

镇安米粮地区微细浸染型层控金矿床 的形成与构造演化的关系*

张复新 马建泰

(西北大学地质系, 西安)

魏宽义

(西安地质学院, 西安)

提 要: 构造解析和典型矿床研究相结合分析了构造在金矿床形成过程中的重要作用。同生断裂活动伴随了构造-火山热液作用, 提供了深部金等成矿物质。在此构造背景下, 沉积了以重力流为主的陆源细碎屑岩与颗粒碳酸盐岩高频交替的岩相垂向组合, 有利于金活化、富集的初始元素组合 (Au、Sb、As), 构成了金的矿源层。后期构造递进变形作用发育的韧-脆性剪切变形叠加, 及与之伴随的多期多阶段蚀变矿化, 致使矿源层中的易释放金活化聚集, 形成工业矿体。

主题词: 微细浸染型层控金矿床 同生断裂 韧-脆性剪切构造 镇安米粮

陕西镇安米粮地区金龙山金矿床是80年代末在原丁(家山)-马(家沟)汞-锑矿带基础上发现的。是继本区70年代末率先发现二台子微细浸染型金矿之后, 在金矿勘查工作上重要

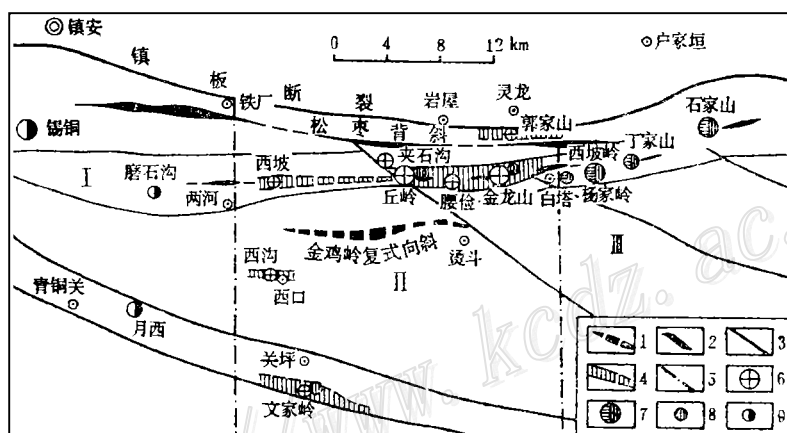


图1 丁-马矿带构造和岩相、矿产分区略图

1—向斜; 2—背斜; 3—断层; 4—剪切带; 5—岩相界限: I—碎屑岩岩相区; II—碎屑岩-碳酸盐岩岩相区; III—碳酸盐岩岩相区; 6—金矿床; 7—汞-锑矿床; 8—锑矿床; 9—铅-锌矿床

Fig. 1. Geological sketch map of the Ding-Ma ore belt, showing regional tectonics and divisions of lithofacies and mineral resources.

1—Syncline; 2—Anticline; 3—Fault; 4—Shear zone; 5—Boundary of lithofacies: I—Clastic facies area; II—Clastic-carbonate facies area; III—Carbonate facies area; 6—Gold deposit; 7—Mercury-antimony deposit; 8—Antimony deposit; 9—Lead-zinc deposit.

* 武警黄金指挥部、陕西省自然科学基金联合资助

张复新, 男, 48岁, 副教授, 长期从事层控金属矿床地质研究。邮政编码: 710069

1993-10-18收稿, 1994-3-26修改回

突破。现经勘探确定了四个矿段,达大型金矿规模,总体沿东西向呈带状分布,由东至西依次为金龙山、腰俭、丘岭、夹石沟矿段(图1)。各矿段金矿化、金矿体显示的地质特征极其相似,赋矿层位一致,同属微细浸染型层控金矿床^[1]。矿床的形成与区域构造演化关系密切,表现金矿矿源层受同沉积构造的控制,后期构造递进变形对矿源层中金的活化、富集、成矿也有控制作用。现就上述问题作一探讨。

1 矿床地质概况

米粮地区金矿床位于南秦岭沉积岩区镇-板断裂以南,金鸡岭复向斜北翼所属次级松枣背斜南翼之更次一级背斜中(图1)。该背斜由一系列东西向线状展布、规模不大的短轴背斜组成。背斜核部为上泥盆统南羊山组,两翼为中、下石炭统袁家沟组和四峡口组。金矿体主要赋存于南羊山组中、上段(D_3n_{2-3})和袁家沟组中、下段(C_1y_{1-2}),具有明显的层控性。 D_3n_{2-3} 和 C_1y_{1-2} 主要由中一薄层细碎屑岩、粒屑灰岩、泥晶灰岩互层组成,富含铁质、还原硫、有机碳,Au、As、Sb初始富集。金易释放,使该岩性层具金的矿源层。

在该线形短轴背斜核部及其两翼,发育后继叠加的剪切褶皱带,是区域褶皱在局部递进挤压变形的结果。可划分为四个阶段:①同区域褶皱变形;②韧性剪切褶皱变形;③韧-脆性剪切叠加变形;④脆性变形。这一构造组合格架是控制本区金龙山—丘岭金矿带和金矿床的主要构造形式。

矿石中矿化蚀变较弱,金属矿物为黄铁矿、砷黄铁矿、毒砂、辉锑矿及少量闪锌矿、砷黝铜矿、斑铜矿、自然银、辰砂等,其中含砷硫化物与金矿化关系密切。电子探针查明,含金黄铁矿生成具有增生环边结构,透射电镜分析,金以次显微独立矿物赋存于含砷硫化物增生环带、晶粒边缘及其显微裂隙中。脉石蚀变矿物主要有石英、铁白云石、方解石、石墨及碳质、地开石、重晶石。

通过对本区岩相、剪切变形及矿化蚀变特征研究,成矿作用具有递进性多阶段演化的特点,是较长地质时期、多种复杂地质作用的综合结果。该微细浸染型金矿具有沉积(含火山-热液)—剪切变形构造—地下热卤水叠加改造的层控成矿特点。

2 大地构造背景和同沉积构造对矿源层形成的控制

泥盆纪南秦岭沉积岩区是在元古宙裂谷构造演化基础上发育起来的,在镇-旬一带形成包含众多微型地块、洋陆兼杂的有限洋盆,并独立于华北和扬子板块之间^[3],构成秦岭地块复杂构造格局的一部分。显生宙秦岭在向板块构造作用发展转化过程中,构成扬子和华北两板块分别从南北方向向秦岭地块俯冲会聚。由于区内牛山—平利、武当微型地块的砥柱作用,致使洋陆兼杂的有限洋盆出现构造相异的拉张与挤压镶嵌格局,并在镇-旬地区出现具有控制小型盆地演化的南北向局部张性构造环境,由早泥盆世的局限海湾演化形成晚泥盆世一向南突出的弧形盆地(图2),为本区矿源层及层控金属矿床的形成提供了有利的构造沉积环境。

矿源层岩相区域追索发现,在南羊山组中段至袁家沟组中段沉积时期,盆地沉积发生了

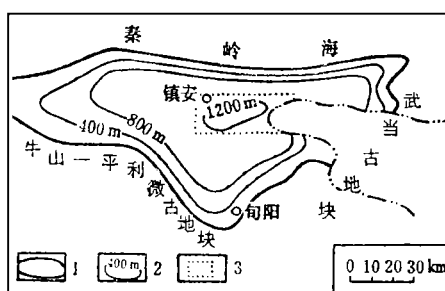


图2 镇-旬盆地泥盆纪沉积构造背景图

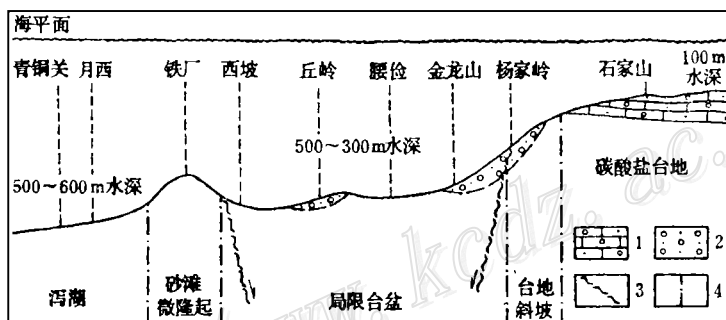
1—沉积盆地界限；2—沉积等厚线；3—研究区范围

Fig. 2. Devonian sedimentary-tectonic background of Zhenxun basin.

1—Boundary of the sedimentary basin; 2—Sedimentary isopach; 3—Limits of the study area.

东西分区、南北成带式岩相变化，并伴随元素地球化学分异，形成不同的矿产，如图1、3。在本区杨家岭以东，为东部碳酸盐台地岩相区，颗粒碳酸盐岩夹少量细碎屑岩，Hg-Sb矿化分区，即原丁-马汞-锑矿带范围；铁厂—两河以西，属西部细碎屑岩相区，是在铁厂—两河先期形成的南北向水下微隆起基础上发育起来的，为细碎屑岩夹少量碳酸盐岩——低能泻湖环境，发育有海底喷流改造型Pb-Zn矿床^[4]；中部为以重力流沉积为主的细碎屑岩与颗粒碳酸盐岩高频交替的台盆岩相组合，已发现金龙山、腰俭、丘岭、夹石沟诸多锑-金矿床，是丁-马矿带西延地段，极有找金前景。

上述沉积岩相分区成带与矿源层中相关成矿元素的地球化学分异，指示了晚泥盆世—早石炭世镇-旬盆地演化过程中，在岩相突变部位可能存在南北向同生断裂，并伴随构造火山

图3 镇-旬盆地D₃—C₁沉积古地理略图

1—粒屑灰岩；2—重力流沉积；3—同生断裂；4—岩相界限

Fig. 3. Schematic D₃—C₁ sedimentary paleogeographic map of Zhenxun basin.

1—Grainstone; 2—Gravity flow sediments; 3—Contemporaneous fault; 4—Boundary of lithofacies.

热液活动。这些作用不但为本区矿床形成奠定了物质基础，而且控制了含矿沉积岩相在垂向、横向上的演化规律（图3）。

3 中部岩相区金矿矿源层地质特征

研究区中部赋金岩相层位（D₃n₂—C₁j₂）沿金鸡岭复向斜槽部南北方向展布，主要由重

力流沉积为特征的岩相组成。

(1) 薄—中层状泥质岩相：主要产于 D_3n_2 下部，灰黑色，水平层理发育，显示一种宁静、较深水低能环境的产物。

(2) 薄层状(含泥、石英粉砂)细粒碳酸盐浊积岩相：发育Tb，灰黑色富含碳质，小层序和下伏岩层突变接触。

(3) 中—厚层状(含泥、粉砂、细砂)碳酸盐浊积砂、砾岩相：岩石黑—灰黑色，发育不完整的鲍玛层序Ta、b、c、Tb、c、Ta、b、Tb、d，少许鲍玛层序完整。粒屑多由椭圆状、次棱角状泥晶碳酸盐岩组成，并含少许浅水生物化石碎片。

(4) 碳酸盐碎屑流砾岩相：层理不发育，呈厚层状，砾屑大小混杂，为数毫米—数十厘米不等，颗粒小几乎无分选。偶见叠瓦状或弱的粒序，杂基支撑。砾屑大致分为两类：一类暗色纹层泥质灰岩、板状形态泥灰岩，可见发育的同沉积剪切褶皱，可能是来自斜坡沉积成岩泥质碳酸盐的二次沉积产物；另一类属碳酸盐台地或其边缘崩塌产物，主要由浅灰色泥晶灰岩、生物碎屑组成。杂基占20%以上，多由陆源碎屑和碳酸盐及少量成岩黄铁矿组成。

(5) 薄—中厚层状陆源碎屑(含钙质粒屑)浊积岩相：发育不完整的鲍玛层序，灰黑—黑色；碎屑成分成熟度高，以石英、泥质为主。所含钙质粒屑有浅水、半深水生物化石碎片及泥晶灰岩。

(6) 泥晶灰岩相：多为纹层—薄层，灰—灰黑色，含少量泥质，由碳酸盐灰泥沉降形成，在 D_3n_2 下部发育。

上述六种岩相具有图4所示的垂向叠置关系。反映了一种由水动力条件弱的欠补偿沉积，较快转化为碎屑岩与碳酸盐粒屑高频交替叠置，以重力流沉积为特征的过补偿沉积的垂

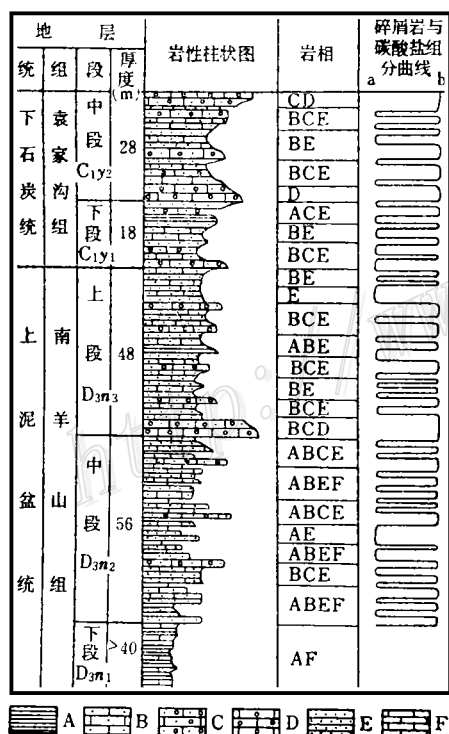


图4 丘岭矿源层 D_3n_2 — C_{1y_2} 岩相柱状图

A—薄—中层泥质岩相；B—薄层状(含泥、石英粉砂)细粒碳酸盐浊积岩相；C—中—厚层状(含泥粉砂、细砂)碳酸盐浊积岩相；D—碳酸盐碎屑流砾岩相；E—薄—中厚层状陆源细碎屑(含钙质粒屑)浊积岩相；F—泥晶灰岩相；a—碎屑岩组分(%)；b—碳酸盐岩组分(%)

Fig. 4. D_3n_2 — C_{1y_2} lithofacies column of Qiuling source bed.

A—Thin-medium layered argillite facies; B—Thin-layered fine-grained carbonate turbidite facies containing mud and quartz silt; C—Medium-thick layered carbonate turbidite facies containing mud, silt and fine-grained sand; D—Carbonate clastic flow conglomerate facies; E—Thin-medium to thick terrigenous fine-grained clastic turbidite facies containing calcareous fragments; F—Micritic limestone facies; a—Components of clastic rock (%); b—Components of carbonate rock (%).

向演化序列。可以看出, 从下至上碳酸盐颗粒总体粒度增大, 含量增加, 小层序厚度加大, 并具一定旋回性。横向上, 东侧金龙山剖面序列中粒屑灰岩的含量 (尤其是碎屑流成因的碳酸盐碎屑流砾岩相) 大于西侧丘岭地区, 反映了盆地发生快速的相对海平面下降。东部碳酸盐台地、斜坡为中部岩相区东侧提供了丰富的碳酸盐碎屑。而垂向演化序列反映出构造动力诱导的, 以重力流沉积为主的旋回性动荡环境。

该岩相组合还具有其岩石地球化学及成因特征。在含泥-粉砂成分较高的A、C、E岩相层取样分析含Au为 $14.1 \times 10^{-9} \sim 63.4 \times 10^{-9}$, 平均 35.1×10^{-9} , As为 $36 \times 10^{-6} \sim 378 \times 10^{-6}$, 平均 192×10^{-6} , Sb为 $8.4 \times 10^{-6} \sim 19 \times 10^{-6}$, 平均 13×10^{-6} 。比世界同类岩石克拉克值高数倍一数十倍。此外, 在上述岩相岩石中发现含少量粉砂级石英晶屑纹层^[2], 其中出现大量沉积成岩黄铁矿。从该黄铁矿中微量元素及其比值、硫同位素等特征。显示了它具火山热液沉积成因特征。其中含砷为 $650 \times 10^{-6} \sim 980 \times 10^{-6}$ (热水沉积特征), Co/Ni值为3.3~3.6 (火山热液特征), S/Se值为87000~127000 (沉积特征), $\delta^{34}\text{S}$ 为 $-4.23\text{‰} \sim +0.73\text{‰}$ (轻度还原陨石硫特征), 这些特征与岩石中出现火山碎屑相吻合。成岩黄铁矿单矿物分析含Au为 $0.6 \times 10^{-6} \sim 1.7 \times 10^{-6}$, 使地层具有含金矿源层的意义。将成岩黄铁矿与矿化阶段黄铁矿对比, 金与砷呈明显的正相关关系 (表1), Au与Ag、Sb及某些元素比值也具清楚的演化规律。另外, 根据矿床中Au-As与Sb矿化相关而不相容, Au在成矿中一晚期富集, Sb在晚期富集, 反映了Au、As、Sb是在统一的火山热液沉积成矿基础上, 进而形成工业矿体的。

表1 金矿床黄铁矿中微量元素含量(10^{-6})

Table 1. Pyrite minor elements content in gold deposit(10^{-6})

黄铁矿成因类型	样号	粒度	Au	Ag	As	Sb	Co/Ni	S/Se
沉积成岩黄铁矿	jTc-3N	细粒	1.7	4.0	300 ^①	290	3.30	124525
	jL0-1-dn	细粒	0.6	3.7	2000 ^①	110	3.60	87300
轻度变晶黄铁矿	ipd16-py	稍粗粒	3.9	2.1	4300 ^①	60	0.43	245000
	jpd52-py	稍粗粒	9.6	3.6	4700 ^①	60	0.42	11177
	qTc19-0138	稍粗粒	30.9	6.7	6500 ^①	60	0.43	254950
中、晚期金矿 化阶段黄铁矿	q-pd0-IV-1(1)	微细粒	66.1	40.7	4200	380	0.64	114175
	q-pd7-I-1(1)	微细粒	157.0	12.4	41500	420	0.36	117275
	q-pd7-I-1(2)	细粒	118	8.7	27500	—	0.40	95100
	q-pd0-IV-1(3)	细粒	54.5	12.6	34200	—	0.59	93560
	q-pd0-IV-1(4)	稍粗粒	45.0	15.3	26000	—	0.46	158133
晚期砷矿化 阶段黄铁矿	j-檀-Py	粗粒	3.6	4.5	2600	360	0.33	162833

有色金属西北矿产地质测试中心分析; ① 电子探针定量分析由西安地矿所电子探针组测定^[2], 一处未检测

4 构造递进变形与金矿的形成

根据以往工作和前人研究, 认为秦岭主造山期为印支期, 本区下泥盆统一中三叠统构成的金鸡岭复向斜无疑是同造山褶皱回返中的产物。在同造山期的构造运动中, 矿区所在的丁-马、金-丘矿带发生了构造递进变形, 金矿源层所在中部岩相区产生了金矿化, 局部地段构

成了工业矿体。在构造递进变形诸阶段及所处的物理化学条件均具有序列性变化。各阶段变形及其矿化蚀变特征, 显示了序次间的差异。现依照前述的四个变形阶段阐述如下。

4.1 同区域褶皱变形阶段

表现为区域性复式背、向斜形成, 其识别特征为全区性不同时代岩层组成东西向延伸的线形及短轴背、向斜。如矿带所在的松枣背斜、金龙山-丘岭背斜均为在区域褶皱变形基础上, 由弯滑变形机制形成。从金-丘矿田收集的区域变形面理产状, 通过综合赤平投影图得出褶皱轴面为 $350^{\circ}\angle 88^{\circ}$, 枢纽 $80^{\circ}\angle 20^{\circ}$ 。

本阶段变形仅在较强烈地层间滑动面上产生绢云母、碳酸盐的重结晶, 沉积成岩草莓状、双球菌状黄铁矿亦发生不同程度的重结晶^[2]。变晶黄铁矿的Au、As含量较成岩黄铁矿有明显提高(表1)。因伴生构造与热事件微弱, 达不到具经济意义的矿化, 变形构造仅使有利矿化的岩性层因褶皱而相对集中。

4.2 韧性剪切褶皱变形阶段

在区域褶皱变形基础上, 由于构造应力集中及其垂直剪切作用, 形成由南羊山组和袁家沟组地层构成的断块或剪切穿刺背斜, 成线形分布于四峡口组韧性基质中, 宏观上呈核幔结构。不同类型的剪切褶皱, 不同程度的面理置换现象在其中广泛发育, 表现出褶皱式剪切带

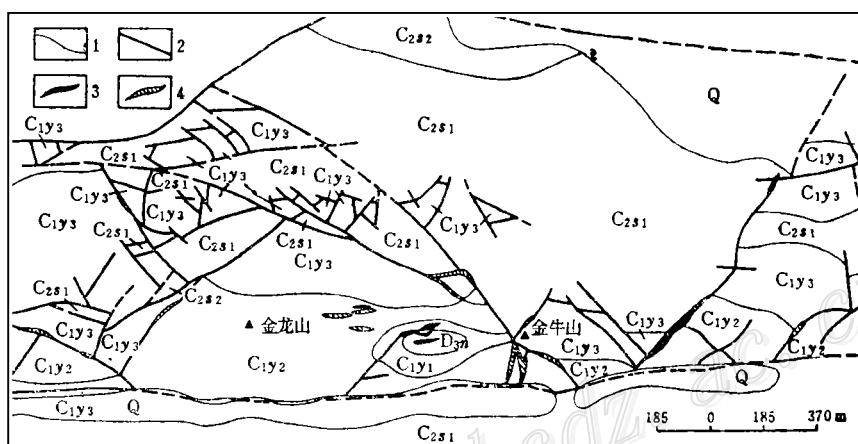


图5 金龙山金矿床地质略图

1—地层界线; 2—断层; 3—矿体; 4—蚀变体; Q—第四系; C_{2s1}、C_{2s2}—中石炭统四峡口组1、2段; C_{1y1}、C_{1y2}、C_{1y3}—下石炭统袁家沟组1、2、3段; D_{2n}—上泥盆统南羊山组

Fig. 5. Geological sketch map of the Jinlongshan gold deposit.

1—Boundary of strata; 2—Fault; 3—Orebody; 4—Altered body; Q—Quaternary; C_{2s1}, C_{2s2}—1st and 2nd Member of Middle Carboniferous Sixiakou Formation; C_{1y1}, C_{1y2}, C_{1y3}—1st, 2nd and 3rd Member of Lower Carboniferous Yuanjiagou Formation; D_{2n}—Upper Devonian Nanyangshan Formation.

在研究区的出露范围。如金龙山矿区出现南、北、中三条穿刺背斜带(图5), 较紧闭的背斜两翼发育的层间寄生褶皱轴面与主体褶皱轴面近于平行, 并发育以糜棱岩化、近轴面滑劈理为特征的脆-韧性剪切构造(图6)。而丘岭矿区穿刺背斜显得宽缓(图7), 枢纽有弱的波状起伏, 背斜之上叠加有“瘤状”突出的次级背斜, 其中轴面滑劈理发育, 面理置换较强, 两翼发育石香肠、窗棂构造。层间寄生褶皱轴面与主褶皱轴面往往有较大的交角。腰俭和夹

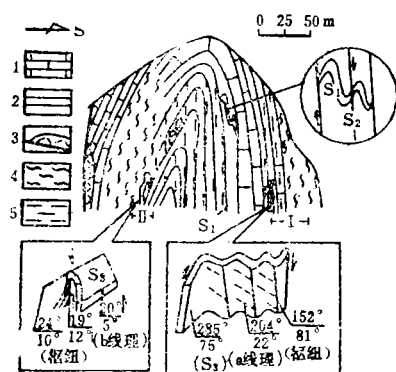


图 6 金龙山剪切背斜多期构造关系素描

1—碳酸盐岩；2—细碎屑岩；3—脆性断裂与硅化体；
4—面理置换与糜棱岩化带；5—轴面劈理与面理置换；
I—矿体；II—富矿体

Fig. 6. Sketch showing the relationship of the multiphase structures of the Jinlongshan shear anticline.

1—Carbonate rock; 2—Fine-grained clastic rock; 3—Brittle fault and silicified body; 4—Foliation displacement and mylonitized zone; 5—Axial-plane cleavage and foliation displacement; I—Orebody; II—Ore shoot.

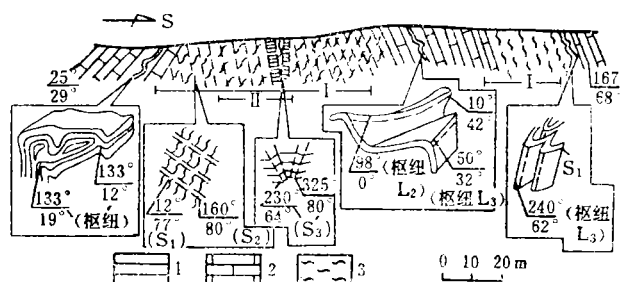


图 7 丘岭矿区IV号矿体富矿部位构造素描

1—细碎屑岩；2—灰岩；3—糜棱岩化带；I—矿体；
II—富矿体

Fig. 7. Structural sketch showing the position of ore shoot in No. IV orebody of the Qiuling ore district.

1—Fine clastic rock; 2—Limestone; 3—Mylonitized zone; I—Orebody; II—Ore shoot.

石沟矿段变形介于前两者之间。

变形不仅与构造部位相关，且与岩性有很大关系。剪切穿刺背斜中，以陆源细碎屑岩层比例较高的岩段变形强于碳酸盐岩比例高的岩段。这与岩石的抗剪强度、孔隙度及含水性有关。强变形带岩石微观可见：白云母碎片组成的叶理构造，石英的动态重结晶，石英颗粒的变形纹、变形带及亚颗粒化，石英颗粒中剪切裂隙被碳酸盐脉充填，石英颗粒呈剪切透镜体、云母鱼，以及由变晶黄铁矿、石英、绢云母组成的显微压力影，碳酸盐岩的糜棱岩化。

该阶段蚀变作用以硅化、黄铁矿化、毒砂化、碳酸盐化为特征。除局部发育顺层同褶皱的石英-碳酸盐脉规模较大外，一般蚀变范围局限，蚀变组分往往穿切纹层、层理，连续性较差。与金矿化直接相关的毒砂化、黄铁矿化发生在硅化、糜棱岩化晚期，呈稀疏浸染分布于劈理发育的扩容带中，或在糜棱叶理集中晶出。本阶段的矿化强度较前明显增大，在有利的强剪切变形岩段形成低品位工业矿体或矿化体。

矿化黄铁矿有完全新生和在原变晶基础上继承生长两种。其中以新生的具有砷黄铁矿增生环边的微细晶黄铁矿($\phi=0.01\sim0.05\text{ mm}$)含金较好。环边中心含As为0.47%~0.65%，含Au为0.00%~0.03%；增生环边含As为5.20%~11.59%，含Au为0.14%~0.23%（电子探针）。共生的毒砂含As为42.17%~43.32%，含Au为0.06%~0.38%。

4.3 韧-脆性剪切叠加变形阶段

随上述构造递进变形的发育，矿区构造应力、温度条件发生相应变化，高应变带范围较前缩小，变形有别于第二阶段，加之前述变形在各区段有一定差异，致使进一步的构造叠加方式有不同。对于呈宽缓剪切背斜褶皱的丘岭矿区来说，根据第二阶段面理、线理和本阶段新生面理、线理的统计，该变形阶段主应力方向和第二变形阶段有较大交角（近70°）。有利

于矿化的变形是该变形阶段的剪切褶皱叠加在第二阶段剪切褶皱的波状突出部位,伴生的轴面滑-破劈理叠加在先期滑劈理之上,两翼发育有两个变形阶段层间剪切寄生褶皱的叠加(图7)。由于不同部位应力状态和岩性的差异,变形方式有不同。如有一些地段,这种形式的叠加变形可进而演化为韧-脆性剪切(共轭)膝折带,使矿化进一步增强,形成富矿囊(图7)。

而呈紧闭剪切背斜的金龙山矿区,其变形与丘岭有所不同。在第二阶段的剪切褶皱基础上,两翼发育破劈理形式的韧-脆性剪切叠加,核部由轴面劈理、面理置换及横张节理联合组成较宽的破碎带为特征,是在同一应力作用下产生的。此外,由于该褶皱为一短轴不对称背斜,南北两翼变形有不同,北翼显示左旋性质的韧-脆性剪切叠加,在有利岩性中发育剪切膝折,形成金龙山矿区较高矿体;南翼伴随右旋走滑性质的韧-脆性剪切叠加,表现为强烈的面理置换,矿化强度不及北翼。

该阶段出现稍强的碳酸盐化和硅化,沿横张节理带、滑-破劈理带及膝折带分布。次显微金的矿化作用仍与砷黄铁矿化和毒砂矿化有关。稍早期砷硫化物粒径较前增大($\phi=0.05\sim 0.15\text{ mm}$),砷黄铁矿增生环带较宽,与毒砂浸染分布上述韧-脆性剪切破碎带中。含金黄铁矿内核含As为 $0.00\%\sim 0.29\%$,含Au为 $0.00\%\sim 0.12\%$,增生环带含As为 $7.89\%\sim 9.18\%$,含Au为 $0.16\%\sim 0.19\%$,共生的毒砂含As为 $42.91\%\sim 43.83\%$,含Au为 $0.09\%\sim 0.49\%$ 。稍晚期含金黄铁矿粒径相对较粗,砷黄铁矿增生环带较薄,多呈断续细脉或细团块沿韧-脆性剪切带显微裂隙充填。

4.4 晚期脆性变形阶段

构造递变晚期,构造发育于变形带上部和边缘,变形所处温压降低,产生了近北东向、北西向及南北向脆性断裂和节理密集带。伴随强弱不同的似碧玉岩化、碳酸盐化和泥化,出现的含粗晶黄铁矿和辰砂的辉锑矿化,发育在似碧玉岩脉进一步碎裂和角砾岩化之裂隙或角砾间隙中。该变形和矿化蚀变若叠加在前期变形构造之金矿化体上,则形成较复杂的锑-金矿石类型;若沿该脆性断裂伸入到利于硅化交代的厚层灰岩岩层,则形成单一锑矿石类型。

该阶段粗晶黄铁矿含金差,单矿物分析含As为 0.098% ,含Au为 2.1×10^{-6} ,与之共生的辉锑矿含As为 0.126% ,含Au为 0.6×10^{-6} 。可见单一锑矿石类型含金性不好。

上述构造递进变形及矿化蚀变成生关系表明,剪切变形构造不但是矿质活化的动力,成矿溶液运移通道和矿质沉淀的空间,同时也是重要的成矿机制。矿液中Au、Sb、As、Hg元素组合增加了Au活化、富集强度,因为在弱酸性、近中性溶液中有 $\text{H}_2\text{Au}(\text{As},\text{Sb})\text{S}_2^0$ 和 $\text{HAu}(\text{As},\text{Sb})\text{S}_2$ 杂多核配合物形成,金的溶解度比单一金属系统增加近一个数量级^[5]。含矿流体可以在变形早阶段的褶皱枢纽劈理化带汇集,也趋于流向剪切为主的褶皱翼部扩容带。这种情况下流体有可能从较广泛区域的地层岩石进入这种地带。

5 讨论

综上所述,金龙山、丘岭大型层控微细浸染型金矿床的形成依赖于构造演化。首先,区域构造和同沉积构造提供了深部金成矿物质和利于金活化、富集的初始元素组合,并使它们得以保存在垂向岩相组合发育的矿源层沉积环境中;其次,后期构造递进变形,特别是韧-

脆性剪切变形在有利岩性层上的叠加,成为矿源层中金活化、富集的关键。同时,含矿流体中Hg-Sb-As-Au组合的地球化学行为,有机配合了上述构造演化。从而弥补了本区变质作用极微弱、缺少岩浆岩侵入活动、构造层次浅、韧-脆性剪切变形不强烈、矿化蚀变弱、成矿作用演化时期短等不利因素。依据上述成矿规律,笔者在南北向延伸分布的有利岩相区以及叠加的剪切变形带上,预测发现郭家山和文家岭两个金矿点,具有较好的潜在前景,是对上述研究认识的较好验证。

参 考 文 献

- 1 张复新,刘文峰.秦岭泥盆系层控金矿类型及找矿前景.西北大学学报(自然科学版),1992,(增刊):213~220
- 2 张复新,刘文峰等.陕西丁-马矿带金龙山-丘岭金矿含金黄铁矿特征及其演化.地质与勘探,1993,29(10):27~32
- 3 IGCP第321项中国工作组编.亚洲的增生.北京:地震出版社,1993,95~98
- 4 王俊发,张复新等.秦岭泥盆系层控金属矿床.西安:陕西科学技术出版社,1991,47~48
- 5 Калпакова Н Н, Манучарянц Б О. Физико-химические условия формирования сурьмяной золотосурьмяной минерализации. Геохимия, 1990, 12: 1756~1765

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE FORMATION OF THE MICRO-DISSEMINATED STRATABOUND GOLD DEPOSITS AND THE STRUCTURAL EVOLUTION IN MILIANG AREA, ZHEN'AN COUNTY

Zhang Fuxin and Ma Jianqin

(Department of Geology, Northwest University, Xi'an 410069)

Wei Kuanyi

(Xi'an College of Geology, Xi'an)

Key words: micro-disseminated stratabound gold deposit, contemporaneous fault, ductile-brittle shear structure, Miliang area of Zhen'an County

Abstract

The important role of structure in the formation of the gold deposits is analysed in this paper by means of the combination of structural analysis with typical deposit study. The contemporaneous faulting was accompanied by tectonic-volcanogene hydrothermal activity noted for volcanic crystal fragments and trace elements as well as sulfur isotopes in diagenetic pyrite, which might have provided ore-forming materials for gold at depth. In such an environment, the high-frequency alternate vertical lithofacies association of terrigenous fine detrital rock and grained carbonate rock was deposited, reflecting the relative falling of the sea level and the dominance of gravity flow and containing initially-enriched Au-Sb-As association favorable for activation and concentration of gold to form the gold source bed. The gold source bed went through four late stages of structural progressive deformation accompanied by multi-phase and poly-stage alteration and mineralization, in which the inherited evolution of the auriferous pyrite and arsenopyrite reveals the correlation between Au and As; in the process of deformation, the superimposition of the second and the third stage ductile-brittle shear deformation caused the enrichment of the easily-activated gold to form industrial orebodies or even rich prepockets. Although the orebodies in the four ore blocks show some differences in mode of occurrence, the mechanism of gold enrichment is quite the same during the progressive deformation.