

中国秦岭地区卡林型金矿成矿模式

The Metallogenic Model on the Carlin-Type Gold Deposits in Qinling of China

王建业 刘鸾玲
Wang Jianye Liu Luanling

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院 桂林市 541004)
(Research Institute of Geology for Mineral Resources, China National
Nonferrous Metals Industry Corporation, Guilin, Guangxi, 541004)

摘要 (1) 中国秦岭地区卡林型金矿床在区域上的分布严格受印支—燕山期构造—岩浆带控制, 区域上与 Hg、Sb、As 矿密切共生; (2) 主要赋矿地层为泥盆系, 成矿时代 $214 \times 10^6 \sim 142 \times 10^6$ a; (3) 主要容矿岩石为浅变质细碎屑岩, 钠长碳酸盐角砾岩及碳硅泥质岩; (4) 成矿物质 (Au) 主体来自深部; (5) 成矿流体为岩浆热液 (主体) + 建造水 + 大气降水组成的混合热液, 成矿环境为中低温浅成环境; (6) 依矿床形成深度和物理化学条件等差异, 将其划分为深部带型、中部带型和浅部带型三类。

关键词 卡林型金矿 成矿模型 秦岭

Abstract (1) In areas, the deposits are strictly controlled by structures and magmatic rock zones of Indo—Chinese—Yenshan epoch, and closely association of Au with Hg, Sb, As. (2) The host-strate is Devonians system and with metallogenic epoch of $214 \times 10^6 \sim 142 \times 10^6$ a. (3) The ore-bearing rock are mainly fine clastic rocks, breccia of albite-carbonate and carbonaceous-siliceous argillaceous rock. (4) The ore-forming metal is from the deep of earth crust. (5) The ore-forming solution consists of mixed hydrothermal solution including of magmatic hydrothermal (main) + formation-water + air-water and the environment of ore-forming is low-medium temperature. (6) According to the ore-forming depth and condition of physical-chemical, these deposits may be classified into three class: deep-zone type, mesozone type and epizone type.

Key words Carlin-type gold deposits, Metallogenic model, Qinling

1 地质概况

秦岭横亘于我国中部, 为南、北方之间地理、地貌与地质的天然分界, 是世界著名的大陆造山带之一。秦岭自寒武纪之后, 一直是大陆边缘的地槽, 接受了近万米的沉积。三叠纪末期褶皱回返上升形成了今天的面貌。秦岭地槽北以天水—宝鸡—洛南深大断裂和中朝板块及祁连褶皱带接壤, 南沿勉县—洋县—下高川深大断裂与扬子板块相邻, 在西南方向的甘肃迭部、武都、文县等地则与松潘—甘孜褶皱带毗邻, 成为一东西向狭长分布的褶皱地带, 从甘肃南部经陕

西南部延入河南境内 (见图 1)。

秦岭地区广泛发育古生界。由于自早志留世后为一更趋于稳静和闭塞的浅海区, 且在漫长的时期内持续下去, 致使志留系、泥盆系、有的地方延至三叠系形成一套巨厚的碎屑岩 (局部高含炭)、碳酸盐岩、部分硅质岩的沉积建造, 这类岩性孔隙度好, 为含金热液的衍生提供了有利场所。据该区已发现的廿多处卡林型金矿的资料分析, 含金层位以中泥盆统所占的比例居多, 少数在下志留统、上泥盆统、下石炭统、中石炭统、下三叠统。

秦岭地区卡林型金矿主要容矿岩石有三类: 一类为细碎屑岩 (即泥砂质板岩、粉砂质板岩及粉砂泥质板岩), 分属此类的矿床有李坝、三人沟、崖湾里、金山、马泉、安场沟、七里峡、八卦庙等, 庞家河、水

1994-04-08 收稿。1994-08-03 修回稿。

磨坪、坪定、拉尔玛矿床的部分容矿岩石也属此类；二类为钠长碳酸盐角闪岩，分属此类的矿床有双王、二台子、半仓沟、硫磺洼等；三类为碳硅泥（板）岩，拉尔玛矿床的主要矿体产于此类岩石中。除上述几类外，尚有碳酸盐岩、中酸性岩脉及小岩体等也可成为容矿岩石。

秦岭地区这类矿床在区域分布上严格受印支—燕山期构造—岩浆带控制（如图1所示）。

2 矿床特征及分类

2.1 矿床特征

2.1.1 矿体产状、形态及规模

该类矿床主要受构造控制，矿体产状基本同控矿断裂产状一致，一般形态较为复杂，沿走向、倾向均有分枝、复合、收缩、膨胀现象，常见呈似层状、板状、脉状、透镜状、囊状、楔状等，单个矿体长由数十到数百至千米，厚数米至30m，斜深250m左右。

2.1.2 围岩蚀变

该类矿床围岩蚀变一般不强，依据围岩的组分及

矿化热液性质上的差异，可分为三大类：

a. 以硅化为主的蚀变，主要表现为石英、绢云母组合为主，其次有碳酸盐化（包括方解石、镁铁方解石、铁方解石、铁白云石等）、绿泥石化、粘土化、以及少量的黑云母化、白云母化、钠长石化、还有微量的电气石化、磷灰石化、重晶石化等。石英主要呈脉状产出，为细脉、细网脉状、或呈团块状、浸染状于脉体附近的围岩中，脉中频繁出现的硫化物为黄铁矿。

b. 以钠长石化为主的蚀变，主要特征是围绕构造角砾岩的内部及其两侧发育着一套富含钠长石、或伴有含铁白云石的蚀变岩石，这类蚀变以双王矿床最典型，该矿床的蚀变岩有两大类：一为强钠长石化蚀变岩，蚀变强烈部位称之为交代钠长岩，其中钠长石含量 $>95\%$ ，此外还有绢云母（ $<5\%$ ）和微量的磷灰石、电气石、黄铁矿、金红石、锆石等；另一为弱钠长石化蚀变岩，主要由钠长石（ $50\% \sim 70\%$ ）、含铁白云石（ $30\% \sim 45\%$ ），其次为绢云母（ $<5\%$ ）。

c. 以碳酸盐化为主的蚀变：此类所占比例有限，

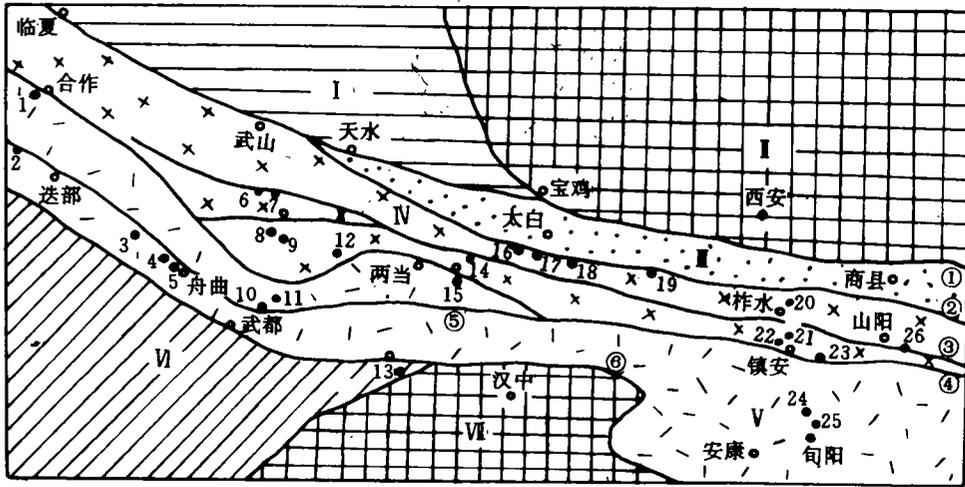


图1 秦岭地区大地构造及卡林型金矿分布略图

Fig. 1 Geotectonic and distribution map of the Carlin-type gold deposits in Qinling area

图例 Legend: I—祁连褶皱系 Qilian folding system; II—中朝准地台 Zhongchao metaplatform; III—北秦岭加里东褶皱带 Northern Qinling Caledonian folding zone; IV—中秦岭海西褶皱带 Meso-Qinling Hercynian folding zone; V—南秦岭加里东—印支褶皱带 Southern Qinling Caledonian-Indo Chinese folding zone; VI—松潘甘孜褶皱系 Songpan-ganzhi folding system; VII—扬子准地台 Yangzi metaplatform;

深断裂及编号 Deep fracture and number: ①天水—宝鸡—洛南深断裂 Tianshui—baoji—luonan deep fracture; ②武山—太白—丹凤深断裂 Wushan—Taibai—Danfeng deep fracture; ③礼县—凤镇—山阳深断裂 Lixian—Fengzhen—Shanyang deep fracture; ④岷县—两当—镇安深断裂 Minxian—Liangdang—Zhen'an deep fracture; ⑤舟曲—紫柏山—江口深断裂 Zhouqu—Zibaishan—jiangkou deep fracture; ⑥迭部—三河口—康县—略阳—洋县—下高川深断裂 Diebu—Sanhekou—Kangxian—Lueyang—Yangxian—Xiagaochuan deep fracture.

矿（点）床编号 Number of (mineralize) deposit: 1—早仁道 Zaorendao; 2—拉尔玛 La'erma; 3—黑多寺 Heiduosi; 4—九源 Jiuyuan; 5—坪定 Pingding; 6—李坝（包括三人沟）Liba; 7—崖湾里 Yawanli; 8—金山 Jinshan; 9—马泉 Maquan; 10—安场沟 Anchanggou; 11—大桥 Daqiao; 12—安家岔 Anjiacha; 13—李家沟 Lijiagou; 14—庞家河 Pangjiahe; 15—水磨坪 Shuimoping; 16—八卦庙 Baguamiao; 17—双王 Shuangwang; 18—老铁厂 Laotiechang; 19—马鞍桥 Ma'anqiao; 20—韭菜沟 Jiucaigou; 21—半仓沟 Bancanggou; 22—二台子 Ertaizi; 23—七里峡 Qilixia; 24—砂碛沟 Shadonggou; 25—淋湘 Linxiang; 26—硫磺洼 Liu Huangwa

且只出现在汞、锑为主的矿化并伴有少量金的矿(化)床中。

由于热液蚀变多围绕构造破碎带及两侧产出,因此在空间上展布的范围有限,分带也不明显,但与金矿化关系十分密切。

2.1.3 矿化特征

a. 矿石化学组分特征: 含矿岩石原为砂板岩者 SiO_2 、 Al_2O_3 的含量均高; 含矿岩石原岩为碳酸盐岩者 CaO 、 MgO 及 Fe_2O_3 、 FeO 含量相对高; 双王矿床 Na_2O 明显高; 与 As 矿床伴生的矿石中 As 明显高; 有机炭含量一般都偏低 0.032%~0.390% 等。

b. 矿石矿物组分特征: 该类矿床中 95% 以上的金均以自然金形式产出, 呈不规则粒状、片状、棒状、树枝状、钩状、乳滴状、及八面体、五角十二面体晶形, 粒径一般均细小, 大多在 -200 目以下或次显微粒级, 但少数肉眼可见, 矿体中金的平均品位 $3 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6}$ 。

与金密切伴生的金属矿物有十余种, 如黄铁矿、磁黄铁矿、雌黄、雄黄、辰砂、辉锑矿、毒砂等, 有时伴有少量黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、斑铜矿等。

2.1.4 矿床范围内, 矿体旁侧普遍发育中酸性岩脉, 有的岩脉亦含矿, 个别矿床产于花岗岩侵入体外接触带中。

2.2 矿床分类

秦岭地区卡林型金矿床依容矿岩石的特征大致可分为三类:

a. 细碎屑岩类 原岩多为粉砂岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、钙质粉砂岩等, 经区域变质后形成粉砂质板岩、粉砂质绢云母板岩、钙质千枚岩及钙质页岩等, 新鲜岩石呈浅灰绿色。一些矿区板岩经热变质或热液交代可形成斑点结构, 此特征可作为找矿标志。属于此类的矿床有李坝、金山、八卦庙、坪定等。

b. 构造—热液角砾岩类 主要出露于东秦岭地区中泥盆统内, 沿凤镇—山阳深断裂带发育, 该构造—热液角砾岩带长达 300 多 km, 欲成为矿化角砾岩必须具备的条件是: (1) 角砾块原始岩层产状与围岩相差甚大; (2) 胶结物中有较多黄铁矿、钠长石、含铁白云石出现时; (3) 尤其是有致密块状(囊状)或细脉状黄铁矿密集出现部位。归入此类的矿床有双王、二台子、半仓沟等。

c. 炭泥硅质板岩类 这类含矿岩石硅质高局部有石英为主聚集的团块, 或形成了次生石英岩, 一般石英呈微细晶粒集合体, 因含少量炭质和沥青致使岩石呈灰黑色, 矿化部位有石英—毒砂细脉可作为找矿

标志, 代表性矿床有拉尔玛。

3 成矿模式

通过对秦岭地区卡林型金矿系统的宏观与微观分析研究及多种物理、化学方法测试综合出秦岭地区卡林型金矿床的主要地质特征如下:

(1) 矿床在区域上的分布严格受印支—燕山期构造—岩浆带控制, 区域上与 Hg、Sb、As 矿密切共生;

(2) 主要赋矿地层为泥盆系, 次有下志留统、中石炭统和三叠系, 成矿时代 $214 \times 10^6 \sim 142 \times 10^6 \text{a}$;

(3) 主要容矿岩石为浅变质细碎屑岩、钠长碳酸盐角砾岩及碳硅泥质岩;

(4) 成矿物质来源 由于赋矿地层金的地球化学背景低, 泥盆系平均含金 $1.91 \times 10^{-9} \sim 0.83 \times 10^{-9}$, 故金主要不是直接来自赋矿围岩而与深部成矿流体密切相关。

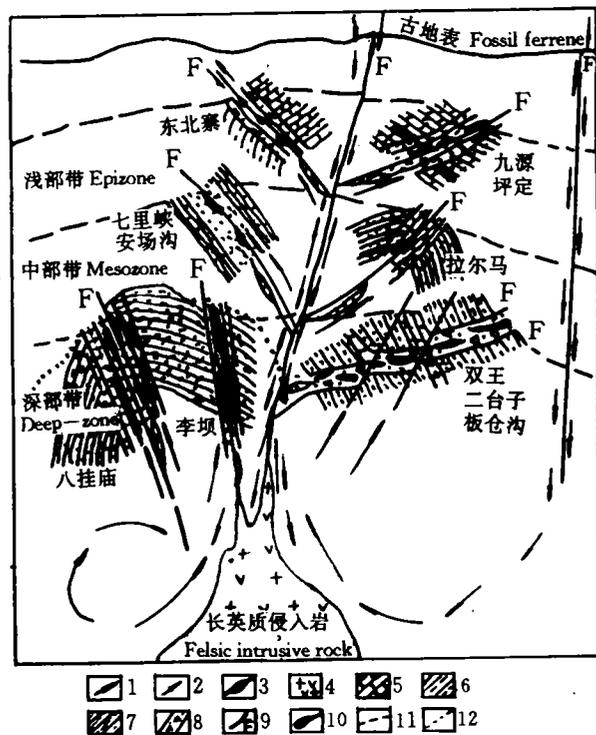


图 2 中国秦岭地区卡林型金矿床成矿模式示意图

Fig. 2 Metallogenic model map of Carlin-type gold deposits in Qinling of China

1—深成成矿热流体 Heat flow system of hypogene mineralization; 2—大气降水 Atmospheric water; 3—岩脉 Vein; 4—长英质侵入岩 Felsic intrusive rock; 5—碳酸盐岩 Carbonatite; 6—细碎屑岩 Microclastic rock; 7—断裂裂隙带 Rife-crack zone; 8—角砾岩带 Breccia zone; 9—断层 Fault; 10—金矿床 Au-ore body; 11—现代侵蚀面 Erosion surface of recent; 12—热变质带界线 Boundary of thermometamorphism

表1 中国秦岭地区卡林型金矿床成矿模式基本特征

Table 1 Principal characteristics of Carlin-type gold deposits in Qinling of China

矿床类型	矿石建造	容矿岩石	围岩蚀变	离侵入岩距离	含金石英脉	自然金粒径(μm)	元素组合	成矿温度(°C)
浅部带型	自然金辰砂、辉锑矿—雄黄、雌黄—黄铁矿	浅变质细碎屑岩, 薄层灰岩	硅化、碳酸盐化、粘土化	未见	少	0.1	Au-Hg、Sb -As-S-Fe	低于200
中部带型	自然金—辰砂、辉锑矿—毒砂—黄铁矿	浅变质细碎屑岩、炭硅质泥岩	硅化、碳酸盐化(重晶石化)	未见	少	0.1~9 明金可见	Au-Hg、Sb -As-S-Fe	184~310
深部带型	自然金—毒砂—黄铁矿磁黄铁矿	浅变质细碎屑岩、构造热液角砾岩、(钠长碳酸盐角砾岩)	硅化、绢云母化、碳酸盐化、钠长石化、铁白云石化(出现电气石、磷灰石、黑云母等热液矿物)	部分矿床1.5~4 km	较发育	0.1~9 明金金见	Au-(As)-S-Fe	145~370

续表1右

矿床类型	成矿压力(MPa)	成矿深度(km)	矿物包裹体特征	成矿流体盐度(NaCl wt%)	fs ₂	fo ₂	成矿流体矿化度(g/l)	代表矿床
浅部带型	21.3	0.83 (坪定)	不太发育, 类型单一, 以单液相包裹体为主, 体积小	2.3 (坪定)	偏高	偏低	19.8~20.5	坪定、九源、水磨坪(东北寨)
中部带型	30.4~50.7	1.19~1.98 (拉尔玛)	较发育, 类型较简单	<5.0 (拉尔玛)	↑	↑		拉尔玛、七里峡、安场沟、大桥
深部带型	41.4~55.7	1.62~2.18	发育类型复杂, 体积大	7.3~9.6	↓	↓	11.3~216.9	李坝、金山、三人沟、崖湾里、八卦庙、双王、二台子等

参考文献

(5) 同位素资料表明: 硫同位素值中硫具多源性, 且不同矿床中硫化物 δS³⁴‰ 差异明显; 氢氧同位素: 成矿热流体的 δD 在 -117.9‰ ~ -43.38‰ 之间, δ¹⁸O 在 -3.07‰ ~ +15.20‰ 之间, 综合上述资料认为成矿热流体为去浆热液(主体) + 建造水 + 大气降水组成的混合热液。

(6) 成矿物理化学条件: 经包体测温数据得出, 主成矿期一般在 170~250°C 之间属中低温范围; 主成矿期压力在 40.53~45.60 MPa; 成矿深度在 1.19~2.80 km 区间属浅成成矿范围; 成矿期 fo₂ 值为 -40~-48, fs₂ 值为 -18~-8, 反映了该区成矿中高 fs₂ 和低 fo₂ 环境。

依矿床形成的深度和物理化学条件等差异将其划分为深、中、浅部带型三类。

依上述几方面特征将秦岭地区卡林型金矿成矿模式特征归纳于表1和图2。

- 1 中国有色金属工业总公司矿产地区研究院, 西北地质勘查局, 甘肃地区勘查局, 秦岭地区卡林型金矿成矿条件及成矿预测(内部资料), 1992.
- 2 涂光炽等. 中国层控矿床地球化学. 科学出版社, 1984.
- 3 Radtke A S. 卡林型金矿地质学. 季文阴等译. 1987.
- 4 Hollister V F. 浅成热液贵金属矿床. 新疆有色金属工业公司译, 1988.
- 5 Nesbitt B C. Gold Deposit Continuum; A genetic model for lode Au mineralization in the continental crust, *Geology*, 1988, 16.
- 6 Jones R B. Carlin trend gold belt. *The geology mining magazine*. 1989.
- 7 Sillitoe R H. Sediment-hosted gold deposits: distal products of magmatic-hydrothermal systems. *Geology*. February, 1990.
- 8 Thorman C H. Geologic settings of gold deposits in the cret basin. Western United States. "BRAZIL GOLD'91".

(责任编辑:莫鼎新)