

文章编号: 1006-6616 (2005) 04-0350-07

山东鲁西地区绿岩带型金矿床特征及成因浅析

王虹¹, 霍光辉², 王宝君³

(1. 山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013; 2. 山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013;
3. 黑龙江煤田地质 108 勘探队, 黑龙江 鸡西 158100)

摘要: 山东鲁西地区绿岩带地层总体金背景值较高, 是金矿形成的矿源层。无论是保存相对完好的绿岩带还是被 TTG 改造后的花岗—绿岩带, 均有利于金矿形成。已知金矿床的形成与分布均与韧性剪切带有关, 韧性剪切带是形成绿岩型金矿的主要控矿构造。强烈韧性变形和破碎并富含绿岩带残留体的 TTG 岩系与金成矿关系密切。中生代燕山期岩浆热液活动的叠加有利于进一步富集成矿。

关键词: 绿岩带; 韧性剪切带; 金矿; 矿床特征; 山东鲁西

中图分类号: P618.51

文献标识码: A

绿岩带型金矿是我国主要金矿床类型之一。山东鲁西地区地处华北陆块中部、郯庐断裂带西侧, 广泛分布太古宙花岗—绿岩带。其中, 泰安—蒙阴一带断块凸起区内绿岩带地层保存相对完好, 规模较大。区内韧性剪切带、断裂破碎带发育, 岩浆热液活动频繁, 金矿化较普遍, 金异常断续出现, 已发现多处金矿化点和小型金矿床, 如化马湾、岳家庄、埠洼等金矿床, 具有寻找绿岩型金矿的良好前景。铅同位素研究表明, 地层铅、矿石铅和岩体铅具有共线性, 金矿床的形成既与绿岩带地层有关, 又与花岗质岩体有关^[1]。进一步深入研究成矿特征, 对今后找矿具有积极的指导意义。

1 成矿背景

1.1 成矿地质条件

山东鲁西泰山岩群绿岩带地层分布区位于沂沭断裂带西侧, 鲁西隆起区中部。中生代晚期开始的掀斜断块运动控制了总体构造格架; 跨 5 个 IV 级构造单元, 自北向南依次为泰山凸起、莱芜凹陷、新甫山凸起、新泰—蒙阴凹陷、蒙山凸起。区内构造以韧性剪切带和断裂构造为主。绿岩带被莱芜、新泰—蒙阴凹陷分隔成 3 段, 分别位于 3 个凸起构造单元之上, 主要展布于莱芜香山—泰安殷家林—蒙阴盘车沟一线 (图 1)。

区内岩浆岩主要为前寒武纪侵入岩和中生代侵入岩。在泰山—蒙山地区前寒武纪侵入岩广泛分布, 以新太古代蒙山超单元 TTG 岩系和古元古代傲徕山超单元二长花岗岩分布最广,

收稿日期: 2005-03-08

基金项目: 山东省地质科学实验研究院 (鲁西地区绿岩带型金矿床地质特征及成矿预测研究) 项目。

作者简介: 王虹 (1954-), 男, 山东济南人, 高级工程师, 主要从事成矿区划和成矿预测工作。

E-mail: sddky2000@sohu.com

为本区的结晶基底^[2]。蒙山超单元的TTG岩系是本区金矿化的赋矿岩体和有利矿化围岩。中生代燕山晚期苍山超单元、沂南超单元的岩浆热液活动叠加在绿岩型金矿化之上，对金矿的形成和进一步富集起了重要的作用。

区内出露地层自老至新为新太古代泰山岩群，古生代寒武纪、奥陶纪、石炭纪、二叠纪地层和中新世侏罗纪、白垩纪、古近纪、新近纪、第四纪地层。其中，泰山岩群与绿岩型金矿关系密切。

鲁西地区的泰山岩群与国外标准绿岩序列相似，为一套较典型的绿岩组合^[3]，分布于鲁西隆起区中部的泰山、新甫山、蒙山3个次级凸起构造单元中，主要出露于章丘市火贯—莱芜市香山—泰安市殷家林—新泰市柳杭、山草峪、雁翎关及蒙阴县东牛家庄、盘车沟一带(图1)。泰山岩群雁翎关组、山草峪组和柳杭组的建组剖面均在该区之内，是山东绿岩带地层保存最好的地区。

泰山岩群中存在部分高金背景层位，泰山岩群做为鲁西地区新太古代绿岩带，是广义的金矿源层，具有较丰富的金成矿物质来源。其中，雁翎关组以斜长角闪岩为主，次为角闪变粒岩、绿泥透闪片岩，夹黑云变粒岩、变质砾岩等，金丰度值为 2.39×10^{-9} ，其底部变质砾岩含量较高(9.83×10^{-9})^[4]。雁翎关组的下部为厚层超镁铁质岩和具有变余鬣刺结构的科马提岩残余。

山草峪组以黑云更长变粒岩为主，夹富黑云变粒岩、黑云片岩及浅粒岩，金丰度值^[4]为 2.04×10^{-7} 。柳杭组以斜长角闪岩、黑云变粒岩、角闪黑云变粒岩为主，夹变质砾岩、铁闪磁铁矿石岩等，金丰度值^[4]为 2.03×10^{-9} 。

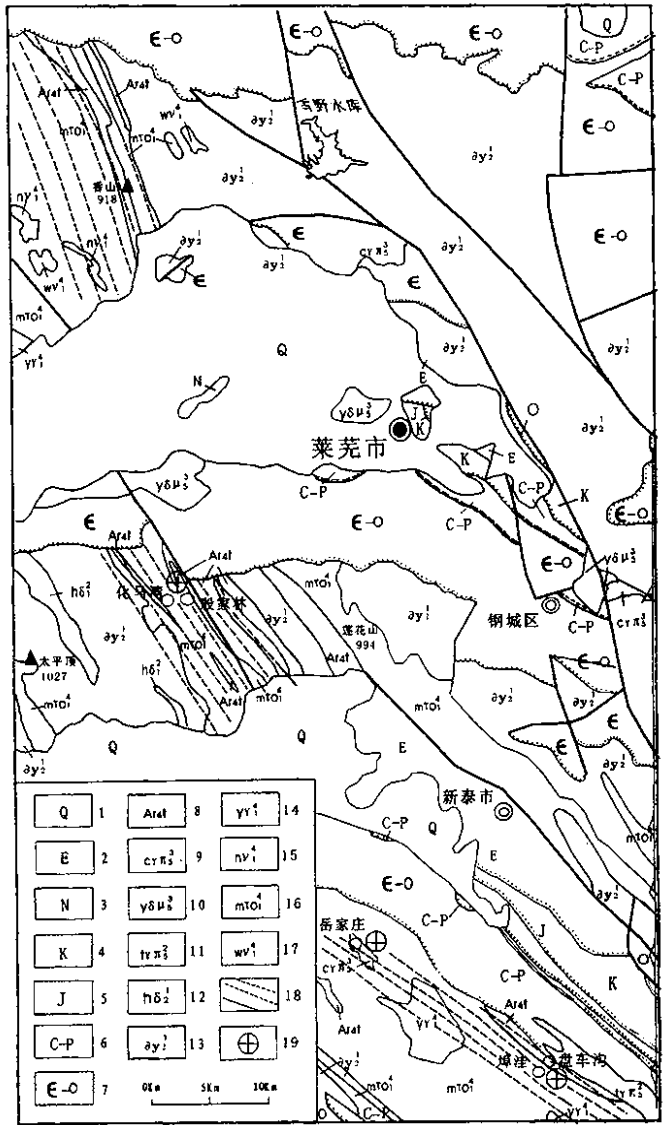


图1 山东鲁西地区绿岩带地层及绿岩型金矿床分布图

Fig.1 Distribution of strata and greenstone-hosted gold deposits of a greenstone belt in western Shandong

1. 第四系；2. 新近系；3. 古近系；4. 白垩系；5. 侏罗系；6. 石炭 + 二叠系；7. 寒武系 + 奥陶系；8. 泰山岩群绿岩带；9. 苍山超单元；10. 沂南超单元；11. 铜石超单元；12. 红门超单元；13. 微徕山超单元；14. 峰山超单元；15. 南涝坡超单元；16. 蒙山超单元；17. 万山庄超单元；18. 韧性剪切带；19. 金矿床

1.2 物化探条件

鲁西泰山—蒙山地区总体呈区域负磁场背景, 蒙山超单元英云闪长岩等 TTG 岩系及微徕山超单元二长花岗岩类均显示负磁场特征。泰山岩群虽然磁性较强, 由于分布面积相对较小, 对区域磁场的影响较小, 只引起一些局部的异常。

区域重力场与区域磁场基本对应, 在泰山—蒙山凸起区总体显示大规模的重力低。泰安东侧呈 NW 向展布相对重力高, 与泰山岩群分布有关。泰山岩群和元古宙—中生代的其他中基性侵入体均呈现重力低背景上的局部重力异常。而中生代断陷盆地由于巨厚的低密度沉积盖层的影响, 在区域性低重力场的背景上, 明显反映与盆地范围相当的重力低异常。

1:20 万水系沉积物测量表明, 泰山岩群分布区水系沉积物 Au、Ag、As、W、Cr、Co、Ni、Mg 等元素显示局部异常或高背景。其中 Au、Ag、Cr、Ni 含量较高, 离差和变异系数亦较大。这与岩石中微量元素的含量特征和富集基本一致。

区内 1:20 万、1:5 万化探金异常和以金为主组合异常呈群、呈带状分布, 其中许多异常已证实与矿体、矿化有关。区内 1:20 万和 1:5 万金重砂异常和以金为主的组合异常广布, 多与化探金异常套合, 并与矿体、矿化带分布区吻合, 显示区内有较好的找矿前景。

2 典型矿床特征

鲁西绿岩型金矿达到小型矿床规模的有 3 处, 为化马湾金矿床、岳家庄金矿床和埠洼金矿床 (图 1)。因其成矿地质条件有所差异, 其矿床特征不尽相同。

2.1 化马湾金矿床

2.1.1 矿体特征 矿区位于新甫山凸起中部。区内广泛出露太古宙泰山岩群, 有保存较好的绿岩带地层。古生代寒武—奥陶纪地层主要分布在矿区北部。前寒武纪侵入岩广布, 以新太古代阜平期蒙山超单元的 TTG 岩系为主。中生代侵入岩分布在矿区北缘, 主要为沂南超单元的辉长岩—闪长岩类。区内构造以 NW 向断裂和韧性剪切带为主。

金矿床受殷家林韧性剪切带控制, 赋存于新太古代泰山岩群柳杭组二段顶部的一套绢英片岩、绢云片岩、白云石英片岩等浅色片岩夹少量黑云片岩及云母变粒岩的地层中^[5]。该套地层经受强烈的韧性剪切作用的改造, 含金背景较高, 平均 72.42×10^{-9} , 可视为金矿化之矿源层。金矿化带产于该岩系中下部, 含矿岩系的底板为斜长角闪岩夹少量黑云片岩, 顶板为斜长角闪岩或角闪片岩。金矿化带总体走向 325° 左右, 倾角 85° 左右。北段倾向 NE, 南段倾向多变。矿化带和矿体呈陡立的似层状或脉状, 平面上具膨缩和尖灭再现特征, 并具有似“S”弯曲之特点 (图 2), 矿化带膨大部位是矿化最强的部位。矿化带一般厚度 5~8m, 最厚 17.35m。矿化带在北端有继续北延的趋势, 南段逐渐变窄乃至尖灭。矿化带在深部有变厚和由单层矿化变为多层矿化的趋势。矿化带中共圈定 5 个低品位金矿体。矿体最大控制长度 500 m, 最大控制深度 250 m, 赋存于中浅层韧性剪切带内。矿体厚度 0.34~3.00m, 平均真厚度 1.23 m。矿体品位 1.00×10^{-6} ~ 7.41×10^{-6} , 最大品位达 41.22×10^{-6} 。

2.1.2 矿石特征 矿石类型为浸染状、细脉浸染状含金属硫化物云母石英片岩型。含矿岩石主要为黄铁矿化绢英片岩、白云石英片岩和硅化绢云片岩。矿石结构主要为鳞片变晶结构、晶粒状结构、压碎结构、乳浊结构和包含结构。主要构造为浸染状和细脉浸染状。矿石矿物主要为自然金, 与闪锌矿等共生。金属矿物为黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂、自然银、黄铜矿、辉铜矿、铜兰、闪锌矿、方铅矿和菱锌矿。非金属矿物主要为石英、水云母、绢云母、

斜长石等。自然金主要赋存在石英颗粒间的绢云母等硅酸盐矿物集合体中或石英晶粒间、石英与绢云母粒间，多呈不规则粒状，粒径一般在 0.01 ~ 0.005mm 之间。

2.1.3 围岩蚀变 主要有黄铁矿化、硅化、绢云母化和碳酸盐化。黄铁矿化指一组矿化组合，以黄铁矿为主，还有磁黄铁矿、毒砂、黄铜矿、闪锌矿等组成。这一组合直接指示矿化富集地段的存在。而黄铁矿、磁黄铁矿化为这一蚀变的主要标志。矿体赋存部位的矿物组合中出现较多闪锌矿。黄铁矿化蚀变在地表表现为褐铁矿化，范围大，易识别，是一种重要蚀变标志。

区内硅化较发育，遭受硅化的岩石主要有绢英片岩、绢云片岩、白云石英片岩及斜长角闪岩。硅化与构造关系密切，构造裂隙和片理越发育则硅化越强。硅化与金矿化关系密切，是重要蚀变类型之一。

化马湾金矿黄铁绢英片岩中的蚀变绢云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 平均年龄为 $1696.78 \pm 2.91\text{Ma}$ ，全气体年龄 $1736.19 \pm 25.52\text{Ma}$ ，高温阶段（从 850°C 到 1150°C ）平均年龄为 $1762.33 \pm 2.37\text{Ma}$ ，代表了绢云母的生成年龄亦即矿化年龄，说明该矿床形成于吕梁期^[6]；化马湾金矿绢云母 K-Ar 年龄为 $2033.7 \pm 83 \text{Ma}$ ^[6]。

2.2 岳家庄金矿床

2.2.1 矿体特征 矿区位于蒙山凸起北部。泰山岩群以透镜状、脉状残留体的形式残存于新太古代阜平期蒙山超单元北官庄单元奥长花岗岩之中，主要为山草峪组黑云斜长变粒岩和雁翎关组细粒斜长角闪岩、角闪片岩等。

岳家庄金矿床地处南盐店—南涝坡韧性剪切带中，该带为鲁西区域上以右行走滑剪切为特征的下港—化马湾—蒙山韧性剪切的一部分^[7-8]。受关山头断裂及其次级构造的控制，主要赋存于北官庄单元奥长花岗岩与中生代燕山晚期苍山超单元磨坑单元花岗闪长斑岩接触带附近的奥长花岗岩一侧，矿体附近多有中生代燕山晚期沂南超单元铜汉庄单元石英闪长玢岩脉体分布（图 3）。

矿区内有多种金矿化类型：①赋矿的滑石透闪片岩以残留体的形式存在于奥长花岗岩之中，矿石由含金滑石透闪片岩夹石英脉组成，被燕山晚期闪长玢岩脉切穿。该滑石透闪片岩为泰山岩群雁翎关组的残存部分，近矿围岩还有角闪石岩和透闪片岩。②产于碎裂状奥长花岗岩与石英闪长玢岩、斜长角闪岩的接触带上。③产于奥长花岗岩中的破碎带及硅化、黄铁矿化蚀变破碎带之中。

矿区内以Ⅷ矿段规模相对较大，共圈定 15 个小矿体，多呈脉状，在走向和倾向上具波

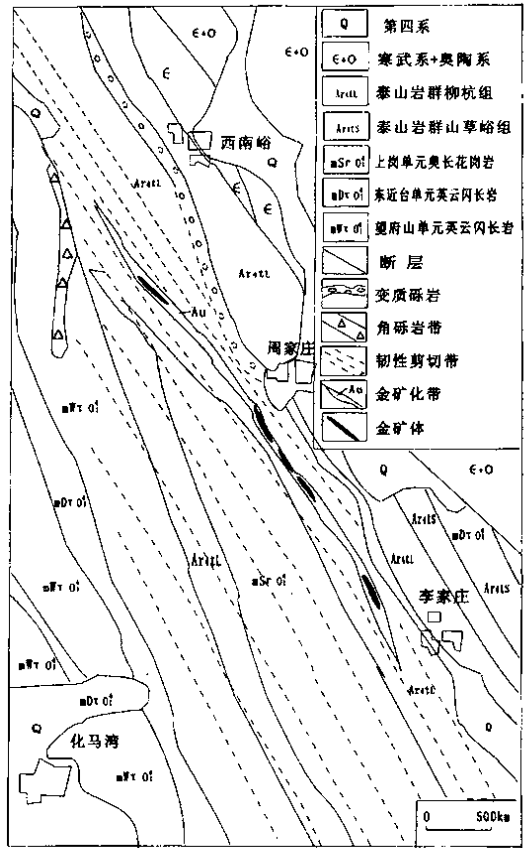


图 2 泰安市化马湾金矿区地质图
Fig.2 Geological sketch map showing the Huamawan gold district in Tai'an City

状弯曲，部分呈雁列式矿脉。矿体走向 NW 至近 SN 向，倾角 40°~78°，个别直立。最长的矿体达 280 m，短的数十米。矿体品位 $1.00 \times 10^{-6} \sim 11.53 \times 10^{-6}$ ，样品最高品位为 109.02×10^{-6} 。

2.2.2 矿石特征与围岩蚀变 根据矿石的岩石类型和矿化蚀变特征将矿石分为蚀变岩型、滑石透闪片岩型和石英脉型。矿石结构主要有花岗结构、鳞片纤状变晶结构、填隙结构、交代结构。矿石构造有碎裂状构造、片状构造、浸染状构造、网脉状构造、角砾状构造。

矿石矿物主要有银金矿、自然金、金银矿。金属矿物主要为黄铁矿，少量磁铁矿、褐铁矿、黄铜矿。非金属矿物主要有石英、斜长石、钾长石、透闪石、滑石、阳起石、电气石、绢云母、绿泥石。

自然金主要为粒状，少数呈树枝状、板状、针状等。金矿物粒度较大，以不规则状充填于阳起石、电气石、绿帘石、石英等脉石矿物晶隙或矿石线理、脉石矿物的裂隙中，以晶隙金或裂隙金为主。

矿石交代与围岩蚀变主要有硅化、黄铁矿化、绢云母化、电气石化、阳起石化。蚀变强度与金矿化成正比。

2.3 埠洼金矿床

2.3.1 矿体特征 矿区位于蒙山凸起中部、蒙阴盆地西南缘。矿区中、北部为盘车沟绿岩带，主要出露泰山岩群山草峪组、柳杭组。区内岩浆岩主要为新太古代阜平期蒙山超单元李家楼单元英云闪长岩，广泛出露于矿区中部及南部。该单元侵入于泰山岩群柳杭组，可见柳杭组斜长角闪岩包体。矿区构造为北西向盘车沟韧性剪切带。

金矿床明显受控于盘车沟韧性剪切带，产于新太古代变质变形侵入岩与泰山岩群柳杭组、山草峪组绿岩带接触带边缘的中浅层次韧性、韧脆性剪切带内（图 4），矿体呈右行侧列式透镜体分布^[9-10]。矿体、矿化带赋存部位多有斜长角闪岩残留体存在，有的矿化带直接赋存于斜长角闪片岩之中，绢英片岩与残存斜长角闪片岩的互层部位是主要赋矿部位。矿体在走向或倾向上均呈透镜状，自西向东划分为 5 个矿体，断续延伸达 5000 m 左右，矿体累计长度 1000 余米。矿体厚 0.4~1.1 m 之间，走向 290°~320°，倾向 SW，倾角 55°~75°，呈尖灭再现或侧现的特点。矿体围岩主要为英云闪长岩及斜长角闪片岩，矿体与围岩界线较明显，局部为渐变关系。

金品位随矿体深度、宽度的增大而增高。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；矿脉局部膨胀或交汇部位，也是金矿化的有利部位^[9]。

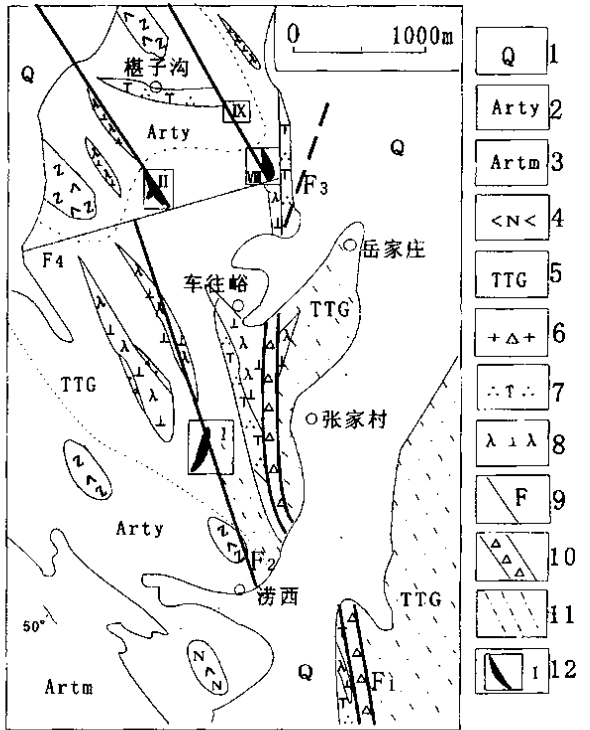


图 3 新泰市岳家庄金矿区地质图^[7]
Fig.3 Geological sketch map showing the Yuejiazhuang gold district in Xintai City

- 1. 第四系；2. 泰山岩群雁翎关岩组；3. 泰山岩群孟家屯岩组；4. 斜长角闪岩；5. 英云闪长岩、奥长花岗岩；6. 隐爆角砾岩；7. 花岗闪长斑岩；8. 石英闪长玢岩；9. 断层及编号；10. 断裂带；11. 糜棱岩；12. 金矿体

2.3.2 矿石特征 根据矿石组分、品位、岩性等特征，划分为绢云石英片岩型和斜长角闪片岩型。根据结构构造等特征可划分为浸染状、细脉状、团块状等类型。矿石结构主要有碎裂结构、交代残余结构及假象结构，矿石构造主要有斑点状、团块状、脉状、网脉状、浸染状、蜂窝状等。矿石矿物主要有自然金、银金矿。金属矿物有黄铁矿、褐铁矿、黄铜矿。非金属矿物主要有石英、绢云母、斜长石，其次有少量角闪石、电气石、绿帘石、磷灰石、榍石、方解石等。金主要呈微细的粒状、片状赋存于石英间隙中，部分金赋存于石英、绢云母、长石等矿物晶面之间。各矿体矿石品位有所差异，一般为 $1.2 \sim 17.15 \times 10^{-6}$ 。

2.3.3 围岩蚀变 矿石交代与围岩蚀变主要有硅化、绢云母化、褐铁矿化、黄铁矿化，其次为电气石化、绿帘石化，局部为钾长石化。其中黄铁矿化、绢云母化、硅化与金矿化关系密切，蚀变强度与金矿化强度成正比。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。由于矿化带受控于韧性剪切带，蚀变主要沿构造带中的片理、片麻理及裂隙发育。矿体与围岩界线较明显，局部为渐变关系。埠洼金矿蚀变绢云母的 K-Ar 法年龄为 $1699.8 \pm 60 \text{ Ma}^{[6]}$ 。

3 讨论与结论

世界上产金的克拉通，如非洲、西澳、北美、南美、西伯利亚和印度等，其金成矿的时代几乎都是早前寒武纪（35 亿 ~ 18 亿年）^[11]，鲁西绿岩带型金矿的主要形成时间（2000 Ma ~ 1700 Ma）与之相当，也在吕梁期。华北克拉通金矿成矿主要为中生代早、中期（250 Ma ~ 100 Ma），特别是早白垩世^[11]，而鲁西绿岩带型金矿与之有很大差别。由于鲁西地区处在郯庐断裂带的西侧，受濒太平洋构造成矿域的影响较小，因此，保持了比胶东地区金矿更为典型的绿岩带型特征。

从山东鲁西地区绿岩型金矿床来看，太古宙大规模的火山喷发所形成的一套火山—沉积岩系是最初的含金岩系。如埠洼金矿床 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $5.40\% \sim 8.98\%$ （处在变质水区）， $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $2.05\% \sim 4.06\%$ （属变质沉积岩——绿岩地层）^[9]，说明成矿物质及热液主要来源于泰山岩群绿岩地层。绿岩带地层总体金背景值较高，而 TTG 岩系侵入和多期区域变质作用也有利于 Au 元素的迁移富集，形成金的矿源层和高金背景矿化带。无论是保存相对完好的绿岩

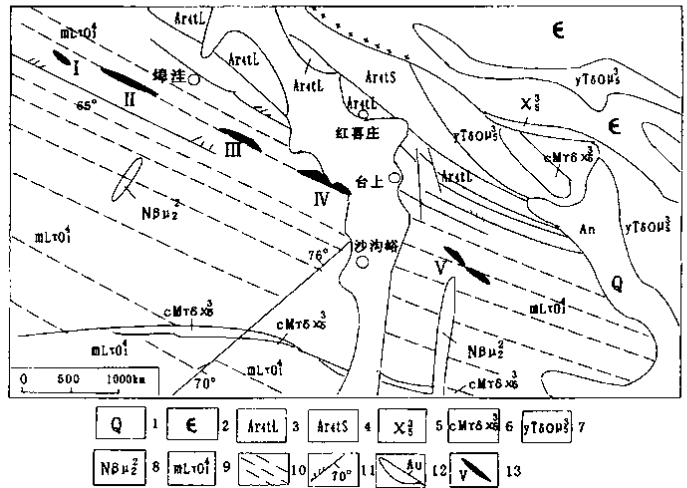


图 4 蒙阴县埠洼金矿区地质图

Fig.4 Geological sketch map showing the Buwa gold district in Mengyin County

1. 第四系；2. 寒武系；3. 泰山岩群柳杭组；4. 泰山岩群山草峪组；5. 煌斑岩脉；6. 磨坑单元花岗岩闪长斑岩；7. 铜汉庄单元石英闪长玢岩；8. 牛岚单元辉绿岩；9. 李家楼单元英云闪长岩；10. 韧性剪切带；11. 断裂；12. 金矿化带；13. 金矿体

带还是被 TTG 改造后的花岗—绿岩带, 均有利于金矿形成。

鲁西绿岩型金矿床的形成与分布均与韧性剪切带有关。韧性剪切引起的强烈动力变质与构造热力作用, 使得 Au 元素进一步活化、迁移, 含矿热液在韧性剪切带的膨胀部位和片理化发育带(扩容带)交代蚀变、富集成矿, 形成绿岩带变质热液—构造蚀变岩型金矿床(如化马湾和埠洼金矿床)。韧性剪切带是绿岩型金矿的主要控矿构造。而岳家庄金矿床早期为绿岩型, 晚期有燕山晚期岩浆热液活动的叠加, 金矿床最终富集形成。

参 考 文 献

- [1] 张拴宏, 周显强, 田晓娟. 鲁西地区绿岩带金矿床铅同位素研究 [J]. 矿物岩石, 1999, 19 (2): 72~76.
- [2] 宋明春, 王沛成. 山东省区域地质 [M]. 济南: 山东省地图出版社, 2003.
- [3] 曹国权. 鲁西早前寒武纪地质 [M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [4] 李俊建, 沈保丰. 华北地台主要花岗岩—绿岩带含金丰度值的研究 [J]. 前寒武纪研究进展, 1997, 20 (4): 25~34.
- [5] 李强, 刘敬杰, 崔学敏, 王自具, 杨传臣, 王祥永, 刘建生. 泰安市化马湾金矿地质特征及找矿标志 [J]. 成果与方法, 2004, 20 (1): 47~50.
- [6] 张拴宏, 周显强. 鲁西绿岩带金矿床绢云母氩同位素年龄及其地质意义 [J]. 有色金属矿产与勘查, 1999, 8 (3): 164~166.
- [7] 辛后田, 李俊健, 沈保丰, 周怀志. 新泰市岳家庄金矿构造控矿特征 [J]. 前寒武纪研究进展, 2000, 23 (1): 35~43.
- [8] 张拴宏, 周显强. 鲁西地区韧性剪切带显微构造研究及岩组分析 [J]. 地质找矿论丛, 1999, 14 (1): 39~47.
- [9] 臧学农, 吴清国. 蒙阴县埠洼金矿床地质特征及成因 [J]. 山东地质, 1998, 14 (3): 23~30.
- [10] 肖丙建, 夏立献, 刘巨龙, 李宪栋. 山东蒙阴县埠洼金矿与韧性剪切带的关系 [J]. 地质找矿论丛, 2003, 18 (3): 195~198.
- [11] 胡受奚, 赵懿英, 周顺之, 陈衍景, 叶瑛, 季海章, 卢冰, 徐兵, 刘红樱. 华北地台金矿成矿规律 [J]. 南京大学学报(自然科学), 2000, 36 (2): 133~139.

CHARACTERISTICS AND ORIGIN OF GREENSTONE BELT TYPE GOLD DEPOSITS IN WESTERN SHANDONG

WANG Hong¹, HUO Guang-hui², WANG Bao-jun³

(1. Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Jinan 250013, Shandong, China;

2. Shandong Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Jinan 250013, Shandong, China;

3. No. 108 Geological Party of Heilongjiang Coal Exploration, Jixi 158100, Heilongjiang, China)

Abstract: With relatively high total gold background values, the strata of the greenstone belt in western Shandong are source beds of gold deposit. Both the well-preserved greenstone belt and TTG-reworked granite-greenstone belt are favorable for gold deposit formation. The formation and distribution of the known gold deposits are both related to ductile shear belts, which are major ore-controlling structure of greenstone type gold deposits. The TTG series, which have experienced strong ductile deformation and fragmentation and contain rich greenstone belt remnants, have close relation with gold deposit formation. Superimposition of Mesozoic Yanshanian magmatic-hydrothermal activities favorable for further gold concentration and mineralization.

Key words: greenstone belt; ductile shear belt; gold deposit; deposit characteristics; western Shandong