

南秦岭金龙山金矿床地质特征及成矿预测^{*}

Geological characteristics and ore prognosis of the Jinlongshan gold deposit in southern Qinling

刘新会, 刘 爽, 杨登美

(中国人民武警部队黄金第五支队, 陕西 西安 710100)

LIU XinHui, LIU Shuang and YANG DengMei

(No. 5 Detachment of General Gold Party, Chinese People's Armed Police Force, Xi'an 710100, Shaanxi, China)

摘 要 金龙山金矿区主要矿源层和容矿层是上泥盆统南羊山组地层, 其上覆盖层下石炭统袁家沟组地层是次要的含矿层位。矿区弧形构造发育, 古楼山、丘岭、腰俭、金龙山等 4 个短轴背斜分别位于弧形构造的不同部位中。金矿化体主要分布于南羊山组板岩和薄层灰岩层间、南羊山组板岩与袁家沟组灰岩接触带、斜切南羊山组地层的断裂中, 尤其是 NE 向断裂是主要的含矿断裂。控矿空间相互之间是相通的, 各种类型的矿化体之间是有成因联系的, 所以形成“三位一体”成矿模式; 盖层中可形成铈金矿化体, 其特征是“上(盘、部)有铈矿下(盘、部)有金矿”; 金龙山矿区由盖层和矿源层共同含矿构成了“二层楼”成矿模式。笔者得出, 在金龙山矿区深部具有很大的找金潜力, 在其东部铈矿下部有望找到金矿化体, 在鸡鸣岭向斜南翼的公馆—马家沟汞铈矿带内有进一步找金的必要。

关键词 地质学; 短轴背斜; 金矿床; 成矿模式; 找矿方向; 金龙山

金龙山金矿床是 20 世纪 80 年代末在南秦岭地区发现的特大型微细浸染型金矿床。武警黄金第五支队在 20 世纪 70 年代发现的丁家山—马家沟汞铈矿床西部中进行金矿普查时, 发现了工业金矿体。至目前, 金龙山金矿床累计提交(333+334)资源量 80 多吨。金龙山矿床随着近年深部勘查取得重大突破, 深部资源量到底有多少, 深部找金前景如何, 成为大家极为关注的问题; 金龙山矿田西有锡铜沟铅锌矿床, 东有丁家山—马家沟汞铈矿床, Au 与 Pb、Zn, Au 与 Hg、Sb 关系如何? 按照“理论先导、攻深找盲、瞄准大带、重点突破”的找矿思路, 以成矿系列理论为依据建立矿床成矿模式、成矿系列、圈定找矿远景区成为迫切需要解决的问题。因此, 开展金龙山金矿床地质特征及找矿方向研究, 指导本区深部找矿和锡铜沟—金龙山—马家沟多金属成矿带内找金具有现实意义。

1 区域地质概况

金龙山金矿区位于秦岭褶皱系, 南秦岭印支褶皱带镇安—板岩镇断裂南侧, 旬阳盆地北缘, 鸡鸣岭复式向斜北翼的松树岭—枣树滩次级复式褶皱内(张复新, 1997; 王瑞廷等, 2000; 卢纪英等, 2001), 旬阳盆地北缘 Pb(Zn)-Au-Sb(Hg)成矿带中(马光等, 2004; 马中元等, 2005)。区域主要出露古生代地层(杨志华, 1991; 钱壮志, 2003; 朱华平等, 2003)(图 1)。前人研究(张复新, 2004)已确认上泥盆统南羊山组为矿源层, 并且为重要的含矿层位(刘新会等, 2003; 2005), 下伏冷水河组及上覆袁家沟组地层为次要的含矿层位(刘新会, 2006)。目前尚未找到岩浆岩与金矿有关系的证据。旬阳盆地北缘有长哨、锡

^{*} 第一作者简介 刘新会, 男, 1964 年生, 工程师, 主要从事金矿地质勘查与研究工作。

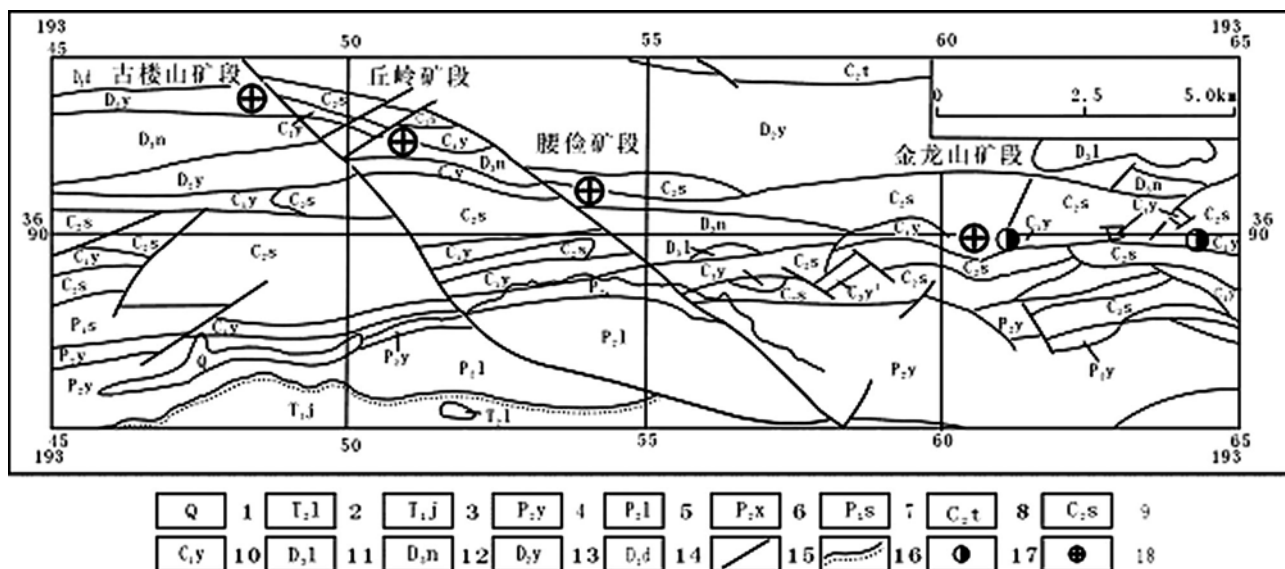


图 1 金龙山金矿区域地质简图

1—第四系；2—中三叠统岭沟组；3—下三叠统金鸡岭组；4—上二叠统熨斗滩组；5—上二叠统龙洞川组；6—上二叠统西口组；7—下二叠统水峡口组；8—中石炭统铁厂铺组；9—中石炭统四峡口组；10—下石炭统袁家沟组；11—上泥盆统冷水河组；12—上泥盆统南羊山组；13—中泥盆统杨岭沟组；14—中泥盆统大枫沟组；15—断裂构造线；16—不整合接触界线；17—锑矿床；18—金矿床

铜沟铅锌矿、金龙山金矿、丁家山—马家沟汞锑矿，中部有小河口金矿、牛家沟金矿、公馆汞锑矿、文岭金矿，南缘有南沙沟、关子沟、泗人沟等铅锌矿等，旬阳盆地是名符其实的“聚宝盆”。

2 矿床地质特征

2.1 地层

矿区地层由老到新为：

冷水河组 (D_3l)：下段岩性为石英杂砂岩夹板岩；中段岩性为灰—深灰色中—薄层状微—粉晶灰岩夹粉砂岩、板岩；上段岩性为浅灰色厚层状微晶灰岩、藻屑灰岩、细晶灰岩夹粉砂岩。在丘岭矿段，321 号金矿体赋存在此地层中。

南羊山组 (D_3n)：区域上南羊山组地层以毛家峡为界，西侧为板岩段，东侧为碳酸盐岩段，矿区位于毛家峡以西的板岩段。根据实测剖面，笔者将南羊山组地层划分为 5 个沉积旋回，每个沉积旋回为典型的向上变细的垂直层序，层序下部为粉砂岩，向上过渡为粉砂质板岩、钙质板岩、泥质板岩、炭质板岩、薄层灰岩。第一、二沉积旋回是主要的容矿层位。通过实测剖面对比，矿区西部以细粒碎屑岩—泥岩相为主，东部以碳酸盐岩相为主，相变界线大致在毛家峡一带，这样笔者将过去的相变界线由七里峡推至毛家峡一线，将找矿范围向东推移了约 10 km。南羊山组地层厚 700~1 200 m，地层中 Au 含量为 $(7.3\sim24.6)\times10^{-9}$ ，是上地壳丰度值 1.8×10^{-9} (Taylor, 1985) 的 4~13.6 倍，比下伏、上覆地层都高，所以南羊山组是矿区主要的金矿源层 (张复新, 1996) 和金的容矿层 (含矿率 92.5%)。

袁家沟组 (C_{1y})：灰色中薄层状含燧石条带、团块的细—微晶灰岩。覆盖在矿源层之上，对金矿床的形成起到圈闭作用，是矿区的次要含金层位 (含矿率 7.5%)，但是重要的含汞锑矿层位。

四峡口组 (C_{2s})：深灰色含铁质结核绢云千枚状板岩 (局部含炭) 夹细砂岩、粉砂岩。

2.2 构造

区域内发育一系列不同级别、不同规模但具成生联系的弧顶朝南的弧形构造，彼此之间互相制约、叠

加、复合, 形成一个复杂的弧形构造系统, 并且由此构成区域的主体构造, 基本上控制了该区的区域构造格架。矿区位于古楼山-石板沟弧形构造内。

古楼山-石板沟弧形构造: 展布于镇安板岩镇断裂南侧, 为一小型弧形构造, 弧顶位于腰俭一米粮一带, 西翼位于丘岭-古楼山一带, 东翼位于金龙山-石板沟一带。

弧顶位于腰俭一米粮一带, 由一系列 EW 向压扭性断裂破碎带和轴面北倾的紧闭背斜组成, 背斜枢纽与断裂呈 EW 向展布。

弧形构造西翼位于丘岭-古楼山一带, 呈带状展布, 自北而南有丘岭断裂、阳坡淌断裂、棋盘沟断裂等, 该断裂带产状走向舒缓波状, 断面北倾, 局部反倾, 倾角 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$, 其早期属 EW 向构造体系, 后期卷入弧形构造体系西翼。

弧形构造东翼发育在金龙山-石板沟一带, 主要由 NE 向断裂及褶皱组成。这些 NE 向断裂属早期 EW 向构造体系, 后期卷入弧形构造体系, 是矿区东部主要的控矿断裂。

2.3 矿体特征

按照矿体赋存层位的含矿率将矿体分为 2 大类, 一是主要容矿层位 (南羊山组, 含矿率 92.5%) 中的矿体, 二是次要容矿层位 (袁家沟组, 含矿率 7.5%) 中的矿体, 其特征分别如下。

(1) 主要容矿层位中矿体特征: 主要容矿层位之中矿体是指赋存于南羊山组地层中的各个方向构造带中的矿体。①EW 向矿体。EW 向矿体主要分布于弧顶部位, 如 207 号矿体位于腰俭矿段赵家沟北坡, 矿化带长 600 m, 走向近 EW ($270^{\circ}\sim 300^{\circ}$), 西段倾向北, 东段反倾, 倾角 $50^{\circ}\sim 80^{\circ}$, 平均 70° 。地表矿体长 490 m, 见矿真厚度 $0.42\sim 6.69$ m, 平均 1.45 m, 厚度变化系数 85%; 金品位 $(0.98\sim 11.63)\times 10^{-6}$, 平均 3.57×10^{-6} , 品位变化系数 121%。②NE 向矿体。NE 向矿体主要分布于金龙山矿段和丘岭矿段, 矿区内主要的富矿体是 NE 向矿体, 如 304-3 号矿体, 位于弧形构造西翼的丘岭矿段, 走向 35° , 倾向 NW, 局部反倾 (102 线), 倾角 $80^{\circ}\sim 85^{\circ}$, 平均 83° 。地表圈定矿体长度 597 m。见矿真厚度 $0.82\sim 35.8$ m, 平均 9.5 m, 厚度变化系数 105%; 金品位 $(0.94\sim 15.20)\times 10^{-6}$, 平均 3.56×10^{-6} , 品位变化系数 69%。矿体赋存于上泥盆统南羊山组 (D_3n) 地层内, 赋矿围岩为粉砂岩、粉砂质板岩、钙质板岩、炭质板岩、薄层灰岩等, 几乎包含了整个南羊山组各个岩性段。矿体受 NE 向断裂构造带和地层控制, 呈似板状, 并且与近 EW 向的 304-1、304-2、304-4、304-5 号等矿体斜交。矿石以角砾岩型为主, 金属矿物主要分布在角砾中, 而胶结物中并不多见。蚀变以硅化、方解石化为主, 地表矿化以褐铁矿化为主, 深部矿化以黄铁矿化、含砷黄铁矿化、毒砂矿化等为主。③NW 向矿体。NW 向矿体主要位于弧形构造西翼, 如 302 号脉出露于丘岭矿段与古楼山矿段之间的红岩沟、扇子凹一带。矿化带长 800 m, 总体走向 $330^{\circ}\sim 340^{\circ}$, 倾向 NE, 倾角 $57^{\circ}\sim 65^{\circ}$ 。地表圈出 302-1、302-2 两条矿体。302-2 号矿体长 410 m, 见矿真厚度 $0.92\sim 24.26$ m, 平均 7.59 m, 金品位 $(0.00\sim 10.16)\times 10^{-6}$, 平均 2.89×10^{-6} 。矿体赋存于上泥盆统南羊山组 (D_3n) 地层内, 赋矿围岩为粉砂岩、粉砂质板岩、薄层灰岩; 矿体受 NW 向断裂控制, 分枝复合特征明显, 次级断裂叠加复合部位矿体厚度增大、矿化好、品位高; 矿体形态呈透镜状、似层状。蚀变以硅化、方解石化为主, 矿化以褐铁矿化、黄铁矿化、毒砂矿化为主。④NS 向矿体。NS 向矿体在各个矿段中均发育, 如 313 号矿体出露于丘岭地区小洞沟一带。矿化带长 300 m, 走向 NS, 倾向西, 倾角 $53^{\circ}\sim 86^{\circ}$ 。地表矿体长度 290 m, 见矿真厚度 $1.00\sim 5.4$ m, 平均 2.75 m, 厚度变化系数 69%; 金品位 $(1.20\sim 5.00)\times 10^{-6}$, 平均品位 3.07×10^{-6} , 品位变化系数 35%。矿体赋存于上泥盆统南羊山组 (D_3n) 地层内, 赋矿围岩为粉砂质、钙质板岩夹薄层灰岩。矿体受 NS 向张扭性断裂控制, 呈似层状。蚀变以方解石、硅化为主, 矿化为褐铁矿化、黄铁矿化、毒砂矿化为主。

(2) 次要含矿层位中矿体特征: 次要含矿层位中矿体是指赋存于袁家沟组地层中的矿体。如 106 号矿体位于金龙山矿段东侧。矿化带长 1 000 m, 宽 $3.00\sim 12.70$ m, 走向 $40^{\circ}\sim 55^{\circ}$, 总体走向 45° ; 倾向 NW, 倾角 $76^{\circ}\sim 89^{\circ}$, 平均 81° 。地表圈定矿体长 290 m, 矿体呈似层状, 厚度 $0.96\sim 15.14$ m, 平均 6.45 m, 厚度变化系数 62%; 品位 $(0.32\sim 16.4)\times 10^{-6}$, 平均 3.14×10^{-6} , 品位变化系数 132%。矿体赋存于下石炭统袁家沟

组(C_{ly})中厚层微晶灰岩中,严格受NE向压扭性断裂带控制,沿走向、倾向上具分枝复合现象;矿化带以灰岩角砾为主,胶结物为石英、方解石、黄铁矿、褐铁矿等。

2.4 矿石特征

矿石分氧化矿石和原生矿石,主要是原生矿石。原生矿石类型按照金属矿物的分布状态可以分为:稀疏浸染状型、细脉浸染状型、条带状型、构造角砾岩型等。矿石中金属矿物有黄铁矿、含砷黄铁矿、毒砂、辉锑矿、褐铁矿等;非金属矿物为石英、方解石等,其他还有粉尘状与纹层状炭质、铁白云石、重晶石等。

2.5 金的赋存状态

含金黄铁矿具有“二层式”结构(沉积期内核-包裹金的含砷黄铁矿增生环带)。研究认为(张复新,1997),金龙山金矿床原生金矿石中,金矿物主要以 $0.04\sim 0.16\mu\text{m}$ 粒径大小的独立矿物存在,其形态呈小圆珠状或链球状。分布于含砷黄铁矿的增生体环带中,或分布于含砷黄铁矿和毒砂晶粒的边缘、晶面及微裂隙中。氧化矿石中,金矿物呈球粒状,粒径 $15\sim 20\mu\text{m}$,分布于褐铁矿附近复杂矿物的晶粒间隙及显微裂隙、岩石孔洞中。

2.6 找矿标志

(1)地层岩性标志:矿区已发现金脉40条,其中分布于南羊山组(D_3n ,矿源层)粉砂岩、粉砂质板岩、钙质板岩、炭质板岩及薄层灰岩中的矿脉有37条,占92.5%;分布于盖层袁家沟组中厚层灰岩中的矿脉有3条,占7.5%。所以南羊山组地层及其细碎屑岩、不纯碳酸盐岩是最重要的找矿标志之一。

(2)构造复合部位标志:区内弧形构造控制着所有矿化体。在弧顶(腰俭矿区)主要由EW向断裂控制矿化体;在东(金龙山及其东部)西(丘岭、古楼山矿区)两翼主要由NE向和NW向断裂构造控制矿化体。不同方向的构造交汇部位是工业矿体赋存的主要场所,如丘岭矿段内304-3与304-1、304-4、304-5等交汇形成的IV号露天采场。所以构造叠加复合部位是找矿的标志之一。

(3)蚀变矿化标志:热液期具有增生环带含砷黄铁矿及他形、细脉状黄铁矿与金关系密切的特征,是直接找矿标志;在地表,褐铁矿是直接找矿标志;在矿区东部,锑矿化较弱部位则会有金矿化,垂向剖面上(盘、部)有锑矿,下(盘、部)有金矿,所以锑矿化是找金的标志之一;石英-方解石细脉产出时,则间接指示金矿化体。

(4)金异常标志:金龙山矿区4个1:5万水系沉积物异常,其中3个找到了金矿体,所以化探异常是重要的找矿标志之一。

2.7 成矿规律

(1)构造复合部位是成矿的重要场所

由区域构造应力场的更迭和变形过程中边界条件改变而派生出的局部构造应力场的转换,不同地质时期所发生的构造形迹交织、叠置在一起,构成研究区繁杂的构造变形图像,表现出不同构造体系之间的多重复合关系(杜子图,1998)。金龙山成矿带内矿化体的赋存不是单方向的矿化体的存在,而常常是两种或多种方向、多期次形成的矿化体叠加在一起形成矿化体组合。金龙山矿区主要构造体系间复合关系与矿化体赋存状态可分为2大类,一是赋存在矿源层(D_3n)之内的矿化体组合;二是赋存在盖层(C_{ly})之中的矿化体组合。

赋存在矿源层(D_3n)之内的矿化体组合:EW向构造体系与弧形构造体系的复合及其控矿特点,EW向构造体系形成较早,在NS向应力持续作用下,弧形构造形成。在弧形构造形成过程中,弧顶的EW向断裂,一部分为新生的,而多数为继承早期EW向断裂构造的基础上发展而成,因此在弧顶一带两者之间常呈归并、重接复合关系。而弧形构造两翼,两者之间呈斜接复合为主。NS向构造体系是继承早期EW向构造体系内NS向横张断裂的基础上形成的,两者之间是归并复合关系。EW向构造体系与其他方向断裂组合控矿有以下几种类型。

EW+NS 向张扭断裂型 在 EW 向剪切褶皱带内矿化体之上又叠加了 NS 向张扭性断裂充填型矿化体, 形成了既有 EW 向矿脉又有 NS 向矿脉的组合, 如丘岭矿段的 303 号矿脉, 金龙山的 103 号矿体西部。

EW+NE 向断裂型 在 EW 向剪切褶皱带内矿化体之上又叠加了 NE 向压扭性断裂控制的矿化体所形成的组合, 是本区最为主要的一个矿化体复合类型, 如丘岭矿段的 304-3 号矿脉, 在 102 线 NE 向 304-3 号矿体与 NWW 向 304-4、304-5 号矿体交汇形成厚大的富矿体。

东西+北西向断裂型 在 EW 向剪切褶皱带内矿化体之上又叠加了 NW 向压扭性断裂控制的矿化体所形成的组合, 如丘岭矿段的 315 号矿脉。

赋存在盖层 (C_{1y}) 之中的矿化体组合: 在金龙山及其东部存在着切穿矿源层及盖层的深大断裂控制的矿化体, 其本质是由 EW 向剪切褶皱带和斜切断裂共同组合控制。如金龙山矿段的 103、106 号矿脉, 由 EW+NE 向断裂组合控制。

(2) 南羊山组地层是主要容矿层位

南羊山组地层是本区的重要矿源层之一 (张复新, 1997), 又是重要的容矿层位 (刘新会, 2006)。金龙山矿区内已发现的 40 条矿脉中的 37 条均赋存在南羊山组地层中, 占 92.5%, 它们主要分布于腰俭、丘岭、古楼山矿段、金龙山矿段西部; 其他 3 条分布在金龙山矿段东部袁家沟组地层中, 其比例占到 7.5%。充分说明南羊山组地层是本矿区的重要含矿层位。

南羊山组地层在不同矿段出露位置又决定了其内矿化体的含矿性。古楼山矿段中含矿层南羊山组地层 (D_{3n}) 分布在古楼山背斜的北翼向斜中, 成矿条件不是很好。仅 NW 向断裂斜切在矿源层之上, 赋存有金矿化体, 如 401、402 号矿体; 丘岭矿段中, 南羊山组地层 (D_{3n}) 位于背斜核部, 叠加在其上的 EW、NE、NW、NS 向断裂均赋存金矿; 腰俭矿段, 南羊山组地层 (D_{3n}) 位于倒转背斜核部, 且腰俭矿区位于弧形构造弧顶, 所以发育着 EW 向为主的矿化体; 金龙山矿段, 发育在矿源层南羊山组地层 (D_{3n}) 之中的 NE、NW、EW 向断裂中均赋存有金矿化体。发育在盖层袁家沟组地层 (C_{1y}) 之中的 NE 向断裂上盘赋存有锑矿化体, 下盘赋存有金矿化体。正所谓“上 (盘、部) 有锑矿下 (盘、部) 有金矿”。

(3) 锑金伴生成矿

锑金矿主要出现在金龙山及以东地区, 据金龙山矿段 103、106 矿脉锑金关系, 笔者总结出, “上 (盘、部) 有锑矿下 (盘、部) 有金矿” 的规律。既切穿矿源层 (D_{3n}) 又切穿其上部盖层 (C_{1y}) 的断裂上部赋存有锑矿化体, 下部赋存有金矿化体, 如 103 脉; 或断裂上盘赋存有锑矿化体, 下盘赋存有金矿化体, 如 106 脉 (图 2)。金龙山以东的几个短轴背斜中, 主要出露的地层为盖层 (C_{1y} 、 C_{2s}), 参照金龙山成矿模式, 在此区域内地表主要为锑矿化体, 在锑矿下盘及其下 (深) 部矿源层南羊山组地层 (D_{3n}) 中极有可能出现金矿化体。

(4) 矿体垂向延伸较大

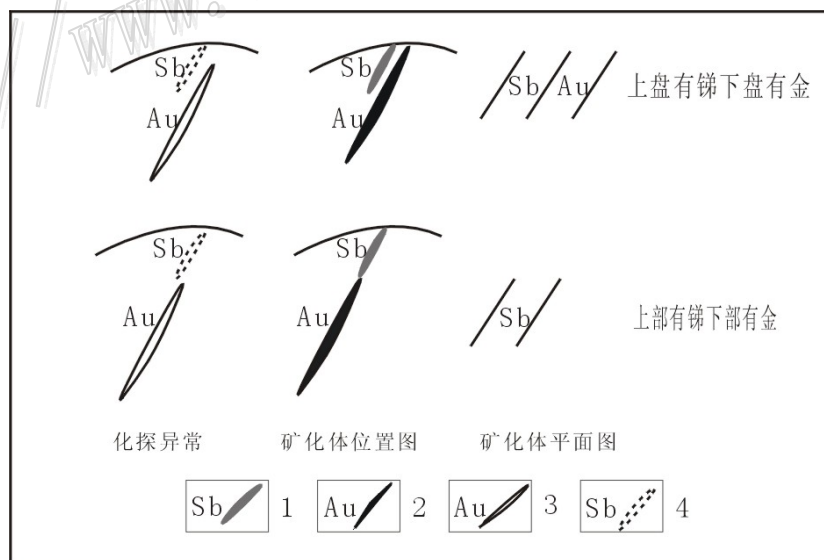


图 2 金龙山矿区东部金锑矿体位置图

1—锑矿体; 2—金矿体; 3—金异常; 4—锑异常

表 1 锡铜沟—金龙山—马家沟铅锌-金-汞锑矿床基本特征

矿区	矿种	地层	矿床类型	构造背景	成矿时代
丁-马矿带	Hg、Sb	C _{1y}	海底喷流沉积-构造热液改造型	造山带	印支中期-燕山晚期 85~240 Ma
金龙山	Au	D _{3n} -C _{1y}	沉积-构造热液改造型（微细浸染型）	造山带	印支中期-燕山晚期 224~411 Ma
锡铜沟	Pb、Zn	D _{2y} 、D _{2d}	同沉积成矿-后期热液改造型	裂谷-沉积凹陷带	印支期-燕山期 360~702 Ma

金龙山背斜是一个上部紧闭下部宽缓背斜，南羊山组地层（D_{3n}）在地表出露较少，矿化体在地表延长不大，但在深部延伸很大，如 103 号矿脉，矿化带长 260 m，宽 4.00~15.00 m，平均 8.50 m，走向 260~80°；倾向 NNE，倾角 70~80°。矿体位于金龙山背斜南翼靠近轴部，赋存于南羊山组薄层灰岩与钙质板岩互层中，形态呈板状，总体呈近 EW 向展布，东部转为 NE 向，主要受顺层断裂控制；目前圈出 3 个矿体（图 2）。地表矿体长 120 m，厚度 3.84~12.26 m，平均 7.84 m，厚度变化系数 71 %；金品位为 $(1.03\sim33.53)\times 10^{-6}$ ，平均 5.36×10^{-6} ，品位变化系数 137 %；矿石由浸染状黄铁矿、毒砂、辉锑矿、金等金属矿物组成。在 80 线，工程控制矿体最高标高 778 m，最低标高 200 m，目前控制深度达 600 m。走向与倾向延伸之比为 1:6，此矿脉具有极强的代表性和指示意义。

（5）成矿系列的建立

笔者研究了赋矿岩层、岩性，控矿构造，成矿演化过程（表 1），认为锡铜沟—金龙山—马家沟铅锌-金-汞锑是一个沉积-改造型成因为主的成矿系列；为 V 级锡铜沟—金龙山—板岩镇多金属成矿带。

总之，金龙山成矿带，自西向东，出露地层越来越新（D_{3l}—C_{1y}），控矿层位由老到新，矿化体赋存层位由矿源层到盖层；构造控矿形式由多样组合（剪切褶皱带叠加次级断裂）到单一的断裂控矿；矿体形态由复杂（囊状、板状、似板状、透镜体）到简单（板状）；矿石类型由多种组合到单一类型。

3 成矿模式

金龙山金矿床矿化体赋存在矿源层及其盖层之中，形成“二层楼”模式；矿源层中的层间矿体、接触带中的矿体与断裂带中的矿体在空间上和成因上是相通的，形成“三位一体”模式；自西向东分布有 Pb、Zn 矿床-Au 矿床-Hg、Sb(Au)矿床等组成的成矿系列；在成矿带东部有“上（盘、部）有锑矿下（盘、部）有金矿”模式。

3.1 “二层楼”模式

在金龙山地区，矿源层南羊山组板岩和薄层灰岩中赋存有金矿化体，其上部的盖层袁家沟组中厚层灰岩中也赋存有金矿化体，形成所谓的“二层楼”模式。丘岭、古楼山、腰俭矿段内金矿化体主要赋存于“二层楼”的下部形成楼下矿—丘岭式金矿；金龙山矿段内金矿化体主要赋存于“二层楼”的上部形成楼上矿—金龙山式金矿（图 3）。按照矿化体赋存部位总结出丘岭式成矿模式和金龙山式成矿模式。

（1）矿源层之内矿体的成矿模式

（丘岭式成矿模式）赋存于地层中的 Au²⁺等成矿元素在华力西晚期-印支早

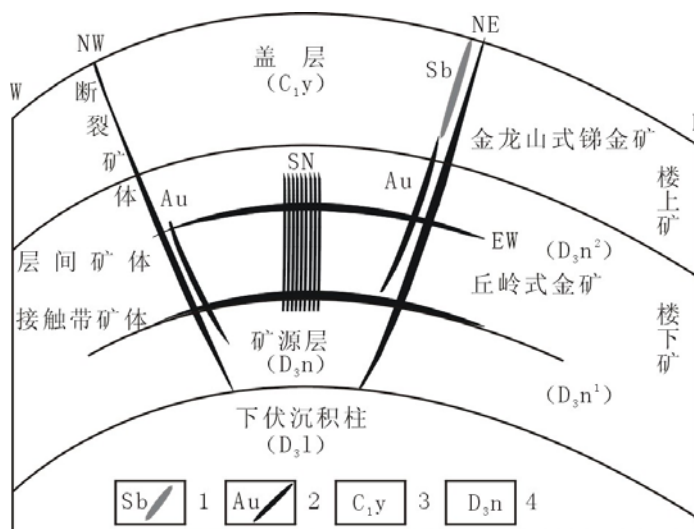


图 3 金龙山金矿成矿模式图

1—锑矿体；2—金矿体；3—下石炭统袁家沟组；4—上泥盆统南羊山组

期, 在构造应力作用下, 于上泥盆统南羊山组 (D_3n) 地层中初次富集形成矿源层; 印支中期-燕山中期, 在 NS 向挤压作用下形成 EW 向挤压剪切断裂带, 首先在矿源层中, 成矿流体沿层理或斜切地层的 EW 向断裂中侧向运移, 与围岩发生交代作用形成蚀变体, 局部形成矿(化)体, 如 304-1、304-2、207 等矿脉。随着递进形变的发生, NE、NW 向压扭性断裂及 NS 向横张节理发育, 成矿流体的二次活化, 侧向迁移形成矿化体, 如 315、318、304-3 等矿体, 形成了复杂多样的丘岭式金矿床。

(2) 盖层之中矿体的成矿模式(金龙山式成矿模式) 部分递进式发育的 NE、NW 剪切断裂穿透盖层 (C_{1y}), 形成良好的通道, 成矿流体上涌在断裂破碎带中形成矿化体, 其上盘及上部是辉锑矿脉, 下盘及下部是金矿化体, 如 103、106 号矿脉, 形成金龙山式锑金矿床。

3.2 “三位一体”模式

在金龙山矿区, 矿体的赋存形式有断裂矿体、层间矿体、接触带矿体等三种形式。各种形式矿体既有独特个性, 又有内存联系, 均以断裂为通道相互连为一体, 称为“三位一体”成矿模式(图 3)。“三位一体”成矿模式, 强调了矿体之间的空间联系和成因关系, 更为直观地表达了矿体的产出规律。

3.3 “上(盘、部)有锑矿下(盘、部)有金矿”模式

在金龙山矿区及其东部, 切穿矿源层及其上部盖层的断裂, 具有上(盘、部)是锑矿化体, 下(盘、部)是金矿化体的特征。

4 成矿预测

金龙山金矿主要受构造与地层、岩性联合控矿。找矿标志及成矿规律为成矿预测提供更具体的构造信息、矿化蚀变信息、地层岩性信息、元素地球化学信息, 结合建立的成矿模式, 对本区的成矿预测探讨如下。

(1) 金鸡岭向斜北翼找矿远景区: ①丘岭—腰俭深部找矿问题: 丘岭—腰俭矿段, 赋矿层位主要是矿源层 (D_3n), 主要控矿断裂为 NE、EW、NW 向脆性剪切带, 按脆性剪切带的规模来看, 笔者认为 EW 向、NE 向断裂带、背斜核部是下一步找矿的主要方向。尤其是腰俭矿段位于弧顶部位, 目前工程仅仅控制了背斜顶部, 其深部具有很大的前景。丘岭矿段位于弧形构造西翼, 今年施工的钻孔见矿率极高, 在其西部出露的南羊山组地层与 NW 向断裂发育, 深部及 NE、NW 向断裂、背斜核部是下一步找矿的主要方向。深部找矿是矿产勘查体系中的最高层次, 近年来全球范围内一些大型和特大型金属矿床的发现无不是以矿床模型为先导, 地、物、化、遥联合攻关的结果。自 20 世纪末在深部发现了卡林型米克尔金矿 (398 m, 140 t)、高沙漠金矿 (450 m, 60 t)、绿松石岭金矿 (450 m, 155 t)、波斯特—贝茨金矿 (500 m, 311 t), 因此, 笔者认为同为卡林型金矿的金龙山金矿深部找金具有很大的前景。②金龙山及其东部地区找矿问题: 目前在金龙山矿段内, 主要的矿化体赋存在下石炭系统袁家沟组地层内, 而其下伏的矿源层才是主要的含矿层位, 依据“上(盘、部)有锑矿下(盘、部)有金矿”的规律, 金龙山矿段及其以东汞锑矿带赋存地区 NE 向深大断裂带内寻找金龙山式锑金矿很乐观。③古楼山及西部找矿问题: 矿源层 (D_3n) 位于锡铜沟—东长沟向斜中, 成矿条件并不甚好, 但 NW 向断裂斜切矿源层部位发育有 II 号金异常, 其浓集中心明显, 经类比丘岭矿段矿脉出露部位, 推测阳坡淌地表控矿部位仅是背斜上部尖棱部位, 其深部可能会出现丘岭式金矿。④金鸡岭向斜北翼已确立了锡铜沟—金龙山—丁一马铅锌—金—汞锑矿成矿系列, 那么笔者将 Hg、Sb 与 Au 过渡带及 Hg、Sb 下部作为 II 类找矿靶区; 将 Pb、Zn 与 Au 过渡带作为 III 类找矿靶区。

(2) 金鸡岭向斜南翼找矿远景区: 金鸡岭向斜南翼, 类比金龙山, 用“上有锑下有金”的成矿模式, 在公馆—马家沟汞锑矿化体下部及下盘探寻金矿化体, 按照成矿系列理论的“全位成矿”与“缺位找矿”的思路, 在月西 Pb-Zn 矿与公馆 Hg-Sb 矿之间的小河口、牛家沟一带寻找类似于金龙山式的超大型金矿。相信在不久的将来, 经过不懈的努力, 在金鸡岭向斜周边有望形成“两带并蒂, 多矿种并存”的找矿格局。

参考文献

- 杜子图, 吴淦国. 1998. 西秦岭地区构造体系及金成矿构造动力学[M]. 北京: 地质出版社. 58-60.
- 卢纪英, 李作华, 张复新. 2001. 秦岭板块金矿床[M]. 西安: 陕西科学技术出版社. 326-336.
- 刘新会, 于 岚, 等. 2005. 甘肃岷县寨上金矿床地质特征及成因初探[J]. 西北地质, 38(4): 45-53.
- 刘新会, 魏宽义, 等. 2005. 金龙山-丘岭金矿床成矿流体的储运规律及区域找金方向[J]. 地质找矿论丛, 20(增刊): 10-15.
- 刘新会, 刘 爽, 曹东宏, 等. 2003. 构造式样组合对卡林型金矿含矿热液封存的控制[J]. 地质找矿论丛, 8(增刊): 32-35.
- 刘新会. 2006. 南秦岭金龙山金矿床金矿物演化特征[J]. 矿床地质, 25(增刊): 213-218.
- 马中元, 魏宽义. 2005. 陕西镇安丘岭微细浸染型矿床金矿化过程中元素活动规律[J]. 西北地质, 38(1): 73-77.
- 马 光, 刘继顺, 宫 丽. 2004. 秦岭地区卡林金矿地质特征[J]. 黄金, 2(3): 8-12.
- 钱壮志. 2003. 秦祁昆成矿域古生代区域成矿规律[J]. 西北地质, 36(1): 34-40.
- 王瑞廷, 赫 英. 2000. 超大型金矿床比较研究初探[J]. 西北地质, 33(4): 1-10.
- 杨志华. 1991. 边缘转换盆地的构造岩相与成矿[M]. 北京: 科学出版社. 45-63.
- 张复新, 魏宽义, 等. 1997. 南秦岭微细浸染型金矿床地质与找矿[M]. 西安: 西北大学出版社. 103-138.
- 张复新, 马建秦. 1999. 金龙山-丘岭卡林型金矿床成矿特征[J]. 地质与勘探, 30(5): 2-28.
- 张复新, 肖 丽, 齐亚林. 2004. 卡林型-类卡林型金矿床勘查与研究回顾及展望[J]. 中国地质, 34(4): 406-411.
- 张复新, 张旺定, 张正兵. 2000. 秦岭造山带金矿床类型与构造背景[J]. 黄金地质, 6(4): 8-12.
- 张复新. 1997. 南秦岭沉积岩型金矿成矿潜力与找矿前景分析[J]. 西北地质, 18(3): 12-17.
- 朱华平, 叶 磊, 甘宝新, 等. 2003. 山柞镇旬地区盆地体制与金属成矿关系[J]. 西北地质, 36(1): 52-57.

<http://www.kcdz.ac.cn/>