒武世朱砂洞组;5—泰山(岩)群山草峪组;6—粗斑二长斑岩;7,8—中斑二长斑岩;9,10—二长闪长玢岩;11—前寒武纪二长花岗岩;12—前寒武纪花岗岩闪长岩;13—断层及产状;14—已知金矿带;15—有利矿化层位;16—金矿床(点)

2 矿床地质特征

2.1 矿体特征

该类型金矿床、矿点在区内分布较广,以磨坊沟金矿和东大湾—梨方沟金矿为代表(图 2)。

磨坊沟金矿床:矿体呈似层状赋存于早寒武世朱砂洞组上灰岩段下部的灰质白云岩及白云质灰岩中(图 2,3)。共圈定两个金矿体,其中 号矿体长 340m,厚 0.60~4.80m,平均厚度 2.82m;金品位 $1.09 \times 10^{-6} \sim 25.21 \times 10^{-6}$,平均金品位 11.57×10^{-6} ,矿体产状

与岩层产状基本一致,倾向 325~350°,倾角 8~20°。号矿体长 200m,厚 1.20~3.20m,平均厚度 2.05m;金品位 $1.64 \times 10^{-6} \sim 12.88 \times 10^{-6}$,平均金品位 4.54×10^{-6} ;矿体产状与含矿岩层产状一致,倾向 10~20°,倾角 8~20°。含矿层中金矿化普遍,但金品位变化较大,品位变化系数为 164.61%。金矿化的强弱一般与含矿岩石的破碎程度、裂隙发育程度及蚀变强弱程度有关。矿体的顶板岩性为土黄色薄层泥云岩,层理、页理发育,局部相变为中薄层灰质白云岩;底板岩性为中厚层—厚层灰岩。

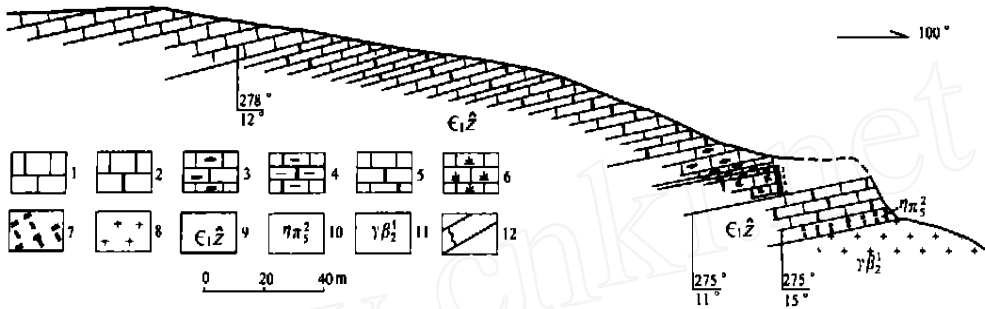


图 3 梨方沟—东大湾金矿区勘探线地质剖面图

Fig. 3 Geological section of exploration lines in Lifanggou - Dongdawan area of Pingyi county, Shandong province

- 1—石灰岩;2—厚层白云质灰岩;3—含燧石结核灰岩;4—薄层泥质白云质灰岩;5—中厚层白云质灰岩;
- 6—萤石化厚层白云质灰岩;7—二长斑岩;8—黑云母花岗岩;9—早寒武世朱砂洞组;10—中生代二长斑岩;
- 11—前寒武纪黑云母花岗岩;12—金矿体

梨方沟—东大湾金矿床:矿体呈似层状,矿带长 634m,厚 1.90~9.00m,平均厚度 3.14m;金品位 $2.19 \times 10^{-6} \sim 7.24 \times 10^{-6}$,平均金品位 4.9×10^{-6} 。矿体产状与含矿岩层产状基本一致,倾向 270~290°,倾角 5~15°。矿体顶板岩性为中层含泥质白云质灰岩;底板岩性为中厚层白云质灰岩。

2.2 矿石物质成分

2.2.1 矿石化学成分

矿石中主要化学组分测定结果见表 1。

表 1 金矿石化学组分测试结果

Table 1 Determination result of chemical compositions of gold ores

| 组分名称 | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O | Na ₂ O | P ₂ O ₅ | TiO ₂ | MnO | S |
|------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------|-------------------|-------------------------------|------------------|------|-------|
| 平均值(10 ⁻²) | 28.03 | 1.52 | 1.30 | 29.92 | 8.24 | 0.46 | 0.13 | 0.03 | 0.11 | 0.06 | 0.04 |
| 组分名称 | Au | Ag | Te | Cu | Pb | Zn | As | Sb | Bi | F | Ba |
| 平均值(10 ⁻⁶) | 7.3 | 39.0 | 19.3 | 28.1 | 441.5 | 187.2 | 13.7 | 6.5 | 0.2 | 7511 | 474.2 |
| 组分名称 | La | V | Co | Nb | Ni | Rb | Sr | Th | Y | Cr | Zr |
| 平均值(10 ⁻⁶) | 2.2 | 33.3 | 4.0 | 2.9 | 14.2 | 22.8 | 201.6 | 2.8 | 7.1 | 24.9 | 26.2 |

注:测试样品数为 16 件。

由表 1 可以看出,矿石的化学成分主要为 SiO_2 , CaO , MgO , 其次是 Fe_2O_3 , Al_2O_3 , K_2O , Na_2O 等。16 件样品的分析结果表明,金矿石的 SiO_2 含量变化较大,在 5.76% ~ 94.91% 之间, CaO 含量为 4.97% ~ 49.92%, MgO 含量为 0.24% ~ 14.68%, 其它组分含量变化不大。矿石中 SiO_2 高度富集,这与普遍存在的硅化蚀变密切相关, SiO_2 含量往往与金品位呈正相关。

矿石中主成矿元素为 Au,品位在 1.64×10^{-6} ~ 21.62×10^{-6} 之间,平均 7.34×10^{-6} ; 伴生有益组分主要有 Ag,含量在 11.5×10^{-6} ~ 94.4×10^{-6} 之间,平均 39×10^{-6} 。另外含少量 Te, Pb, Zn, Bi, Sb, F, Ba, As 等元素。

2.2.2 矿石矿物成分

矿石中的金属矿物:金矿物主要有自然金、碲金银矿、银金矿;银矿物主要为辉银矿;其他金属矿物主要为黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉铜矿、白铁矿、褐铁矿、铅矾、铜蓝等。主要非金属矿物为方解石、白云石、石英、萤石、绢云母等。载金矿物主要为石英、萤石,少量白云石和方解石;部分为黄铁矿和方铅矿等硫化物。

2.2.3 金矿物特征及赋存状态

金矿物主要有自然金(75%)、碲金银矿(12.5%)、银金矿(12.5%)。自然金成色一般在 842 ~ 954 间,最高可达 970,平均成色 896;其形态主要为角粒状和圆粒状,少量呈长角粒状、片状及枝杈状;粒度以微粒金为主,小于 $10\mu\text{m}$ 者占全部金矿物的 98%,其中半数以上粒径在 $1\mu\text{m}$ 左右。

金矿物的赋存形式以包体金(71%)为主,次为粒间金(29%),其中:包体金以脉石包体金为主,金矿物呈星点状或不规则粒状零星分布于脉石矿物内部,载金矿物主要为石英,另有少量萤石(照片 1);粒间金主要为脉石粒间金,以石英与萤石粒间金为主,部分是存在于石英与方解石或白云石晶间的粒间金(照片 2)。



照片 1 金矿物(白色者)呈微细浸染状包含于萤石和石英集合体中(50 \times 10, 反光)

Photo 1 Gold (in fine - vein dissemination, white color, 50 \times 10, mirrored) included in fluorite and quartz aggregation



照片 2 自然金(白色者)呈星点状分布于碳酸盐矿物和石英晶间(20 \times 10, 反光)

Photo 2 Natural gold (in scatters, white color, 20 \times 10, mirrored) distributed between carbonate minerals and quartz crystal - grains

2.3 矿石组构及矿石类型

2.3.1 矿石组构

矿石结构有自形一半自形晶粒状结构、它形晶粒状结构、自形一半自形粒状变晶结构、交代残余结构、交代环边结构、假象结构、星状结构、包含结构、填隙结构、连生结构等。矿石构造主要有浸染状构造、脉状构造、条带状构造、网脉状构造、层纹状构造、块状构造、角砾状构造、晶洞状构造等。

2.3.2 矿石类型

根据矿石的矿物成分、结构构造及蚀变矿化特征,磨坊沟式金矿可划分三种类型金矿石,即萤石化硅化灰质白云岩型金矿石(占90%以上)、萤石化硅化硅质岩型金矿石及萤石化硅化角砾岩型金矿石。

2.4 围岩蚀变及成矿阶段

2.4.1 围岩蚀变

受多期次、多阶段中偏碱性次火山热液作用的影响,矿区内发生了广泛的热液蚀变及金矿化。围岩蚀变类型主要有硅化、萤石化、黄铁矿化、绢云母化及碳酸盐化,偶见冰长石化。其中硅化和萤石化与金矿化关系最为密切。

2.4.2 成矿阶段

依据蚀变矿物特征及其穿插关系,将热液成矿作用大致划分为4个成矿阶段:

(1) 石英-黄铁矿阶段:硅化为本阶段主要蚀变,主要生成矿物有石英、萤石、绢云母、黄铁矿,另有少量白铁矿。

(2) 石英-萤石-多金属硫化物阶段:主要生成矿物为石英、萤石、绢云母、碳酸盐类矿物及黄铁矿、辉铜矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、自然金等。

(3) 石英-萤石-金-碲化物阶段:主要生成矿物为石英、萤石、绢云母、黄铁矿、自然金、碲金银矿等,形成含金矿物及金属矿物的石英-萤石细脉。

(4) 萤石-方解石阶段:生成萤石-方解石脉,含少量石英、白云石、黄铁矿等。

热液成矿作用的主成矿阶段为石英-萤石-金-碲化物阶段,其次为石英-萤石-多金属硫化物阶段。

2.5 流体包裹体特征

2.5.1 成矿流体的温度

从萤石流体包裹体均一温度直方图可以看出,磨坊沟矿区流体包裹体的均一温度主要在120~220之间,个别达250~360(图4)。通过与铜石杂岩体萤石中的流体包裹体均一温度直方图(林景仟等,1993)^[2]相对比,可以看出在磨坊沟金矿和铜石杂岩体中至少存在三个阶段的流体包裹体:第一阶段温度

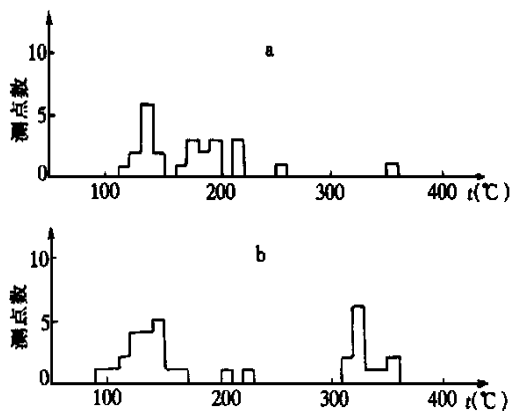


图4 磨坊沟金矿(a)及铜石杂岩体(b)萤石中流体包裹体均一温度直方图

Fig. 4 Bar chart of fluorite fluid inclusion homogenization temperature in Mofanggou gold deposit (a) and Tongshi complex (b)

范围为 250 ~ 350 ,此阶段包裹体在磨坊沟金矿中少见;第二阶段形成温度主要在 170 ~ 220 ;第三阶段表现为低温萤石中普遍含有均一温度 110 ~ 150 的包裹体。这三个阶段分别代表了石英-黄铁矿、石英-萤石-多金属硫化物及石英-萤石-金-碲化物三个主要成矿阶段。

由此表明,成矿热液与铜石杂岩体的形成和演化有关,金矿化主要在中-低温条件下形成。

2.5.2 成矿流体的盐度、密度及压力

对应流体包裹体形成的三个主要阶段,其温度、盐度、密度、压力总体呈有规律的变化,反映了成矿热液形成、演化阶段的总体趋势。

第一阶段:温度 250 ~ 360 ,压力 4.42 ~ 4.75MPa;盐度(NaCl)0.35% ~ 19.29%,密度 0.793 ~ 0.861g/cm³。它们代表了成矿早期阶段流体温度高、压力大、盐度低、密度小的环境。

第二阶段:温度 170 ~ 220 ,平均 190.12 (n = 12);压力 0.63 ~ 1.88MPa,平均 1.22MPa;盐度(NaCl)为 0.88% ~ 20.45%,平均 9.9%;密度 0.878 ~ 1.048g/cm³,平均 0.953g/cm³(n = 8)。代表了本成矿阶段温度下降、内压减小、盐度及密度增高的成矿环境。

第三阶段:温度 110 ~ 150 ,平均 131.31 (n = 11);压力在 0.17 ~ 0.34MPa,平均 0.24MPa;盐度(NaCl)为 2.57% ~ 20.6%,平均 12.75%;密度 0.954 ~ 1.087g/cm³,平均 1.024g/cm³(n = 8)。显示出成矿晚期阶段成矿热液处在低温、低压、高盐度及高密度的环境中。

2.5.3 成矿流体的成分

矿石中萤石包裹体成分测定结果见表 2。

表 2 金矿石萤石包裹体激光拉曼光谱分析结果

Table 2 Laser Raman spectrum analysis results of fluorite fluid inclusion of gold ores

| 样品号 | 气 相 (%) | | | | | | | | | 液 相 (%) | | | | | | |
|-----|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|------|----------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|
| | CO ₂ | H ₂ S | CH ₄ | SO ₂ | H ₂ O | CO | N ₂ | H ₂ | CO ₂ | H ₂ S | CH ₄ | SO ₂ | H ₂ O | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | |
| 1 | 82.1 | 10.5 | 7.4 | — | — | — | — | — | 63.4 | 20.3 | 6.0 | 10.3 | — | — | — | |
| 2 | 30.0 | — | 3.9 | 13.5 | — | 52.6 | — | — | 24.9 | 4.5 | — | — | 70.6 | 0.21 | — | |
| 3 | 75.9 | 9.0 | — | — | — | — | 15.1 | — | 47.1 | 10.2 | — | — | 42.7 | 0.19 | 0.13 | |
| 4 | 52.0 | 19.8 | 19.2 | — | — | — | — | 9.0 | 43.7 | 19.5 | 36.8 | — | — | — | — | |
| 5 | 57.2 | 10.5 | 6.9 | — | 25.3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 6 | — | — | — | — | — | — | — | — | 56.1 | 4.6 | 8.2 | — | 31.1 | — | 0.16 | |

*摩尔数的相对百分含量;西安地质矿产研究所王志海、李月琴分析。

由表可以看出,成矿流体的气液成分主要为 CO₂, H₂O, H₂S, CH₄, 并含数量不等的 CO, SO₂, N₂, H₂, 阴离子主要为 SO₄²⁻, HCO₃⁻。流体中富含 CO₂, H₂S, SO₂ 及少量的 SO₄²⁻, HCO₃⁻, 说明流体处在酸性或弱酸性环境, CO₂ 含量的增加对金成矿是有利的。H₂S 的普遍出现及少量 SO₂ 和 SO₄²⁻ 的存在,可能暗示金主要呈硫络合物的形式迁移。

流体中含较多的 CH_4 , 表明金的迁移、富集可能与有机质有关。

3 结论

磨坊沟式金矿受早寒武世朱砂洞组控制, 成矿作用以次火山岩浆期后中低温热液作用为主。金矿物呈超显微粒状产出, 矿化以浸染状为主, 围岩蚀变以硅化和萤石化为主, 矿体与围岩的界限肉眼难以鉴别。这些特征类似卡林型金矿^[3], 但与典型的卡林型金矿也有差异, 表现在围岩蚀变中的强萤石化。这一特征与归来庄式金矿十分相似, 说明磨坊沟式金矿是铜石金成矿系列的组成部分。

朱砂洞组对成矿的控制作用主要表现在两个方面, 一是提供了成矿空间; 二是朱砂洞组的有机组分和盐类沉积可能为热液成矿系统提供了“矿化剂”。对金元素的来源尚找不到直接的论据, 推测来源于前寒武纪变质基底及基底中的金矿化体。

参考文献:

- [1] 韦永福, 吕英杰, 等. 中国金矿床[M]. 北京: 地震出版社, 1994, 12 - 14.
- [2] 林景仟, 谭东娟, 于学峰, 等. 鲁西归来庄金矿成因[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1997, 92 - 93.
- [3] 陈先兵. 卡林型金矿地质地球化学特征及成因综述[J]. 黄金地质, 1996, 2(2): 73 - 78.

Geological Characteristics of Mofanggou Type Gold Deposit — The Bedded Gold Deposits in West Shandong Lower Cambrian

XU Jin - fang¹, YU Xue - feng², TANG Hao - sheng³

(1. Shandong Geological Exploration Bureau, Shandong Jinan 250013, China; 2. Shandong Institute and Laboratory of Geological Science, Shandong Jinan 250013, China; 3. No. 2 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Yanzhou 272000, China)

Abstract: Mofanggou gold deposit is a new type gold deposit found by Shandong Geological Exploration Bureau after the finding of Guilaizhuang gold deposit — a cryptoexplosive breccia type. Mofanggou type gold deposits occur in the part of dolomitite and dolomitic limestone in early Cambrian Zhushadong formation; with the orebody's occurrence being in layer and stable, widely spreading, ore type being simple, and they have bright future in prospecting and large resource potentiality. Because it was first found and evaluated in Mofanggou area, “Mofanggou type gold deposit” is named accordingly.

Key words: Gold deposit; stratum bond deposit; Zhushadong formation; Mofanggou type; Luxi (west of Shandong) area