

· 矿床地质 ·

蒙阴县埠洼金矿床地质特征及成因

臧学农 吴清国

(山东省第七地质矿产勘查院)

提要 埠洼金矿产于泰山(岩)群TTG岩系中,赋存于中浅层次韧性、韧-脆性剪切带内,矿体呈右行侧列式透镜体分布,成矿物质及热液主要来源于泰山(岩)群绿岩地层,其 $\delta^{18}\text{O}$ 值为5.40‰~8.98‰, $\delta^{34}\text{S}$ 值为2.05‰~4.06‰,该矿床的成矿作用与韧性剪切变形变质导致动力分异作用密切相关,赋矿空间为韧-脆性剪切作用形成的扩容带。

关键词 绿岩地层 TTG岩系 韧-脆性剪切带 动力分异作用 埠洼金矿

蒙阴县埠洼金矿位于山东省蒙阴县常马乡埠洼—红喜庄一带,属蒙山断块凸起的中部。是继泰安西南峪金矿之后,在鲁西雁翎关—盘车沟花岗岩-绿岩成矿带上发现的又一同类型金矿床(图1)。

1 成矿地质背景

1.1 绿岩地层

鲁西地区泰山(岩)群与国外标准绿岩序列相似,为较典型的绿岩组合。泰山(岩)群由下部的超镁铁质-镁铁质火山岩系和中部的钙碱性火山岩、长英质火山岩系列和上部的碎屑岩组合、含铁建造等组成。矿区主要发育该(岩)群中上部的山草峪组和柳杭组,其中山草峪组为一套碎屑岩、浊积岩的低角闪岩相变质岩组合,主要岩石类型为变粒岩、浅粒岩、磁铁石英岩等;柳杭组则为以基性火山碎屑岩、杂砂岩、浊积岩交互沉积为特征的低角闪岩相-绿片岩相变质岩组合,主要岩石类型为斜长角闪岩、滑石透闪片岩、绿泥阳起片岩、变粒岩、浅粒岩、磁铁石英岩等。

泰山(岩)群呈NW向条带状分布于矿区北部,倾向SW,倾角60~80°;呈单斜状产出,矿床周围则呈残留体散布于花岗岩中。绿岩地层各类岩石中金丰度普遍较高,其中斜长角闪岩、磁铁石英岩等金丰度值平均为 30×10^{-9} ~ 50×10^{-9} ,为地壳金丰度的十几倍(表1)。绿岩地层金丰度值较高无疑是判别矿源层的一个重要标志。

1.2 构造

区内与成矿作用关系密切的构造是NW向多期次、多层次叠加的韧性剪切构造带,包括早期中深层次的台上-埠洼韧性剪切带和叠加其上的超浅层次赋矿脆-韧性剪切带(绢云石英片岩带)。

台上-埠洼韧性剪切带发育于埠洼、台上、盘车沟一带,走向 300° ;长约20km,宽1500~2000m,带内片麻岩普遍发育有糜棱岩化,以变晶糜棱结构为其特征,反映了早期中构造相的韧性剪切变形变质作用。剪切带中心(台上)叠加了浅层次的韧性剪切变形带(糜棱岩带和超糜棱岩带),并被同方向断裂构造破坏。

剪切带内的岩浆岩体和地层体均具有较高的金丰度值,如台上糜棱岩带金的含量可达 100×10^{-9} 以上,表明早期韧性剪切带对金进行了初始的富集作用。

绢云石英片岩带则属超浅层次含矿韧-脆性剪切构造带,为位于浅层次糜棱岩带之上,介于糜棱岩带和脆性断裂之间的脆-韧性变形带,实为一过渡带。该剪切带叠加于台上-埠洼韧性剪切带之上,经埠洼、沙沟峪沿 290° ~ 300° 方向呈断续透镜状右行侧列式展布。

绢云石英片岩带具明显的构造分带:中心为绢云石英片岩,向两侧为规模不等(0.5~1m)的细纹糜棱岩,并逐渐过渡到围岩。带内发育有韧性、脆-韧性变形构造形迹,如密集滑劈理揉皱、矿物拉伸线理、云母鱼、糜棱岩等,并发育有黄铁矿化、钾化、硅化等矿化蚀变。

1.3 岩浆岩

鲁西地区花岗岩-绿岩带主体为TTG花岗岩组合^[1],区内主要发育晚太古代片麻状英云闪长岩(L τ_0),它为赋矿岩系绢云石英片岩的原岩和矿体围岩。绢云石英片岩为英云闪长岩超浅层次韧-脆性剪切动力分异作用的产物。

2 矿床地质特征

2.1 矿床蚀变带特征

埠洼金矿属构造蚀变岩型金矿床,其矿化蚀变特征明显,蚀变类型复杂,由矿体中心至围岩具分带现象。

中心带:为含矿蚀变带,由绢云石英片岩组成,宽0.2~2m,主要矿化蚀变为绢云母化(多硅白云母)、黄铁矿化(团块状、条带状)、黄铜矿化、硅化及银金矿化等。

糜棱岩带:为细纹糜棱岩带,一般较窄,宽0.1~1m,主要蚀变为绢云母化(丝绢状)、黄铁矿化、帘石化、钾化等。

钾化带:仅局部发育,为无矿蚀变带,由0.1~0.5m宽的细晶钾长石和伟晶钾长石组成,并发育电气化和碳酸盐化,与围岩呈渐变过渡关系。

埠洼金矿虽然蚀变范围不大,但蚀变作用较强,与金矿成矿关系密切。特别是黄铁矿化,从矿体边部到中心,黄铁矿由浸染状细晶变为条带状、团块状,蚀变作用增强。金矿化的规模和强度与之呈正相关,蚀变最强的中心部分往往是最好的赋矿部位。

2.2 矿体地质特征

2.2.1 矿体产状及规模

埠洼金矿床发育于片麻状英云闪长岩(L τ_0)中,总体走向 295° ~ 320° 。地表共发育五条矿脉,呈右行侧列式沿走向展布,断续延伸2000m左右。矿脉单脉长50~300m,宽0.2~4m,倾向SW,倾角 60° ~ 70° ;形态呈饼状、透镜状,并呈叠瓦状列布(图2),金矿体主要特征见表2。

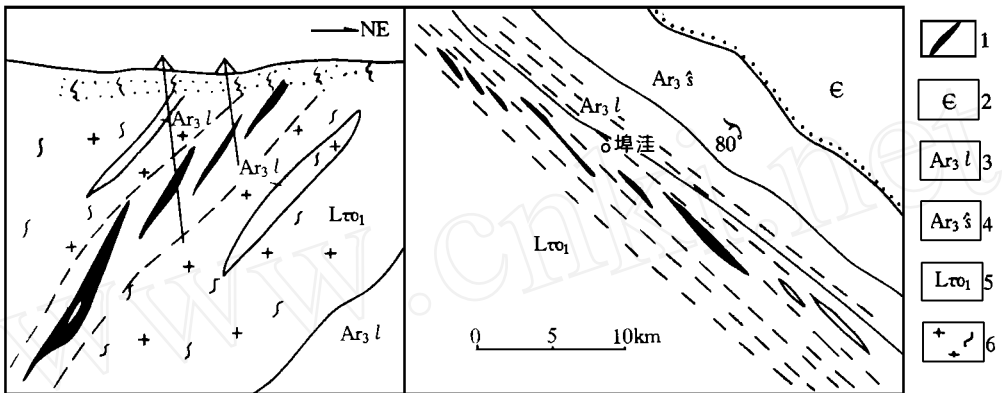


图2 埠洼金矿床平面及剖面分布示意图

Fig. 2 Plane and profile of Buwa gold deposit

1—金矿脉; 2—寒武系; 3—泰山(岩)群柳杭组; 4—泰山(岩)群山草峪组; 5—英云闪长岩; 6—片麻状花岗岩

表2 埠洼金矿床矿体特征

Table 2 Characteristics of Buwa gold deposit

矿体编号	产 状			规 模 (m)				品 位 (10 ⁻⁶)		
	走 向	倾 向	倾 角	延 长	延 深	厚 度 变化	平均 厚度	品位 变化	平均 品位	峰 值
I	300°	210°	57°	100	15	0.5~1.0	0.7	1.13~3.80	2.60	3.80
II	295~320°	205~230°	65~71°	300	15	0.4~1.1	0.8	1.39~17.00	5.10	40.00
III	300°	210°	60°	200	10	0.4~1.0	0.7	1.20~17.10	3.91	25.00
IV	295°	205°	53~71°	210	>40	0.6~3.4	1.3	1.37~98.72	11.96	250.00
V	300°	210°	65°	200	20	0.2~0.9	0.6	2.50~11.21	6.55	16.30

2.2.2 矿石类型

矿体矿石类型为黄铁绢云石英片岩型(地表黄铁矿多褐铁矿化),其次为角闪片岩型,矿物组合为绢云母、石英、斜长石、电气石、绿帘石、方解石等,矿石矿物为黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿、钛铁矿、银金矿等,有益组分主要为金,伴生组分为银。

矿石具晶粒结构、鳞片变晶结构、交代残余结构,浸染状、斑点状、块状构造。

金主要以长角粒状、浑圆状、叶片状等自然形态赋存于石英、绢云母、黄铁矿等矿物晶隙中,细粒~微细粒为主,金品位为1.5~20g/t,其中IV号矿脉平均品位11.9g/t。银主要赋存于银金矿中。

2.3 矿化富集规律

矿床共五条矿脉,虽然矿体规模各不相同,但金矿化有一定的富集规律。

(1) 金品位随矿体深度、宽度的增大而增高:地表工程和钻孔采样分析结果表明,随着

金矿体深度的增大, 矿石品位呈增高趋势, 如IV号矿脉, 地表平均品位为 5g/t, 20m 处为 8g/t, 40m 处增至 20g/t; 矿脉宽度的增大亦使金品位呈增高趋势, 矿脉局部膨胀或交汇部位, 往往是金矿化的有利部位, 而小于 0.5m 的细脉金品位一般很低。

(2) 金品位随黄铁矿性状变化而变化: 黄铁矿是该金矿床重要的蚀变矿物。研究发现, 含有颗粒粗大、金黄色黄铁矿(呈团块状或条带状)的矿石, 含金性较好; 而含黄白色黄铁矿(呈细粒浸染状)的矿石含金性则差。另外, 从矿脉中心到围岩, 黄铁矿晶形由他形过渡为自形, 矿石金含量也随之降低。

(3) 赋矿围岩对金矿化的影响: 金矿体围岩为英云闪长岩时, 矿体的蚀变岩石为绢云石英片岩, 含矿性较好; 围岩为斜长角闪岩(包体)时, 蚀变的斜长角闪片岩则不利于矿化富集, 金品位一般较低。

3 控矿因素

埠洼金矿成矿地质背景与加拿大赫姆洛金矿床相似, 形成于特定的地质构造环境, 主要控矿因素为绿岩带和韧性剪切带。

3.1 层控性

矿体发育于绿岩地层上部, 位于花岗岩与绿岩地层接触蚀变带南侧约 200m 处, 其展布严格受绿岩带限制, 直接控制矿体发育的绿岩地层为柳杭组。

柳杭组位于泰山(岩)群上部, 是一套以基性火山碎屑岩和杂砂岩、浊积岩交互沉积为特征的低角闪岩相—绿片岩相变质岩组合。泰山期多旋回的火山喷发作用, 在其后期的岩浆及热液中聚集了大量的金、银元素, 柳杭组的部分岩石即由这样的火山喷发物组成, 这就为金的再富集储备了矿源, 从而控制了埠洼金矿的形成。而山草峪组为一套陆相碎屑沉积, 其中的磁铁石英岩金丰度虽然也较高, 但由于规模较小, 因此未能起到层控作用。

3.2 韧性剪切带控矿

韧性剪切带对金矿床的形成至关重要^[2]。埠洼金矿的成矿作用与多期次、多阶段韧性剪切热动力条件密切相关, 即从早期的中深层次韧性剪切带到后期的浅层次韧性剪切带, 金由分散状态经活化、迁移并逐渐集中, 最终在有利的成矿部位(脆—韧性扩容空间)富集成矿。因此, 韧性剪切构造是埠洼金矿重要的控矿因素。

4 矿床成因分析

4.1 绢云石英片岩的成因

关于赋矿岩石绢云石英片岩的成因, 目前尚存在分歧意见。笔者认为绢云石英片岩是由英云闪长岩经超浅层次韧性剪切变质变形作用改造形成的, 为动力分异作用的产物, 依据如下:

(1) 绢云石英片岩与其围岩英云闪长岩呈渐变过渡关系, 从中心到边部具明显的构造分带现象;

(2) 稀土元素分析资料证实, 绢云石英片岩与其围岩英云闪长岩的稀土分布形式相

似,只是由于动力分异作用的改造,才使稀土元素进一步分馏,从而导致绢云石英片岩的La/Yb比值低于英云闪长岩(表3),而绢云石英片岩与泰山(岩)群变质火山碎屑岩的稀土分布形式则有显著的差别;

表3 含金绢云石英片岩及其围岩的稀土元素含量(10^{-6})及有关参数

Table 3 Analysis result of rare earth elements from gold-bearing sericite-quartz schist and countryrock (10^{-6}) and parameters related

岩石名称		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
英云闪长岩		41.9	80.7	9.40	34.1	6.10	1.50	3.80	0.42	2.20	0.40
斜长角闪岩		131.0	90.6	12.10	46.1	7.20	1.40	5.10	0.67	3.50	0.66
含金绢云石英片岩	X ₁	50.9	83.4	8.15	37.6	6.31	2.05	3.81	0.38	2.54	0.36
	X ₂	43.2	70.2	7.12	34.0	5.64	1.45	3.06	0.32	2.02	0.32
	平均	47.05	76.8	7.63	35.8	5.98	1.75	3.44	0.35	2.28	0.34
岩石名称		Er	Tm	Yb	Lu	Y	LREE	HREE	Σ REE	La/Yb	LREE/HREE
英云闪长岩		1.30	0.08	0.88	0.12	10.60	173.70	19.88	193.58	47.60	8.74
斜长角闪岩		2.30	0.27	1.60	0.24	18.90	288.40	33.24	321.64	81.87	8.67
含金绢云石英片岩	X ₁	0.96	0.14	0.78	0.12	8.14	188.41	17.23	205.64	65.30	10.93
	X ₂	0.91	0.12	0.66	0.10	7.16	161.61	14.67	176.28	65.40	11.02
	平均	0.94	0.13	0.72	0.11	7.65	175.01	15.95	190.96	65.35	10.97

(3)综合鲁西地区已有的绢云石英片岩同位素测年资料,其同位素年龄值为1600~1700Ma,矿床单矿物K-Ar同位素年龄值为1699Ma,这一时限恰与早元古代末吕梁构造运动的地质年代相吻合。吕梁运动发生在大规模岩浆侵位已经结束,基底已基本固结之后,绢云石英片岩形成的地质构造环境与之相似。

4.2 成矿流体来源

根据埠洼金矿成矿阶段石英包体及黄铁矿颗粒的氧、硫同位素测试结果(表4),对比有关经验资料,得出成矿流体主要来源于泰山(岩)群地层,部分来源于地表。

矿石中石英包体氧同位素 $\delta^{18}O$ 为5.40‰~8.98‰,在 $\delta^{18}O-\delta D$ 图解上,落在变质水区,属变质(分泌)水热液系列(图3)。

矿石中的黄铁矿 $\delta^{34}S$ 值为2.05‰~4.60‰,而太古代岩浆岩内 $\delta^{34}S$ 几乎为零(Colvin et al 1984),变质沉积岩中 $\delta^{34}S$ 则为-6‰~+8‰,平均值为+2.5‰(Strauss 1986),因此热液中硫主要应来源于泰山(岩)群绿岩地层。另外,成矿流体中富含Au、Ag、CO₂、H₂O、K⁺等,属钾质碳酸盐型,这与绢云石英片岩近地表处形成的开放体系及天水淋滤有关。

4.3 矿床成矿模式

埠洼金矿主要成生于韧性剪切变形变质成矿作用,可分为三个成矿阶段,其成矿模式见图4。

(1) 早期矿化阶段(早元古代):
中构造相韧性剪切变形变质作用, 使得较大范围的绿岩带具有较高的活化能, 从而使其中的金活化、迁移并进入剪切带, 这样, 剪切带内各类岩石就具有较高的金含量。

(2) 主成矿阶段(1700M a ±):
早期形成的中深层次韧性剪切带, 由于超浅层次韧性剪切变质变形作用的叠加, 产生了新的热动力条件, 致使富集于剪切带和绿岩中的金再度活化, 进入变质热液形成富含矿流体, 并在韧性剪切带内形成了

表4 埠洼金矿床矿体氧、硫同位素组成
Table 4 O and S isotope composition of Buwa gold deposit

样品号	样品名称	$\delta^{18}O \sim SMOW$ (‰)	$\delta^{34}S \sim CDT$ (‰)
1		5.86	2.05
2	绢	6.15	4.18
3	云	8.48	3.20
4	石	8.98	2.90
5	英	7.69	3.74
6	片	5.61	4.60
7	岩	5.40	4.58

注: 表中样品采自三条矿体剖面。

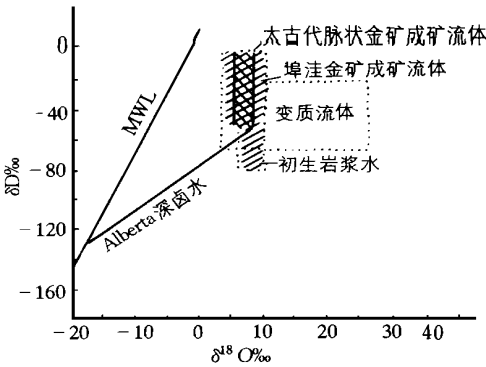


图3 埠洼金矿床 $\delta^{18}O$ ‰- δD ‰同位素组成
(据卢涣章, 略有修改)

Fig. 3 $\delta^{18}O$ ‰ and δD ‰ isotopic composition of the Buwa gold deposit

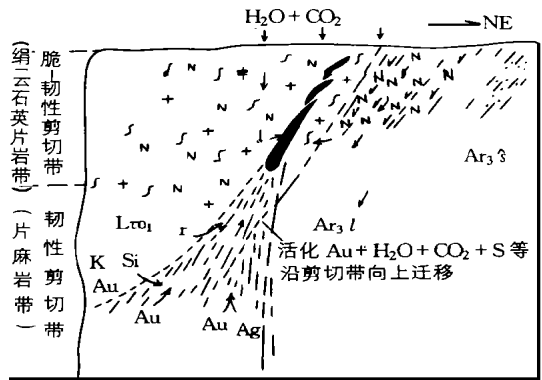


图4 埠洼金矿床成矿模式图

Fig. 4 Mineralization model of Buwa gold deposit
Ar3 1—泰山(岩)群柳杭组; Ar3 3—泰山群山草峪组;
Lr01—英云闪长岩

异常高的水岩比和强大的动力流^[3]。在这一高能封闭体系中, 含金流体携带了Au、Ag、S、K、Fe等成矿物质, 并沿韧性剪切带(矿质运移通道)由下向上运移至地壳浅部超浅层次的脆-韧性剪切带中。其间, 由动力分异而形成的绢云石英片岩, 产生了R、P、D、T等裂隙系统, 因而体系迅速开放, 致使带内温度、压力、浓度等梯度骤降。与此同时, 富含CO₂、H₂O的地表冷的流体因密度差沿断裂或裂隙向下运移至绢云石英片岩带, 并于带内局部膨胀扩容空间富集成矿。构造活动的重复出现使得以上热液循环多次发生, 这样, 剪切带深部的金就源源不断地迁移至绢云石英片岩内沉淀成矿, 直至热动力活动结束。

(3) 表生阶段 矿床经剥蚀而暴露地表, 由于氧化和天水淋滤作用, 形成褐铁矿化氧化矿带。

5 结论

埠洼金矿为发育于新蒙金成矿带上脆-韧性剪切带内的构造蚀变热液型金矿床, 其成矿物质来源于泰山(岩)群绿岩地层, 赋矿岩石绢云石英片岩与英云闪长岩的超浅层次韧性剪切动力分异作用有关, 成矿流体为变质分泌热液和天水共同作用的产物。因此, 鲁西地区寻找此类型金矿床的方向是:

- (1) 绿岩组合上部中浅变质地层(柳杭组)的分布;
- (2) 多期次、多阶段、多层次的韧性剪切带的存在;
- (3) 超浅层次脆-韧性剪切带、绢云石英片岩带的发育。

本文蒙刘长春、宋奠南高级工程师审阅并提出宝贵意见, 撰稿过程中得到朱文兰、李伯萍二同志的大力帮助, 一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 曹国权等. 鲁西早前寒武纪地质. 北京: 地质出版社, 1996
- [2] 李树勋, 刘喜山. 韧性剪切变质带的特征与金矿化的关系. 中国地质, 1988, (5):
- [3] 李德成. 剪切带型金矿床的动力成矿机理. 黄金, 1993, 14(4) 1~5

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND GENESIS OF BUWA GOLD DEPOSIT IN MENGJI IN COUNTY

Zang Xuenong and Wu Qingguo

(*Na 7 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources*)

Abstract

Buwa gold deposit occur in medium - shallow subductile and ductile - brittle shear belts which are in TTG rock series. The orebodies spread as lens in right - handed, and lateral - lined form. Ore - forming substance and thermal solution are mainly originated from the greenstone of Taishan group, and the $\delta^{18}\text{O}$ value is from 5.4‰ to 8.98‰ and $\delta^{34}\text{S}$ from 2.05‰ to 4.06‰. Its mineralization is mainly related to dynamic differentiation which is caused by metamorphism and deformation of ductile shears, and the orebodies - occurrence - space is dilatant zone formed by ductile - brittle shears.

Key words: Greenstone, TTG rock series, ductile - brittle shear belt, dynamic differentiation, Buwa gold deposit