

秦岭地区类卡林型金矿成矿特征和找矿方向

涂怀奎

(核工业西北地质局 214 大队, 陕西 城固 723200)

摘要: 秦岭金矿床产于浅变质沉积岩区, 韧性剪切带和大型断裂带控制金矿和成矿带的分布, 矿床地质特征与美国卡林型金矿类似, 故称类卡林型金矿。秦岭地区金矿分为南带和北带, 在阐述各带大中型矿床成矿特点的基础上, 提出了进一步的找矿方向和找矿标志。

关键词: 类卡林型金矿; 成矿特征; 找矿方向; 秦岭地区

中图分类号: P613; P618.51 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2005)04-0258-06

1 卡林型金矿床

“卡林型”金矿最早由美国人 S·拉德克 1974 年提出。当时是指产于渗透性良好的角砾薄层碳质粉砂质碳酸盐岩中的微细浸染状金矿床。自 20 世纪 60 年代起, 在美国内达华州发现一条近 SN 走向、长达 960 km 的含砷金矿带, 包含卡林、格彻尔、科特兹在内的共 20 多个金矿床, 矿床规模 10~150 t, $w(\text{Au}) = 9 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$ 。早期因勘察深度浅(一般在 180~300 m), 均属低品位、大吨位的金矿床。1987 年找矿工作取得重大突破^[4,5], 在波斯特矿床打了深钻, 发现了高品位、大吨位的金矿体, 浅部矿体约 40 t, 品位 2×10^{-6} ; 而深部矿体储量 68.5 t, 品位 13.7×10^{-6} 。1974~1986 年开采的是硅质围岩中的氧化矿石。1987 年, 巴利特克矿业公司和纽芒特矿业公司开始开采深部的贝茨矿体和波斯特矿体, 截止 1998 年, 共生产了大约 325 t, 贝茨金矿深部矿体金储量超过 1 000 t, 平均品位 6.4×10^{-6} 。内达华州卡林金矿带共有 50 多个金矿床, 贝茨金矿是其中之一, 估算储量 3 200 t, (Chisten, 1996; Jackson, 1997)。

在我国秦岭地区已发现卡林型金矿 20 多处^[1-3], 如甘肃拉尔玛、李坝、罗坝、马泉金矿(多产于铀成矿区), 陕西庞家河、八卦庙、双王、二台子金矿, 近年又发现大水、阳山和丁家林—太阳坪等大型、特大型金矿。但相对美国卡林地区而言, 秦岭地区金矿床的规模较小, 金矿品位较低, 勘查深度较浅。发

现较早的是太白双王金矿。为 1965 年陕西地质三队在检查 1: 20 万重砂异常时发现, 但当时认为属小矿, 不宜开采; 1986~1987 年用化探方法发现甘肃拉尔玛、邛莫和坪定金矿。1988 年双王金矿万吨级堆浸试验获得成功, 使金矿一跃成为特大型金矿; 80 年代发现礼县马泉等金矿、陕西庞家河、马鞍桥等大型金矿。90 年代在甘南地区又发现多处大型、超大型金矿, 如阳山(超大型)、格尔柯(超大型)和丁家林—太阳坪(大型、中型)。

涂光炽指出, 硅灰泥岩是铀矿地质界 30 年来惯用语, 同样岩石组合所反映的地质背景、沉积环境、成矿特征、元素组合、围岩蚀变等, 对金矿来说便十分类似所谓卡林型金矿了, 通称类卡林型金矿, 广义地说也叫卡林型金矿。作者根据卡林型金矿的特征与秦岭类卡林型金矿对比, 总结以下 4 条特征见表 1。秦岭地区的类卡林型金矿分为南、北两带, 兹分述如下。

2 秦岭北带类卡林型金矿地质特征

2.1 北带西段(李坝—庞家河)金矿地质特征

该区自 80 年代于李坝、罗坝、马泉发现中川岩体外接触带铀矿床之后找到一系列金矿, 经堆浸试验之后获得较好的成果, 经对比研究认为成矿特征与美国卡林型金矿十分类似, 而核工业 214 队在白水江虞关地区发现的一系列小型蚀变岩型与煌斑岩金矿与该区金矿亦十分相似。西段的类卡林型金矿地质特征对比见表 2。

表1 卡林型金矿与秦岭类卡林型金矿对比

Table 1 Comparison of Carlintype Au deposits and Carlin like Au deposits in Qinling area

| 特征对比 | 卡林型金矿(美国内达华) | 类卡林型金矿(中国秦岭) |
|---------|---|---|
| 产出与地层时代 | 产于沉积岩区(含火山岩) 下古生代志留系、泥盆系 | 产于轻微变质沉积岩区 下古生代泥盆-志留系、三叠系 |
| 岩系与构造特征 | 细碎屑岩、碳酸盐岩、泥岩、含硫白云岩等 | 泥质岩、变质砂岩、千枚岩、绢云母石英片岩、硅灰岩、白云岩 |
| 元素与矿物组合 | Au, As, Ag, Sb, Hg, Ba, Tl 中低温元素为主, 自然金、自然砷、辉锑矿、辰砂、雄黄、雌黄、辉铋矿、毒砂、方铅矿、闪铋矿 | Au, As, Ag, Sb, Hg, Ba, Tl 中低温元素为主, 自然金、毒砂、黄铁矿、含砷黄铁矿、雄黄矿、雌黄、辉铋矿、方铅矿、闪铋矿 |
| 赋存状态与蚀变 | 金粒度很微细, 浸染状含碳少量, 载金矿物多为黄铁矿。具硅化、粘土化、碳酸盐化 | 金粒度微细为主, 少量细粒含少量碳; 载金矿物有黄铁矿、毒砂。具硅化、粘土化、绢云母化 |

表2 秦岭北带西段类卡林型金矿地质特征

Table 2 Geological characteristics of Carlin like Au deposits in west part of north Qinling belt

| 矿床名称 | 赋存层位与岩性 | 金属矿物 | 特征元素 | 规模 | 矿床组合 | 侵入岩 |
|---------|-----------------------------|-----------------------|------------------------|------|--------------|------------------|
| 李坝金矿 | 中泥盆统粉砂岩、泥板岩(含斑)、灰岩 | 黄铁矿、毒砂、方铅矿、闪铋矿、黄铜矿 | Ag, As, Cu, Pb, Zn | 大型 | 金-铀组合 | 中川花岗岩 |
| 罗坝金矿 | 中泥盆统泥质粉砂质板岩, 含斑点 | 黄铁矿、毒砂、辉铋矿、方铅矿 | Ag, As, Sb, Pb, Hg | 中型 | 金-铀组合 | 中川岩体 |
| 马泉金矿 | 中石炭统(中泥盆统)斑点状泥板岩, 含泥粉砂板岩、灰岩 | 毒砂、黄铁矿、闪铋矿、雄黄、雌黄 | As, Zn | 中型 | 含煌斑岩金矿 | 中川岩体 |
| 安家岔金矿 | 中泥盆统粉砂质板岩(含斑点)、白云质灰岩 | 黄铁矿、毒砂、自然金 | As, Au | 中型 | 金-铅-锌矿、含金煌斑岩 | 草关、黄渚关岩体 |
| 庞家河金矿 | 千枚岩、粉砂质板岩、泥岩(含碳)灰岩, 泥盆系为主 | 黄铁矿、毒砂、自然金、银金矿 | As, Au, Ag | 大型 | 含As突出 | 凤县岩体 |
| 美国格彻尔金矿 | 志留系含碳泥岩和灰岩 | 黄铁矿、雄黄、辰砂、辉铋矿、自然金、自然银 | As, Hg, Sb, Ba, Ag, Au | 150t | 金-汞-重晶石矿带 | 花岗闪长岩(105~87 Ma) |

资料来源: 卡林金矿资料来自核工业西北 209 所: 金矿床及找矿, 1987。

北带西段微细浸染型金矿与美国卡林格彻尔金矿十分类似。

(1) 赋矿地层均以沉积泥质岩和灰岩为主。本区的岩石中多具有斑点状构造, 后经热液蚀变作用, 原来的斑点消失, 称之退斑作用。如果出现退色蚀变带, 指示本区的金矿化范围, 而出现退斑带则指示较强金矿化的范围。地表斑点常被氧化淋滤掉, 石英斑点孔洞多, 斑点状构造出现在距中川花岗岩体 1~5 km 范围。温度 300~400℃, 从李坝→罗坝→马泉→安家岔因围岩性质不同, 出现不同的斑点构造, 受多种因素控制, 是本区主要的找金标志。

(2) 特征元素与金属矿物关系密切, 是金矿的指示元素, Au 与 As 关系密切。但各矿床是有差别的, 从空间上看出现了伴生元素分带, 从南到北: 在中川岩体接触带出现李坝、罗坝、马泉 3 个矿床, 它们的元素组合是: Ag, As 与 Cu, Pb, Zn → Ag, As, Sb, Pb → As, Zn。初步分析, 罗坝伴生元素以 Ag, As, Sb, Hg 等前缘元素居多, 而安家岔元素单一, 显示罗坝

金矿剥蚀程度较小, 金矿体偏上部, 而安家岔金矿剥蚀程度较大。

(3) 金矿与毒砂的关系。马泉、庞家河、安家岔、崖湾 4 个矿床都显示出 Au 与 As 的密切关系, 表现在不同阶段 As, Au 相互叠加, 具有共同点: 成矿早期以毒砂为主, 出现大量结晶完好的粗粒毒砂, 金矿化较弱, 不出现多硫化物; 主成矿期出现大量毒砂, 其找矿标志是: 出现大量细粒、脉状毒砂、黄铁矿、方铅矿等。一部分叠加在早期毒砂之上, 一部分出现于退色蚀变岩石之中。黄铁矿与毒砂为主要的载金矿物, 据统计, 黄铁矿中 $w(\text{Au}) = 20 \times 10^{-6} \sim 60 \times 10^{-6}$, 而毒砂中平均 $w(\text{Au}) = 118 \times 10^{-6}$ 。晚期的细粒毒砂及细粒胶状黄铁矿金含量明显高于早期粗粒毒砂与黄铁矿, 且黄铁矿均以富 As 为特点。黄铁矿 $w(\text{Co}) = 90 \times 10^{-8} \sim 378 \times 10^{-8}$, $w(\text{Ni}) = 115 \times 10^{-8} \sim 1000 \times 10^{-8}$, Co/Ni 值 < 1, 表明成矿物质金主要来自沉积地层。

(4) 花岗(闪长)岩与金(铀)的关系^[7,8]。中川复

式花岗岩东边斑点状蚀变带控制了李坝、罗坝和马泉金矿床,它们之间分布两个花岗岩型铀矿(7901, 7902)。马泉金矿位于马泉—洮坪—凤县近EW大断裂附近,北侧有庞家河金矿,受凤县佐家庄花岗岩控制。EW向大断裂早期剪切作用发育,控制斑点状板岩,后期的构造薄弱带、蚀变碎裂岩、角砾岩多为脆性断裂产物,叠加于韧性断裂之上,伴随热液活动,使金源多次分配、运移、富集成矿。中川复式岩体^[7]以印支期为主(K-Ar法, 198~227 Ma)而岩体中心为燕山期产物(K-Ar法, 174~204 Ma),含铀高(29×10^{-6}),是形成本区铀矿主要的物源,加之后期含铀热液再造富集,形成粘土与硅质脉叠加型矿化和晚期淋积富集型矿化;前者占53.1%,后者占

46.7%。庞家河金矿受印支期花岗岩控制^[8],位于岩体外接触带,与中低温热液蚀变关系密切,富含Au, As, 主要赋金矿物为毒砂和黄铁矿。

(5) 煌斑岩与金矿关系。马泉与安家岔金矿都有煌斑岩型金矿石, 主要表现蚀变煌斑岩与蚀变粉砂质板岩同时出现, 与金矿关系密切; 白水江虞关地区与之相似^[9, 10]。中细粒五角十二面体与浸染状毒砂增多, 金矿化增强, 表明本区类卡林型金矿具有独特性, 深源煌斑岩促使金的质量分数增加, 同时也是重要的找矿标志。

2.2 北带东段(凤县—镇安)金矿地质特征

北带东段类卡林型金矿地质特征见表3, 该区金矿具有以下特点:

表3 秦岭北带东段类卡林型金矿地质特征

Table 3 Geological characteristics of Carlin like Au deposits in east part of north Qinling belt

| 矿区 | 地层岩性 | 控矿构造 | 含矿岩体 | 围岩蚀变 | 金属矿物 | 金的粒度 | 特征元素 | 规模 | 矿床组合 |
|---------------------------|--------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------|------------------------------------|------|-----------------|
| 双王金矿 | 中泥盆统泥质板岩, 夹钠长板岩 | 含金钠长角砾岩, 花岗闪长岩(148~213 Ma) | 钠长石白云石角砾岩、黄铁矿碳酸盐角砾岩 | 钠长石化为主, 岩体接触带有黄铁矿化 | 铁白云石为主, 次为钠长石、碲金矿、黄铜矿、方铅矿、毒砂 | 浸染状金矿为主, 赋存于黄铁矿中 | Au, Tl, Bi, Cu | 特大型 | 凤太铅锌矿田内部 |
| 马鞍桥金矿 ^[12, 3] | 上泥盆统变质细碎屑岩、泥质岩, 含碳 | 受EW向韧性剪切带、断裂带控制, 旁侧有花岗岩(200 Ma) | 绢云母石英千枚岩、黑云母绢云母千枚岩与碳质绢云母片岩 | 硅化、绢云母化、黄铁矿化、碳酸盐化、绿泥石化 | 黄铁矿、磁黄铁矿为主, 毒砂、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、辉铋矿 | 自然金呈显微状、超显微状被碳质、泥质吸附 | Au, Ag, Cu, Zn, Co, Ni, As, Se, Ba | 大型 | 西北6 km有铅锌银硫矿田 |
| 二台子金矿 ^[11] | 中泥盆统白云质灰岩、大理岩 | 断层角砾岩、二台子断裂带北侧 | 角砾岩、蚀变含碳大理岩 | 黄铁矿、硅化、铁碳酸盐化、重晶石化 | 自然金、黄铁矿、砷黝铜矿、辰砂、黄铜矿 | 浸染状金矿产于黄铁矿中 | Au, As, Hg, Ba, Ag | 中型 | 产于Hg-Sb矿及重晶石矿边缘 |
| 丘岭金矿 ^[11] | 中泥盆统凝灰质细碎屑岩、碳酸盐岩 | 二台子断裂南侧断陷盆地 | 粉砂质岩、粉砂质页岩、钙质页岩含粉砂粒屑灰岩 | 含砷黄铁矿化、毒砂化为主, 辉铋矿化 | 黄铁矿、毒砂、砷黄铁矿、辉铋矿 | 次显微金分布在含砷黄铁矿与毒砂中 | Au, As, Sb, Hg, | 中型 | 南有公馆—回龙Hg-Sb矿床 |
| 金龙山金矿 | 中泥盆统、石炭系含燧石条带灰岩 | EW向断裂控矿, 矿区为NW, NE | 薄层灰岩夹碳质钙质页岩 | 硅化、方解石化、碳酸盐化 | 黄铁矿、辉铋矿 | 微细浸染状金矿 | Au, Hg, Sb, As | 大型 | 铋矿区 |
| 旬阳小河惠家沟金矿 ^[11] | 中泥盆统碎屑生物灰岩、砂质千枚岩 | 层间断层、压扭性劈理构造 | 粉砂质千枚岩为主, 钙质千枚岩、白云质千枚岩 | 硅化、黄铁矿毒砂化、绿泥石化、绢云母化 | 黄铁矿、毒砂、自然金、黄铜矿、辉铋矿、白钨矿、方铅矿 | 超显微金矿为主, 稀疏浸染状 | Au, As, Hg, Sb, Ba | 大型 | 位于公馆Ba-Hg-Sb矿田 |
| 美国科兹特金矿 | 泥盆志留系, 含碳 | 断层与构造窗 | 碳酸盐岩, 含碳白云质粉砂岩, 钙质白云质灰岩 | 硅化、黄铁矿化、粘土化、脱钙退色 | 黄铁矿、赤铁矿、针铁矿、自然金、毒砂、黄铜矿、闪锌矿 | 呈浸染状产于石英赤铁矿-针铁矿中, 含黄铁矿 | Au, As, Hg, W, Ba | 30 t | 产于汞矿和重晶石矿带 |

资料来源: 卡林金矿资料来自核工业西北209所: 金矿床及找矿, 1987。

(1) 双王金矿不仅是一个特大型的金矿,而且是一个特大型钠长石矿。钠长角砾岩呈带状,规模大,是重要的找矿标志。角砾成分简单,胶结物为一套典型的热液矿物。金矿物有自然金、碲金矿、铋碲金矿,大部分呈裂隙金和晶隙金产于黄铁矿中,网脉状黄铁矿 $w(\text{Au}) = 41.3 \times 10^{-6} \sim 190.99 \times 10^{-6}$;脉状黄铁矿 $w(\text{Au}) = 1.93 \times 10^{-6} \sim 11.94 \times 10^{-6}$,钠长石脉中浸染状黄铁矿 $w(\text{Au}) = 8.8 \times 10^{-6} \sim 22.42 \times 10^{-6}$ 。钠长角砾岩的原岩主为钠长板岩类,常与粉砂质绢云母板岩互层,层纹、层理发育,显示沉积成因。与西坝花岗闪长岩接触, K-Ar 年龄 148.1~213.5 Ma, 提供了金矿成矿的热源。

(2) 马鞍桥金矿位于商丹断裂西延部分和板房子—小王涧断裂之间,产于泥盆系中^[13,14],南侧与石炭系接触,边缘香山花岗岩小岩体为金矿提供了热源。金矿床矿石类型以蚀变千枚岩型为主,有20多条金矿体均产于近EW向展布的脆韧性剪切带内,是区内主要的控矿构造。矿区内碳质岩层稳定,是重要的找矿标志层。由于碳质层的低渗透性,故成为成矿热液沉淀的最主要屏蔽层。矿区内由东向西,碳质层有增厚的趋势,西部厚超过6m,颜色深,片理化非常发育,岩层表面含较高石墨,反映变形时温度较高。矿区有较强的围岩蚀变,与金矿化关系密切的有硅化、绢云母化、黄铁矿化。常见有热水喷出产物铁白云石、钠长石,它们呈斑点状,与北带相似。微细浸染型成因属地下水热水渗滤型。

(3) 镇安—旬阳金矿集中区,地处公馆—回龙汞锑矿及重晶石矿区^[14]。镇安二台子、丘岭金矿发现之后,1990年武警14支队通过化探工作,结合锑矿点检查发现金龙山金矿床,已圈定6个金矿体,控制远景储量达大型。在公馆矿区发现旬阳小河、惠家沟微细浸染金矿,在公馆—回龙汞锑矿带具有巨大的找金潜力,并见热水改造型重晶石矿带。公馆—白河大断裂以北具有同生断裂特征。控制以碳酸盐岩为主的泥盆—石炭系,多为白云岩、灰岩、页岩,可称公馆式 Au-Ba-Sb-Hg 层控型渗流热卤水成矿带。

(4) 北带东段与西段类卡林型金矿类似,都属微细浸染型金矿。中低温蚀变硅化、黄铁矿化、碳酸盐化;含砷黄铁矿和毒砂为主要载金体;含矿岩性以粉砂质白云岩、白云质千枚岩为主。东段地处中川岩体铀、金矿田区,以斑点状含金岩石为主要特征;而西段可与卡林地区对比,均为与汞、锑、重晶石共生。

3 秦岭南带类卡林型金矿地质特征

近年中国秦岭南带的金矿找矿有了较快发展,其西段地区出现大型、超大型金矿。其成矿特征与卡林金矿相似,但又有独特之处。

3.1 南带西段(含陕川甘相邻区)

(1) 迭部拉尔玛金矿区:包括甘川接壤地区的甘肃迭部金矿和四川若尔盖铀矿。刘家军研究发现,拉尔玛金矿具有多组富集元素^[5],除Au外,Cu,U,Mo,Sb,V,Zn等局部地段亦可圈出独立矿体。尤其重要的是,矿床中铂族元素(PGE)、分散元素(Se,In)富集,达到了综合利用程度,从而构成特殊的 Au-Cu-U-Mo-Se-PGE 建造矿床。矿床中Se的富集为世界罕见。矿床中铂族元素异常高,部分金矿石中 $w(\text{Pt}, \text{Pd}) = 0.49 \times 10^{-6}$,达到综合利用程度,当前世界上已发现的沉积岩中有铂族元素矿化或局部富集的多为与泥质、砂质岩石有关,而类似本区富集于喷流岩(硅岩)者是它的独特性。

拉尔玛、邛莫金矿与若尔盖铀矿分布是同区异位,金矿在白依背斜西部倾没端产于寒武系太阳顶群碳质硅质岩和碳质板岩组成的硅岩建造中,受地层、岩性、构造控制。若尔盖铀矿床与金矿床皆为层控型,铀矿床与金矿床不共生同一矿床。金矿与铀矿都产于细碎屑岩、硅质岩、泥岩、碳酸盐岩中,与卡林型金矿类似,但本区金矿多见于细碎岩中,而铀矿多产于不纯的碳酸盐岩中。

本区铀矿床中微量元素 Hg, Sb, As 少于金矿,与卡林型金矿相似,与本区北侧小型汞锑矿床有关,故将拉尔玛列为特殊的矿床组合(即 Au-U-Hg-Sb-Se),其显著特征是微细浸染型。金矿床与铀矿床硫同位素组成表明硫来源于地层,而氧氢同位素显示成矿流体为大气降水,这亦与卡林型金矿相同。气液包体均一法测温结果,铀主要成矿期 120~160℃,而金矿为 180~230℃。据 Radfkl(1980),卡林金矿形成温度 175~200℃(表4)。

(2) 南带西段3处大型-特大型金矿^[16-19]:20世纪90年代,在陕甘川金三角的西缘发现格尔柯特大型金矿(大水金矿);1997年,武警黄金部队又发现甘肃阳山特大型金矿;20世纪末又发现了陕川丁家林—太阳坪大(中)型金矿(表5)。

表4 拉尔玛金矿与卡林型金矿矿物组合对比

Table 4 Comparison of mineral assemblage in Laerma Au deposit and Carlin type Au deposit

| 矿床名称 | 矿物组合 | 微量元素($w_B/10^{-6}$) | | | | | | 成矿温度 ($^{\circ}\text{C}$) |
|-------|--------------------------------------|-----------------------|-----|-----|----|----|-----|--------------------------------|
| | | Hg | Sb | As | Cu | Pb | Zn | |
| 拉尔玛金矿 | 自然金、黄铁矿、辉钨矿、雄黄、雌黄、辰砂、黄铜矿、闪锌矿、黝铜矿 | 160 | 320 | 100 | 20 | | | 180~ 230 |
| 若尔盖铀矿 | 沥青铀矿、黄铁矿、闪锌矿、硫铜矿、辰砂、针镍矿、磁铁镍矿、辉镍矿 | | | | | | | 120~ 160 |
| 卡林型金矿 | 自然金、自然砷、黄铁矿、辰砂、雄黄、雌黄、辉钨矿、方铅矿、闪锌矿、黝铜矿 | 23 | 126 | 507 | 33 | 30 | 165 | 175~ 200 |

资料来源:涂光炽(铀矿地质,1990,第6期)。

卡林金矿资料来自核工业西北209所:金矿床及找矿,1987。

表5 秦岭南带类卡林型金矿床地质特征

Table 5 Geological characteristics of Carlin like Au deposit in south Qinling belt

| 矿区 | 时代 | 控矿构造 | 含矿岩性 | 围岩蚀变 | 金属矿物 | 金矿粒度 | 指示元素 | 规模 | 矿床组合 | 侵入岩时代 |
|----------|-------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|------------------------------|-------|--------------|--------------------|
| 格尔柯金矿 | 下三叠统 | 玛沁—略阳断裂EW向逆冲性质 | 白云岩、白云质灰岩、巨厚碳酸盐建造 | 硅化、赤铁矿化、方解石化、褐铁矿化 | 自然金、黄铁矿、富Cu, As, Fe | 微细浸染状 | Au, Hg, Sb, As | 特大型 | 多处金矿 | 花岗闪长岩(190 Ma) |
| 阳山金矿 | 中泥盆统 | 略阳断裂与文县断裂剪切带、断裂带 | 蚀变砂岩、千枚岩和灰岩,含有机碳 | 硅化、绢云母化、粘土化、碳酸盐化、黄铁矿化、毒砂化、褐铁矿化 | 自然金、银金矿、毒砂、褐铁矿、辉钨矿 | 微细粒,大部 $2\sim 3\mu\text{m}$ | Au, As, Sb为主, Ag, Hg, Cu, Pb | 特大型 | 以金为主,长达12 km | 斜长花岗岩(105 Ma) |
| 丁家林太阳坪金矿 | 中下志留统 | 阳平关—青川断裂南缘韧—脆性剪切带 | 含铁镁斑点绢云母千枚岩、青砂岩,含泥,富Fe, Ca, Mg | 黄铁矿化、硅化、铁白云石化、绢云母化、方解石化 | 自然金、含银自然金、银金矿、黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿 | 太阳坪微细金矿,微粒 $0.01\sim 0.002\text{mm}$ | Au, Cu, Pb, Zn, Bi, Tl | 大(中型) | 伴中强硫化铜矿床 | |
| 美国西部卡林金矿 | 志留系 | 金矿受断层和构造窗控制 | 含碳粉砂质白云质灰岩、钙质页岩、泥质砂岩、白云岩 | 黄铁矿化、硅化、泥化、脱钙白云岩化、重晶石化 | 黄铁矿、雄黄、辰砂、辉钨矿、方铅矿、闪锌矿、自然金 | 呈浸染状产于粘土、碳质、黄铁矿石中, $< 0.2\mu\text{m}$ | Au, As, Hg, Sb, Ba, Tl | 110 t | 产于汞矿、重晶石矿带上 | 石英斑岩、石英闪长岩(121 Ma) |

资料来源:卡林金矿资料来自核工业西北209所:金矿床及找矿,1987。

秦岭南带类卡林型金矿以泥盆系为主,受商丹深大断裂旁侧的次级剪切带控制;南带则为三叠系—志留系、大型—超大型剪切带控矿为主。

3.2 南带东段

南带东段有黄龙—鹿鸣金矿与茨沟铀矿床(表6)。

金矿床南有石泉—安康大断裂,产于月河大型砂金矿带北侧,有为数较多的金矿点,其指示元素(As, Sb, Ag)及重砂晕分布在下志留统与中泥盆统交界处,经普查在志留系川主庙—火石街断裂两侧的剪切构造带中发现卡林型黄龙—鹿鸣金矿,经作者整理与调研,东部与茨沟铀矿处于同一条构造带

表6 秦岭南带东段金矿与铀矿主要特征对比

Table 6 Comparison between geological characteristics of Au deposits and major U deposits in south Qinling belt

| 矿床 | 黄龙—鹿鸣金矿 | 茨沟803铀矿 |
|----|------------------|--|
| 类型 | 微细浸染型 | 次生淋积型 |
| 元素 | Au-As-Hg-Ag | U-V ₂ O ₅ -Mn-Cu |
| 主岩 | 含碳或碳质绢云母片岩、碳质粉砂岩 | 碳质或含碳硅质岩为主 |
| 规模 | 小型矿床 | 小型矿床 |

中,铀矿明显受层间破碎带淋滤作用所致。在黄龙金矿西北宁陕地区有陕西唯一的中型含金雄黄矿

床, 经勘探具有 $A_{1+2}T_1$ 组合特征, 具有进一步以砷找金、铊的意义。北缘宁陕花岗岩本身有雄黄矿化, 表明岩体之热液活动与成矿有密切关系。

4 找矿方向与找矿标志

4.1 深大断裂旁侧次级构造金矿预测区找金

(1) 略阳—玛曲深大断裂: 有格尔柯(大水)超大型金矿、拉尔玛与邛莫大型金矿等金矿床、金矿点分布。迭部金矿远景预测区是最有找矿价值的, 特别是与其平行的次级韧性剪切带, 叠加热液改造; 在略阳与文县弧形 NE 向构造带中发现阳山特大型金矿与较多的金矿点; 在勉县与阳平关 NE 向构造带南侧发现有丁家林—太阳坪大(中)型金矿, 在断裂带北侧有 20 多 km 长的金—铜矿带, 有李家沟中型金矿。该带为一级找矿远景区。

(2) 丹凤—天水深大断裂: 在商县—丹凤段南侧发现有与其平行的核桃园次级韧性剪切带, 控制了一批微细浸染蚀变型金矿点, 石英脉型金矿有待突破; 八卦庙、双王、马鞍桥、二台子等一系列大(特)—中型金矿的共同点都是受商丹深大断裂二级平行断裂的控制, 而金矿体受剪切构造控制, 为浅变质岩系的中—低温热液成矿, 属于就矿找矿和扩大前景的区带。

(3) 天水—武都深大断裂: 据区域地质、地球物理证实是一条 SN 向巨大的隐伏断裂带, 目前发现有李坝、罗坝、马泉、安家岔等一系列金矿床。目前揭露较浅, 需要攻深找盲, 预测该远景区会有较大的发展。

4.2 沉积岩相特殊部位的找矿标志

(1) 钠长角砾岩: 以“双王式”为特征, 分布于泥盆系地层中的钠质交代岩, 既是找矿方向又是找矿标志, 从凤县青崖沟起, 向东有太白双王、宁陕菜子坪、镇安二台子、东房沟、凤镇南包河铺、山阳桐木沟, 直到商南都有钠质交代岩产出。

(2) 斑点状板岩: 沿礼县中川岩体边缘有李坝、罗坝、石泉、安家岔等金矿。接触变质作用形成了斑点状构造, 退色蚀变带指示金矿范围, 退斑带可指示金矿体的产出部位。东秦岭双王到周至碾子沟和陕川交界处的丁家林—太阳坪都有斑点状构造, 所以

斑点状构造可作为找矿标志。

(3) 含碳岩系: 区域浅变质岩系中普遍含碳, 而且分布稳定。据研究, 马鞍桥金矿的原岩为含碳泥质岩, 碳的质量分数最高达 2.2%。地层的碳质层与泥质层是热液沉淀的屏蔽层, 对成矿极为有利。

参考文献:

- [1] 涂光炽. 我国原生金矿类型远景解剖[J]. 矿产与地质, 1990, (1): 1-10.
- [2] 赵会庆. 中国卡林型金矿成矿构造环境及热液特征[J]. 地质找矿论丛, 1999, 14(3): 34-41.
- [3] 涂光炽. 西南秦岭与贵州铀金成矿带及其与美国卡林型金矿类似性[J]. 铀矿地质, 1990, (6).
- [4] 邵洁连. 找矿矿物在微细浸染型金矿床深部找矿上的应用[J]. 地质与勘探, 1989, (6).
- [5] Stephen G Peters. 美国内达华 Coldstrike 矿区贝茨金矿同变形的富矿化带[J]. 地质找矿论丛, 2000, 15(1): 1-16.
- [6] 涂光炽. 中国西部黄金产量分布与开发利用[J]. 黄金地质, 2002, (2): 48-53.
- [7] 核工业西北地质局. 铀矿地质科研成果汇编[R]. 西安: 核工业西北地质局, 1984. 88-89.
- [8] 涂怀奎. 陕西凤县金矿床类型与金预测富集与找矿方向[J]. 黄金地质, 2001, (1): 73-78.
- [9] 涂怀奎. 秦岭地区煌斑岩特征与金成矿关系[J]. 黄金地质, 1999, (4): 32-42.
- [10] 涂怀奎. 秦岭地区蚀变煌斑岩型金矿发现与金预富集研究[J]. 地质论评, 2000, 46(5).
- [11] 张复新, 申萍. 陕西镇安二台子、丘岭金矿床富矿矿石中金的赋存状态[J]. 西北地质科学, 1996, (2).
- [12] 隗合明等. 陕西马鞍桥金矿床成因探讨[J]. 黄金地质, 1999, (2): 1-8.
- [13] 张拴宏. 陕西周至马鞍桥金矿控矿构造及成矿模式[J]. 地质找矿论丛, 1999, 14(3): 71-77.
- [14] 涂怀奎. 秦巴山区重晶石与毒重石成矿特征的研究[J]. 化工矿产地质, 1999, 21(3): 157-162.
- [15] 唐永忠. 镇旬微细浸染型金矿地质特征与找矿方向[J]. 陕西地质, 1999, (1): 33-34.
- [16] 李真善等. 玛曲县柯尔柯金矿床控矿地质条件及其矿床成因的讨论[J]. 甘肃地质学报, 2002, (1): 56-58.
- [17] 郭俊华等. 甘肃阳山特大型金矿床地质特征及成因[J]. 黄金地质, 2002, (2): 15-19.
- [18] 刘新会等. 陕川丁家林—太阳坪金矿地质特征与成矿条件[J]. 黄金地质, 2002, (4): 24-27.
- [19] 周新杰等. 川陕丁家桥、太阳坪金矿区金的赋存状态[J]. 黄金地质, 2001, (3): 64-67.

DEPOSIT IN SOUTHEAST PART OF DA HINGGAN LING AREA

LI De-ting¹, LIU Hong-tao², YUAN Huai-yu¹(1. *Civil and Environmental Engineering School, University of Science & Technology, Beijing 100083, China;*2. *Institute of Geology and Geophysics of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China*)

Abstract: This paper studied the geological features of Longtoushan deposit for the first time, and determined the principal metallogenic events and ore-forming series, alteration zoning, the ore-control structures system and its space change. With the elaborate technology of geophysical exploration and prospect engineering we examined the mineralizing belts and promising section and confirmed ore body distribution, size and configuration in space. We recognized the ore types, their structures and texture, made sure the ore bodies' boundary, and estimated perspective resources depending on the integrated chemical analysis.

Key words: Deposit geological features; ore-body occurrence pattern; prospective resource evaluation; Longtoushan hill; Da Hinggan Ling area

(上接第 263 页)

METALLOGENIC CHARACTERISTICS OF CARLIN TYPE GOLD DEPOSITS
AND PROSPECTING GUIDE IN QINLING REGION

TU Huai-kui

(No. 214 Geological party of CNNC, Chenggu 723200, China)

Abstract: Au deposits occur in the low-grade metamorphic areas in Qinling region. Ductile-brittle shear zones and large fractural zones control distribution of the Au deposits. Their geological characteristics are similar to those of Carlin Au deposits in USA and they are named Carlin like Au deposits. Two Au ore belts are recognized in Qinling region, i. e. the south belt and north belt. Ore marks and ore-searching directions are pointed out on the basis of summing up the metallogenic characteristics of medium-large size Au deposits in the two belts.

Key words: Carling type gold deposits; metallogenic feature; ore-searching direction; Qinling region

(上接第 268 页)

THE ARSENOPYRITE TYPOMORPHIC CHARACTERISTICS AND Au
OCCURRENCE IN NITANCHONG GOLD DEPOSIT

SUN Ji-mao, LI Guo-yin, JING Ting-shan, BAO Zhen-xiang, BAO Jue-min

(245 Brigade of Hunan Bureau of Nonferrous Metal Geology and Exploration, Jishou 416007, China)

Abstract: Nitanchong gold deposit was mainly controlled by nearly EW trending brittle-ductile shear zone. It is not only the typical representative, but also the economic gold deposit in Longwangjiang Sb, As, Au metallogenic belt. This paper briefly explained the metallogenic geological characteristic and Au occurrence. The gold-bearing mineral are discussed. It is considered that invisible gold mainly occurred in arsenopyrite as nanometer micro-size native gold.

Key words: Nitanchong gold deposit; geological character; arsenopyrite; typomorphic characteristics; nanometer Au; Hunan province