

拆离带控矿的典型实例 ——以鲁西磨坊沟式金矿为例

牛树银¹ 胡华斌^{1,2} 毛景文^{2,3} 孙爱群¹ 王宝德¹ 刘 涛⁴

(1. 石家庄经济学院资源学院, 河北 石家庄 050031; 2. 中国地质大学, 北京 100083;
3. 中国地质科学院矿产与资源研究所, 北京 100037; 4. 山东省第二地质矿产勘查院, 山东 兖州 272100)

摘要:磨坊沟式金矿是指鲁西铜石地区赋存在早寒武世朱砂洞组灰质白云岩和白云质灰岩中的碲金矿床, 近期地质勘查表明, 矿体产出层位相对稳定, 分布面积较广, 矿化较为连续, 具有很大的资源潜力和找矿远景。其围岩具明显的黄铁绢英岩化、高岭土化、方解石化和萤石化。碲金矿的形成与黄铁绢英岩化密切相关。矿床产出的构造部位为鲁西幔枝构造核部, 铜石隆起外围太古宙结晶基底与寒武纪盖层间主拆离带之上的次级拆离带中。成矿物质来自深源(地幔), 矿体就位受主、次级拆离滑脱带控制。由于次级拆离带断坪顺层展布, 故矿体亦表现出似层状特征。

关键词:幔枝构造; 地幔热柱; 碲金矿床; 成矿作用; 控矿构造; 鲁西铜石

中图分类号: P542⁺.3; P618.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2005)03-0447-05

磨坊沟式金矿是指鲁西平邑县铜石地区赋存在太古宇泰山岩群与盖层之间不整合面之上的下寒武统朱砂洞组碳酸盐岩中的金矿。这种金矿被认为是层状、似层状金矿, 具有极大的找矿远景^[1-3]。但是, 其成矿作用、控矿构造等尚需深入探讨。笔者从地幔热柱多级演化角度研究, 认为控矿构造具有拆离带特征, 是幔枝构造外围拆离带控矿的典型实例。

1 区域地质特征

铜石地区出露的最老地层为太古宇泰山岩群变质杂岩, 其上为古生界寒武系—奥陶系碎屑岩—碳酸盐岩建造, 中生界侏罗系—白垩系碎屑岩建造, 在断陷区发育有新生界堆积物。岩浆岩可分为早晚两期, 早期为太古代花岗岩闪长岩和元古代二长花岗岩, 并经变形变质作用形成了结晶基底岩系; 晚期为中生代构造—岩浆活动期间形成的细晶二长闪长斑岩—中粒二长闪长斑岩—二长斑岩构成的铜石次火山杂岩体(图 1)。

值得指出的是, 由于中生代强烈的地壳运动, 不仅伴有强烈的火山喷发、多期次岩浆侵入活动, 同时伴有大幅度的隆升作用, 差异隆陷明显, 甚至形成典型的掀斜地块, 使得鲁西地区形成了以泰山—鲁山—邹县—临沂地区为中心的幔枝构造。基底构造层主要出露于中部地区, 呈不甚规则的圆

形展布, 其上残留有部分尚未完全拆离剥蚀掉的盖层掀斜地块。以基底构造层为核, 向外依次为呈同心环状展布的古生界、中生界、新生界。中、新生界分布零星, 且多表现为断陷盆地中的箕状沉积。断裂构造亦以明显的环状和放射状展布为特征^[4], 同心环状断裂向外缓倾为主, 放射状断裂面以陡倾为主, 且两者相互切错, 表明两组断裂为同应力场、同构造期的产物^[4]。铜石隆起是鲁西幔枝的一个次级隆起构造, 它不仅具有很好的代表性, 同时, 还有明显的成矿控矿作用, 这里仅以磨坊沟式金矿为例加以简述。

2 矿床地质特征

磨坊沟式金矿, 主要展布在梨方沟、东大湾、磨坊沟、郝家山头、刘家庄北岭一带, 赋矿地层为下寒武统白云岩化灰岩、微细晶灰岩及白云岩。矿体呈层状、似层状展布, 矿层厚一般为 3~10 m, 在有其他方向的断裂交汇处, 矿层往往变厚, 品位变富。总体上看, 矿体主要展布在主拆离带之上的次级拆离带中, 一般距寒武系与基底太古宙花岗岩片麻岩之间拆离带(早期为不整合, 作为构造薄弱面, 燕山期被拆离带所利用和改造) 20~30 m。由于这种类型的金矿研究最早起始于磨坊沟, 故多称磨坊沟式金矿。近年来中国地质调查局安排了专

收稿日期: 2004-05-14; 改回日期: 2004-11-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(40272088)和中国地质调查局地质大调查项目(200110200038)资助。

作者简介: 牛树银, 男, 1952 年生, 教授, 主要从事构造地质与构造成矿的教学和科研工作; E-mail: niusy@sjzue.edu.cn。

项区域地质大调查, 近期重点研究区主要集中在磨坊沟、梨方沟—东大湾两个矿区。

2.1 矿体特征

磨坊沟金矿共圈定了两个金矿体, 其中 I 号矿体长 340 m, 厚 0.60~4.80 m, 平均厚度 2.82 m; 金品位 1.09×10^{-6} ~ 25.21×10^{-6} , 金品位平均为 11.57×10^{-6} , 矿体产状与岩层产状基本一致, $325^{\circ}\sim35^{\circ}\angle8^{\circ}\sim20^{\circ}$, II 号矿体长 200 m, 厚 1.20~3.20 m, 平均厚度 2.05 m; 金品位 1.64×10^{-6} ~ 12.88×10^{-6} , 平均为 4.54×10^{-6} [2]; 矿体产状亦与含矿岩层产状一致, $10^{\circ}\sim20^{\circ}\angle8^{\circ}\sim20^{\circ}$ 。

梨方沟—东大湾金矿矿体呈似层状, 矿体长 634 m, 实测厚度 4.8 m, 金品位 2.19×10^{-6} ~ 7.24×10^{-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, $270^{\circ}\sim290^{\circ}\angle5^{\circ}\sim15^{\circ}$ (图 2)。

就总体变化而言, 磨坊沟式金矿含矿层中金矿化普遍, 但金品位变化较大。变化的规律与含矿岩石的破碎程度、裂隙的发育程度及蚀变强弱程度呈正相关关系。

矿石的结构有粒状结构、微晶结构、泥质结构、交代残余结构、交代环边结构和星点状结构等。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。

矿石中的金矿物主要有自然金、碲金银矿、银金矿 3 种。金矿物颗粒细小, 粒径多数介于 0.005~0.05 mm。伴生金属矿物主要为黄铁矿、方铅矿、闪锌矿等。脉石矿物主要有方解石、白云石、石英、萤石、绢云母等[1]。

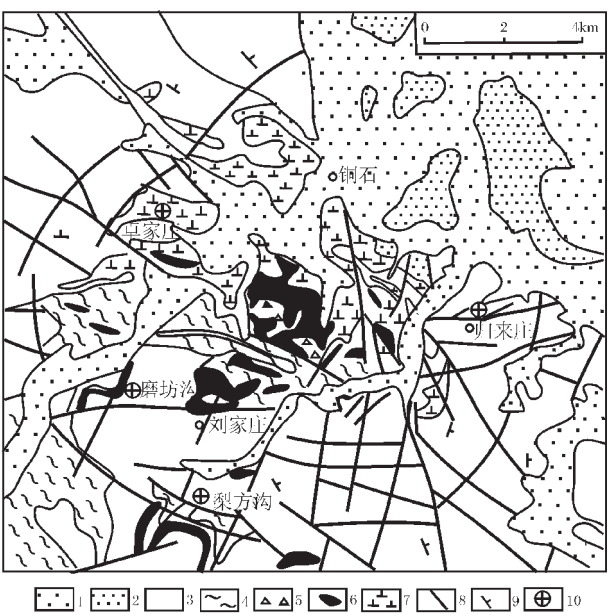


图 1 铜石地区地质构造简图[4]

- 1—新生界; 2—中生界; 3—古生界; 4—太古界基底岩系;
5—隐爆角砾岩; 6—二长—正长质岩类; 7—二长—闪长质岩类;
8—断层; 9—地层产状; 10—矿床

Fig. 1 Structural sketch map of the Tongshi area [4]

- 1—Cenozoic; 2—Mesozoic; 3—Paleozoic; 4—Archean basement;
5—Cryptoplastic breccia; 6—Monzonitic-syenite rocks;
7— Monzonitic-diorite rocks; 8—Fault; 9— Attitude of strata; 10—Deposit

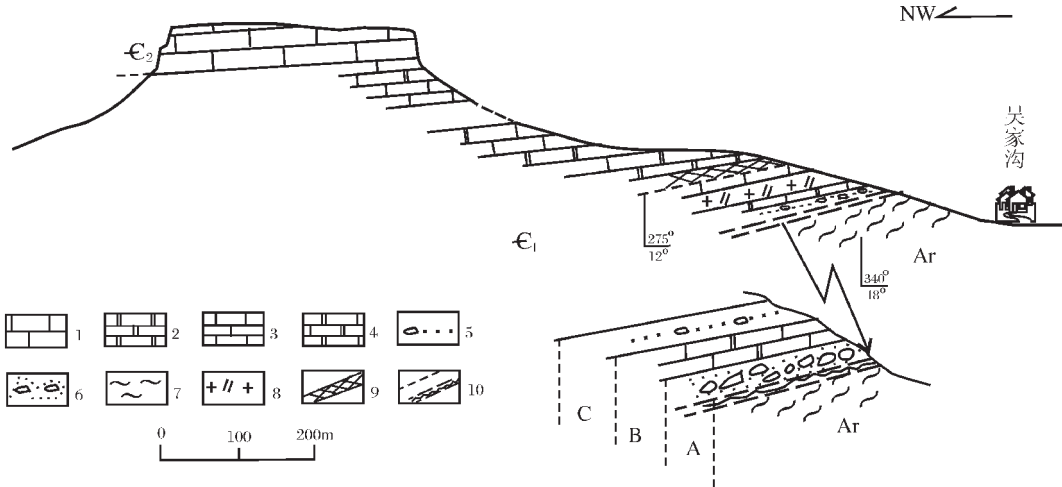


图 2 梨方沟次级拆离带型金矿地质剖面图

- 1—厚层灰岩; 2—白云岩; 3—灰岩; 4—白云岩化灰岩; 5—含砾粗砂岩; 6—底砾岩; 7—结晶岩系; 8—中生代二长斑岩;
9—硅化、方解石化、萤石化金矿体; 10—主、次级拆离滑脱带; ϵ_2 —中寒武统; ϵ_1 —下寒武统;
Ar—太古宇; A—下寒武系底砾岩, 与基底变质岩系之间为韧性剪切带; B—中薄层白云岩化灰岩; C—含砾粗砂岩

Fig.2 Geological section of the Lifanggou gold deposit occurring in a secondary detachment zone

- 1—Thick-bedded limestone; 2—Dolomite; 3—Limestone; 4—Dolomitized limestone; 5—Pebble-bearing grit; 6—Basal conglomerate; 7—Crystalline rock series; 8—Mesozoic monzonite porphyry; 9—Silicified, calcitized and fluoritized Au orebodies; 10—Main and secondary detachment zones;
 ϵ_2 —Middle Cambrian; ϵ_1 —Lower Cambrian; Ar—Archean; A—Lower Cambrian Basal conglomerate a ductile shear belt lying between it and the basal metamorphic series; B—Medium and thin-bedded dolomitized limestone; C—Pebble-bearing grit

表 1 鲁西铜石地区磨坊沟金矿床及围岩碳氧氢同位素测试结果

Table 1 Carbon, oxygen and hydrogen isotope data of Mofanggou gold deposits and country rocks in Tongshi, west Shandong

样品编号	样品名称	样品来源	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}/\text{‰}$	$\delta\text{D}_{\text{SMOW}}/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}/\text{‰}$	$t/^\circ\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{水}}/\text{‰}$
Df-1-1	方解石	梨方沟金矿	-3.7	-65	19.3	181	8.7
Df-3	方解石	梨方沟金矿	-7.3	-63	20.7	181	10.1
Df-4-2	方解石	梨方沟金矿	-6.6	-67	21.2	181	10.6
Df-8	方解石	梨方沟金矿	-3.1	-	20.1	181	9.5
Df-k-s	方解石	梨方沟金矿	-0.2	-70	18.4	181	7.8
Mf-3-1	方解石	磨坊沟金矿	-5.9	-	21.5	181	10.9
Zhs-1	石 英	卓家庄金矿	-	-70	22.2	161	6.9
Df-h-1	石灰岩	梨方沟围岩	1.5	-	23.3		
Df-h-2	石灰岩	梨方沟围岩	1.8	-	24.9		

注:由中国地质科学院矿产资源研究所同位素实验室测试。

围岩蚀变为高岭石化、黄铁绢英岩化、方解石化、萤石化等。成矿主要经历了石英-黄铁矿、多金属硫化物、金-碲化物 3 个阶段。金矿物主要呈微细浸染状包含于石英集合体中,少部分呈星点状散布于石英与方解石或白云石晶体间。金矿的形成主要与黄铁绢英岩化有关。

2.2 地球化学特征

磨坊沟金矿中黄铁矿含量较少,且颗粒细小,多数在 0.002~0.05mm 之间,较难获得硫同位素数据。林景仟等^[4]对硅化碳酸岩化二长闪长斑岩、火成角砾岩及矿化白云岩中的黄铁矿进行了测定,9 个样品的 $\delta^{34}\text{S}$ 值介于-0.71‰~2.990‰之间。

铜石地区金矿床中发育有大量的方解石脉,它们多数呈细脉状或网脉状穿插于矿层中,并与硅化黄铁矿化伴生,蚀变方解石、石英和黄铁矿一起构成了区内矿床中重要的载金矿物^[5]。由于石英的粒度极细,不易分离,工作中选择了方解石进行稳定同位素的分析和流体包裹体研究。

本次研究共测试金矿碳氧氢同位素样品 7 件(其中方解石 6 件,石英 1 件),结果见表 1。梨方沟金矿 5 件方解石的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 值为-0.2‰~-7.3‰,平均-4.2‰; $\delta\text{D}_{\text{SMOW}}$ 为-63‰~-70‰,平均-66‰; $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值为 18.4‰~21.2‰,平均 19.9‰。磨坊沟金矿 1 件方解石的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 值为-5.9‰, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值为 21.5‰,未检测出氢同位素含量。卓家庄金矿 1 件石英的 $\delta\text{D}_{\text{SMOW}}$ 为-70‰, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值为 22.2‰。另外,本次研究还测试了梨方沟金矿 2 件石灰岩围岩样品的碳氧同位素,其结果一并列于表 1 中。

2.3 成矿物质来源

鲁西平邑磨坊沟金矿田中 $\delta^{34}\text{S}$ 值介于-0.71‰~2.990‰之间,与东坪金矿的成矿溶液总硫同位素组成($\delta^{34}\text{S}_{\Sigma\text{S}}=1.85\text{‰}$)、小营盘金矿的成矿溶液总硫同位素组成($\delta^{34}\text{S}_{\Sigma\text{S}}=0\pm 3\text{‰}$)较为接近^[6-7]。而铜石杂岩体的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 0.7012~0.7024,显示了铜石杂岩体和矿石中硫有着共同的地幔来源。

磨坊沟金矿 $\delta\text{D}_{\text{SMOW}}$ 在-63‰~-70‰之间。Ohmoto^[8]认为岩浆流体的氢同位素值在-40‰~-80‰之间;因此,从氢同位素结果看,成矿流体中可能有岩浆热液的贡献。磨坊沟金矿的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值较高,达 18.4‰~22.2‰,略低于围岩碳酸盐岩的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值,根据蚀变矿物方解石和石英的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值计

算梨方沟、磨坊沟和卓家庄金矿区方解石和石英的 $\delta^{18}\text{O}$ 水值较高,在 6.9‰~10.9‰之间,高于 Sheppard^[9]界定的岩浆水(5.5‰~9.5‰)范围。矿区围岩灰岩中 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值为 23.3‰~24.9‰,与世界其他地区海相碳酸盐岩 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值基本相同^[10],表现出富 $\delta^{18}\text{O}$ 的特征。张理刚^[11]指出,经水/岩反应后热液的氧同位素组成取决于被交换岩石(主岩)的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 的含量,如主岩为富含 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 灰岩,被交换后热液则富含 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 。实际上,许多产于碳酸盐岩地层中的金属或非金属矿床,其

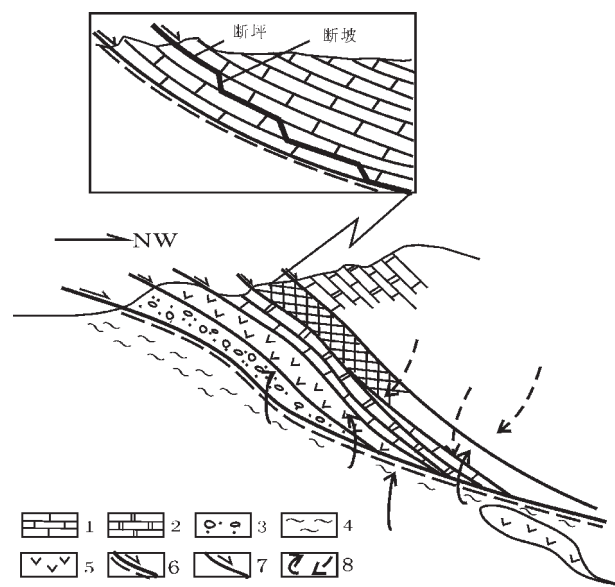


图 3 磨坊沟式拆离带型金矿成矿模式图

1—古生界灰岩;2—古生界白云岩;3—寒武系底部砾岩;
4—基底变质岩系;5—二长斑岩;6—主要拆离滑脱带;
7—次要拆离滑脱带;8—含矿流体与大气降水流动方向

Fig.3 Metallogenic model of Mofanggou style detachment zone gold deposits

1—Paleozoic limestone;2—Paleozoic dolomite;3—Cambrian basal conglomerate;4—Basement metamorphic series;5— Monzonitic porphyry;
6— Main detachment zone;7— Secondary detachment zone;
8—Flow direction of ore-bearing fluids and meteoric water

$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值均具有较高的特点。如湘黔铜仁地区汞、锑矿中的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值在 18.0‰~23.0‰ 之间, 北美洲不列颠哥伦比亚 Bluebell 铅锌矿床和加利福尼亚海岸山脉的许多汞矿床, 也具有相似的特点, 虽然这些矿床成矿流体的来源可能与鲁西平邑磨坊沟金矿床不尽相同, 但水/岩反应的结果使蚀变矿物的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值大幅升高是不争的事实。由于磨坊沟金矿围岩为寒武系碳酸盐岩石, 因此蚀变矿物方解石和石英中较高的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 值可解释为成矿流体和碳酸盐围岩同位素交换的结果。

因此, 磨坊沟金矿硫同位素研究表明成矿流体来源于地幔, 碳、氢、氧同位素结果则显示有较多的大气水混入。

3 矿床成因探讨

华北地块经历了漫长的稳定地台型演化之后, 自燕山运动以来进入了地幔柱演化阶段。由于华北地幔亚柱呈蘑菇状向外围扩展, 加之地幔位势差的存在, 使岩石圈深部地幔物质可通过上地幔顶部幔壳过渡带、中地壳低速带(韧性流变拆离带)等向外围方向拆离流变。而这些低速软层一旦被持续活动的陡倾韧性剪切带所切割, 加之之剪切带造成的减压释荷作用, 便可导致原本具有一定熔融性质的低速软化物质转变为深熔岩浆源, 并可沿陡倾韧性剪切带上侵, 甚至通过浅部脆性断裂直达地表, 导致火山喷发。岩浆演化的总体趋势为从偏基性→偏中性→偏酸性→偏碱性演化。岩浆侵位深度由深成→浅成→超浅成演化。或者说随着成岩时序的演变, 总体演化趋势是岩石的基性程度由高变低, 成岩深度由深变浅, 围岩蚀变由强变弱, 构成完整的侵入旋回^[4]。强烈的构造-岩浆活动带动围岩一起上隆, 盖层围岩则大幅度向外拆离滑脱, 以至于形成典型的幔枝构造^[12]。

幔枝构造核部岩浆-变质杂岩的隆升往往引起盖层向外围正向拆离带的发育。拆离带最早是作为变质核杂岩的组成部分提出的, 特指核部岩浆-变质杂岩与外围盖层之间的正向断层^[13](在文献中, 这种断层有多种译法, 如拆离带、拆离断层、滑脱断层、剥离断层、滞后断层、低角度正断层、韧性正滑剪切带等。其中拆离带含义更明确, 故本文采用此名), 现在被广泛运用于伸展体制下, 核部隆起与外围盖层间的正向拆离带, 可划分为主、次级拆离带。主拆离带特指变质基底岩系与上盘盖层之间的拆离带, 次级拆离带是指主拆离带上盘或下盘地层中沿薄弱面发育的拆离带, 这些拆离带往往发育在主拆离带上、下盘一定距离内, 多呈组分布, 是隆坳之间的耦合带。

拆离带与外围盖层产状相近时, 拆离带往往沿地层中的某个薄弱面滑动, 然后在一定距离内向下斜切地层, 进入下一个薄弱面, 沿这个薄弱面滑动一定距离后, 再次斜切进入下一个薄弱面。顺层滑动段称断坪, 斜切地层段叫断坡(图 3 上部示意图)。

磨坊沟式金矿是中生代地幔柱多级演化特定时空背景

的产物。容易挥发的 Au、Se、Te 等成矿物质呈气态随地幔柱—地幔亚柱一起上升到壳幔边界, 并随沿壳幔边界向外拆离流变的地幔物质一起向外围运移, 同时伴生大规模的碱交代作用, 加之之岩浆的多次抽提, 使成矿物质进一步富集。富含 Au、Se、Te 等的成矿流体沿深、浅层次的拆离滑脱带向上运移, 并可在有利的成矿扩容空间成矿。鲁西地区发育深、浅两个层次的拆离滑脱构造。浅层次沿太古宇变质基底岩系与寒武系之间的拆离带发育, 深层次拆离带则沿中地壳低速层发育^[14]。磨坊沟式金矿就是产在太古宇变质基底岩系与寒武系间拆离滑脱带之上的次级拆离带之中(图 3)。至于成矿为什么沿次级拆离带发育, 则与含矿流体的迁移及断裂的发育特征有关。一般情况下, 如果幔枝构造外围拆离带上盘是同倾向的沉积盖层, 那么, 拆离带在发育过程中, 往往就会发育陡倾切层的断坡和顺层滑动的断坪相间排列(图 3)。成矿过程中由于有一定的覆盖, 含矿流体在一定温、压条件下往往会沿裂隙向上运动, 并沿次级拆离带聚集成矿。如果次级拆离带有其他方向的裂隙发育, 则容矿空间变大, 矿化变富。

总之, 地幔柱多级演化是金向上迁移的主要动力和途径, 矿质迁移的通道则依次为华北地幔柱—地幔亚柱—鲁西幔枝构造中深、浅层次的滑脱构造和层间次级拆离滑脱带。当含矿流体向上迁移到地壳上部适宜温、压条件时, 便会在有利构造扩容带(如拆离带)中积聚、成矿。

致谢: 感谢山东省国土资源厅、山东省地质调查院、山东省科学研究院及第二地质勘査院所给予的热情支持。

参考文献(References):

[1] 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. 1~160.

Lin Jingqian, Tan Dongjuan, Yu Xuefeng, et al. Genesis of Guilaizhuang Gold Deposit of Western Shandong[M]. Jinan: Shandong Science and Technology Press, 1997. 1~160 (in Chinese with English abstract).

[2] 徐金芳, 于学峰, 唐好生. 鲁西下寒武统层状金矿[J]. 山东地质, 2000, 16(2): 9~16.

Xu Jinfang, Yu Xuefeng, Tang Haosheng. Geological characteristics of Mofanggou type gold deposit — The Lower Cambrian bedded gold deposits in west Shandong [J]. Geology of Shandong, 2000, 16(2): 9~16(in Chinese with English abstract).

[3] 金振奎, 刘泽容, 石占中. 鲁西地区断裂构造类型及其形成机制[J]. 石油大学学报, 1999, 23(5): 1~5.

Jin Zhenkui, Liu Zerong, Shi Zhanzhong. Types and genetic mechanism of fault in Western Shandong[J]. Journal of the University of Petroleum, 1999, 23(5): 1~5(in Chinese with English abstract).

[4] 牛树银, 胡华斌, 毛景文, 等. 鲁西地区地质构造特征及其形成机制[J]. 中国地质, 2004, 31(1): 34~39.

Niu Shuyin, Hu Huabin, Mao Jingwen, et al., Features and formation mechanism of geological tectonic in west Shandong[J]. Geology in China, 2004, 31(1): 34~39 (in Chinese with English abstract).

- [5] 刘广哲. 归来庄金矿床中金矿物与载金矿物的标型意义[J]. 山东地质, 1994, 10(2): 57~65.
Liu Guangzhe. Typomorphic significance of gold minerals and gold-carrying minerals in the Guilaizhuang gold deposit in Pingyi, Shandong[J]. Geology of Shandong, 1994, 10(2): 57~65 (in Chinese with English abstract).
- [6] 王宝德, 牛树银, 孙爱群, 等. 冀北地区中生代金银多金属矿床成矿物质来源和深部过程探讨[J]. 地质学报, 2003, 77(3): 379~386.
Wang Baode, Niu Shuyin, Sun Aiqun et al. Source of ore-forming material of Mesozoic Au-Ag polymetallic deposits in North Hebei Province and restriction of deep process[J]. Acta Geologica Sinica, 2003, 77(3): 379~386 (in Chinese with English abstract).
- [7] 江思宏, 聂凤军. 河北小营盘与东坪金矿地质地球化学特征对比及矿床成因探讨[J]. 黄金地质, 1998, 4(4): 12~24.
Jiang Sihong, Nie Fengjun. A comparison study on geological and geochemical features and ore genesis of the Xiaoyingpan and Dongping gold deposits, Hebei[J]. Gold Geology, 1998, 4(4): 12~24 (in Chinese with English abstract).
- [8] Ohmoto H. Stable isotope geochemistry of ore deposits[J]. Rev. in Mineral, 1986, 16: 491~559.
- [9] Sheppard S M F. Characterization and isotopic variations in natural waters[J]. Rev. in Mineral, 1986, 16: 165~183.
- [10] Keith M L, Weber J N. Carbon and oxygen isotopic composition of selected limestones and fossils[J]. Geochim. Cosmochim. Acta, 1964, 28: 1787~1816.
- [11] 张理刚. 同位素在地质科学中的应用[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1983. 1~267.
Zhang Ligang. Application of Stable Isotope to Geology[M]. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Publishing House, 1983. 1~267.
- [12] 牛树银, 李红阳, 孙爱群, 等. 幔枝构造理论与找矿实践[M]. 地震出版社, 2002. 1~243.
Niu Shuyin, Li Hongyang, Sun Aiqun, et al. Mantle Branch Structure Theory and Exploration Practice [M]. Beijing: Seismological Press, 2002. 1~243 (in Chinese with English abstract).
- [13] Davis C A, Lister G S. Detachment faulting in continental extension: Perspectives from the Southwestern U.S. Cordillera[J]. Geological Society of America Special Paper, 1988, 218.
- [14] 燕守勋, 王桂梁, 邵震杰, 等. 鲁西地壳隆升的伸展构造模式[J]. 地质学报, 1996, 70(1): 1~11.
Yan Shouxun, Wang Guiliang, Shao Zhenjie, et al. Extensional tectonic model of crustal elevation in western Shandong[J]. Acta Geologica Sinica, 1996, 70(1): 1~11 (in Chinese with English abstract).

Ore deposition controlled by detachment zones: A case study of Mofanggou style gold deposits in western Shandong

NIU Shu-yin¹, HU Hua-bin^{1,2}, MAO Jing-wen^{2,3}, SUN Ai-qun¹, WANG Bao-de¹, Liu Tao⁴

(1. Shijiazhuang College of Economics, Shijiazhuang 050031, Hebei, China;

2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

3. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;

4. No. 2 Institute of Geology and Mineral Exploration of Shandong, Yanzhou 272100, Shandong, China)

Abstract: Mofanggou style gold deposits refer to gold telluride deposits occurring in calcareous dolomite and dolomitic limestone in the Early Cambrian Zhushadong Formation in the Tongshi area, western Shandong. According to recent geological exploration, the horizon of the orebodies is relatively persistent and widespread, with relatively continuous mineralization. Deposits of this style have great resource potential and ore prospects. The notable wall-rock alteration types include pyritization-sericitization-silification, kaolinization, calcitization and fluoritization. The formation of gold telluride deposits is closely related to pyritization-sericitization-silification. The favorable structural sites for forming this style of deposit are the core region of the western Shandong mantle branch and secondary detachment zones above the main detachment zone between the Archean crystalline basement and Cambrian covers surrounding the Tongshi uplift. Ore-forming materials were derived from a deep source (the mantle) and the emplacement of orebodies is controlled by the main and secondary detachment zones. As the secondary detachment zones are distributed parallelly to bedding, the orebodies show the stratiform feature.

Key words: mantle branch; mantle plume; gold telluride deposit; mineralization; ore-controlling structures; Tongshi, western Shandong

About the first author: NIU Shu-yin, male, born in 1952, professor, engages in teaching and scientific research on tectonics and its related mineralization; E-mail: niusy@sjzue.edu.cn.