

# 北秦岭西段金矿主要控矿因素<sup>①</sup>

冯益民<sup>②</sup>

李增庆

何世平

赵利利

宋忠宝

何芳

(地矿部西安地质矿产研究所)

(甘肃省地矿局第一地质队)

**摘 要** 北秦岭西段地处秦岭造山带和祁连造山带的接合部位,是构造岩浆活跃地带,特别是中生代构造岩浆活动形成了该地段中生代构造岩浆带。北秦岭西段是金矿(化)集中的地带,控矿的主要因素可以归结为下列几个方面:①区域地质构造背景;②区域地球化学场;③构造断裂;④构造岩浆活动;⑤流体地质。这五种因素共同作用决定了金及相关元素的迁移富集,形成了规模不等、类型各异的金矿床及金矿化点。

**关键词** 北秦岭西段,金矿(化),控矿因素

北秦岭西段系指陇海铁路以南,宕昌一两当一线以北,东起陕甘边界,西达宕昌一教场坝一线,面积约2万km<sup>2</sup>的地域。地处秦岭造山带和祁连造山带接合的关键地质构造部位,属北秦岭构造岩浆带的西延部分。自显生宙以来,该区历经多次构造运动,特别是中生代的构造岩浆活动对金、铀多金属矿化有相当重要的制约因素。“七五”期间,地矿部、冶金部及核工业部所属有关单位在该区进行了以寻找金矿为目标的找矿工作,相继发现了李坝和柴家庄大型金矿两处;中型金矿4处:金山、马泉、庙山和安家岔;小型金矿十余处,矿点及矿化点遍布全区,达数十处。这些不同规模的矿床、矿点及矿化点构成了北秦岭西段金矿成矿带。目前随着找矿勘探工作日益深入开展,为了扩大找矿前景,围绕该区金矿的物质来源、控矿因素、找矿标志及成矿规律等工作开展。到目前为止,已有不少论著见诸于内部及公开刊物<sup>①,②,③④⑤</sup>。对该区成金物质来源及控矿主要因素均有不同认识:①成矿物质金及伴生元素源自何处,是地壳深部中酸性侵入岩,还是围岩?②该区广为分布的中酸性侵入岩在成金过程中起何作用,仅仅是提供热源,还是扮演既提供热能,又提供成矿物质的双重角色?③成矿流体的成分及来源,换言之,即成矿

① 本文属秦巴重点片地质找矿科技攻关项目的“北秦岭西段宕昌一教场坝地区中生代构造岩浆带与金铀多金属矿产的控矿因素、成矿规律及找矿方向研究”课题。编号:85—01—018—06

② 作者简介:冯益民,男,生于1941年,1964年毕业于西北大学地质系,研究员,从事区域地质、构造地质研究。邮编710054,西安市友谊东路166号

③ 王传泰,秦岭地区金矿分布成矿地质特征与找矿方向的初步研究。黄金地质科技,1992,总33:15~20

④ 王奖臻,栾世伟,秦巴地区内生金矿床控矿因素探讨。黄金科技动态,1992,总54:1~7

⑤ 罗镇宽,秦岭地区金成矿区地质背景和成矿区划。黄金科技动态,1991(10):1~6

流体是大气降水,岩浆水,还是变质水抑或是它们的混合成分;而在金及其伴生元素迁移-富集过程中起主导作用的应属何种流体?这几个问题彼此间互有联系,甚至互为因果。作者在前人工作的基础上,试图对这些涉及研究区金成矿作用的关键性问题进行讨论,以期揭示该区金矿(化)的主要控矿因素。

## 1 区域地质构造背景

研究区地处秦岭造山带与祁连造山带的接合部位,是北秦岭构造岩浆带的西延部分。孟宪炯、张维吉等(1992)<sup>①</sup>对秦祁接合部位进行了开创性的研究,提出了一个反“S”型区域性韧性剪切带作为秦岭造山带早古生代变质海相火山岩的边界。这套早古生代变质的海相火山岩系向北西和祁连山造山带的早古生代海相火山岩系相连接。这一区域性反“S”型韧性剪切带和贯穿研究区东西的高桥—洮坪断裂带构成了区域地层分布和区域金矿(化)特征、类型的主要分界。这两条区域性断裂带将研究区分割成三个各具特色的成矿小区(图1)。现将各成矿小区主要特征陈述于后。

I 东部金多金属成矿小区:从陕甘边界到反“S”型韧性剪切带西部边界。除中新界外,出露的老地层主要是下古生界李子园群变质海相火山岩系。此外有少量的前震旦纪结晶基底杂岩秦岭群出露。在该区南部和西部有少量上泥盆统碎屑岩不整合在李子园群之上。金及铅、锌、银矿(化)主要见于李子园群的韧性及脆性断裂带中。金矿(化)主要类型可以柴家庄金矿为例,以石英脉型为主,或与韧性剪切带相关的构造蚀变岩型和石英脉型的混合类型。与金元素紧密伴生的有Ag、Cu、Pb、Zn等。在金矿区外围的有利构造部位和有利的围岩层,往往形成Pb、Zn、Ag、Au多金属矿。例如,紧靠柴家庄金矿的天水分水岭Pb、Zn、Ag、Au多金属矿。东部金多金属成矿小区内酸性侵入岩和李子园群的金背景值都高于地壳丰度值。

II 西部金铀成矿小区:高洮断裂带以北,反“S”型韧性剪切带以西的研究区范围称西部金铀成矿小区。除中新界外,出露的古老地层系统主要是中泥盆统舒家坝组、中石炭统中川组。在该成矿小区北部出露有上泥盆统大草滩群。金矿(化)主要集中于中川二长花岗岩体外围。金矿(化)的直接围岩是中泥盆统舒家坝组和中石炭统中川组。岩性以细碎屑岩为主,由粉砂岩、板岩及粉砂质板岩构成,近矿处大都变成斑点板岩。此外见于中石炭统远端浊积岩中的碎屑流沉积往往也构成含金岩系。金矿(化)明显受构造断裂控制,北西向断裂带、北西西向断裂带及近南北向剪切破裂带同上述断裂带相交汇处,金矿化程度普遍较高。金矿(化)类型以构造蚀变岩型为主,或构造蚀变岩型同石英脉的混合类型。与金元素紧密相关的元素以As为特征,呈明显的正相关。铀矿(化)主要集中于中川岩体内部。另外,在中川岩体外接触带的沥青质黑色页岩中也可见到铀矿(化)。从金铀矿床的分布来看,中川岩体同金铀成矿关系极为密切。

III 南部Pb、Zn、Sb、Au成矿小区:指高桥—洮坪断裂带以南的研究区。出露的主要地层是中泥盆统西汉水组碳酸盐及上泥盆统铁山组和洞山组细碎屑岩和不纯碳酸盐岩。目前在該成矿区仅有安家岔金矿一处。金矿(化)属构造蚀变岩型和钠长碳酸盐型,该成矿小区以Pb、

① 孟宪炯,张维吉等. 祁连—北秦岭接合部位基础地质和铜金成矿规律研究报告. 1992

Zn、Sb 成矿作用为主。著名的厂坝超大型铅锌矿即产于该成矿小区。

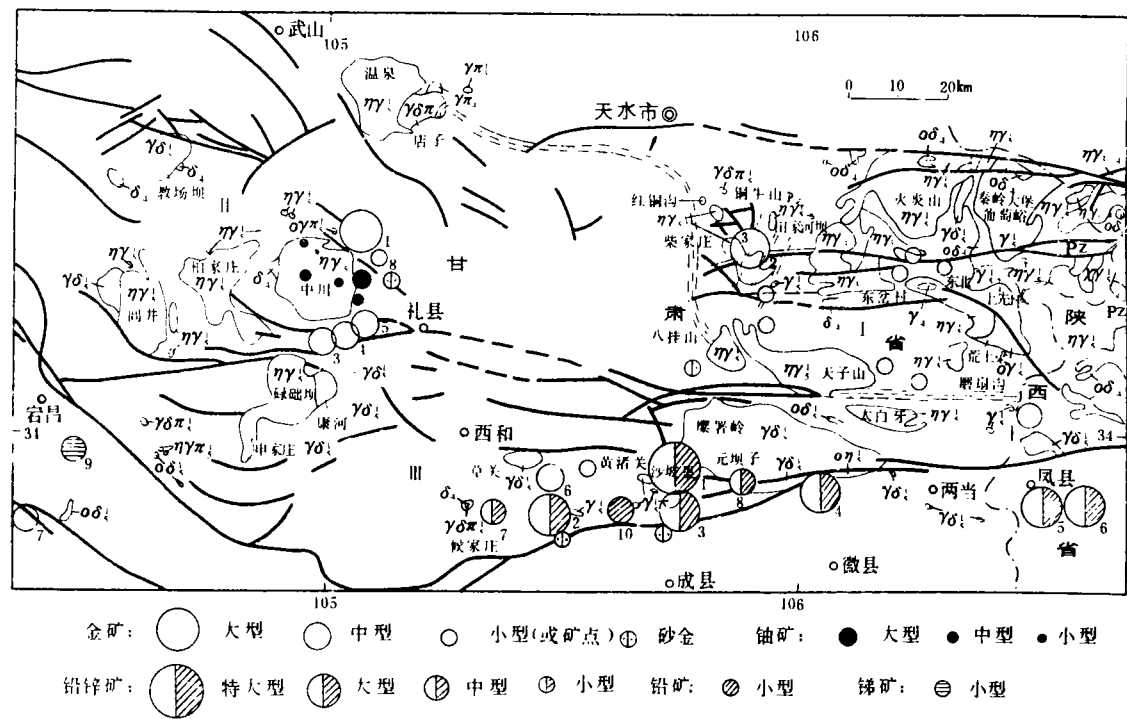


图1 北秦岭西段中生代构造岩浆带与金、铀多金属矿产成矿区划图

Fig. 1 The regional planing map of Mesozoic tectonomagmatism and Au, U polymetallic ore deposit in western section of the North Qinling

印支期:  $\sigma\gamma\pi_1$ —石英花岗岩斑岩;  $\chi\gamma_1$ —碱性花岗岩;  $\gamma_1$ —花岗岩;  $\sigma\gamma_2$ —斜长花岗岩;  $\eta\gamma_1$ —二长花岗岩;  $\gamma\delta\pi_1$ —花岗闪长斑岩;  $\gamma\delta_1$ —花岗闪长岩;  $\sigma\delta_1$ —石英闪长岩; 华力西期:  $\gamma\delta\pi_4$ —花岗闪长斑岩;  $\sigma\delta_4$ —石英闪长岩;  $\delta_4$ —闪长岩; 加里东—华力西期:  $\eta\gamma_{3-4}$ —二长花岗岩; 加里东期:  $\eta\gamma_3$ —二长花岗岩; 金矿: 1—李坝; 2—柴家庄; 3—金山; 4—马家; 5—庙山; 6—安家岔; 7—坪定; 8—唐藏; 铅锌锡矿: 1—厂坝; 2—庙沟; 3—毕家山; 4—洛坝; 5—银洞梁; 6—峰崖—铅硐山; 7—页水河; 8—向阳山; 9—水眼头; 10—庙沟

(地质部分据严阵, 张改芳, 李向民. 秦巴花岗岩含金性研究. 1990 年资料缩编; 矿产资料据朱俊亭<sup>(2)</sup>(1993)及本课题所收集的有关资料编制)

2 区域地球化学场

由两条区域性断裂带所分割成的三个成矿小区有着不同的地球化学场。东部金及多金属成矿小区(I)区域地球化学场反映在成矿元素组合上以 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 为主。以柴家庄金矿区为例, 在靠近矿区的分水岭及关陵根等地均有小型铅、锌、银、金多金属矿和矿化现象。另外, 在该区还见到多处铜矿化现象, 如天水市皂郊乡的红铜沟和铜牛山的铜矿点等。该成矿小区中酸性岩体、脉岩和围岩中金的丰度值都比地壳平均丰度要高(表1, 表3)。据甘肃省地矿局物化探队1: 20 万地球化学测量成果, 在该成矿小区与 Au 伴生的元素 Ag、Cu、Pb、Zn 等的丰

度值也较高,往往和 Au 一起构成多元素地球化学异常。西部金铀成矿小区(Ⅱ),据核工业部前期放射性找矿勘探结果,铀矿(化)主要集中于中川岩体和温泉岩体内部,部分见于中川岩体外接触带的沥青质黑色页岩中。除此而外,成矿元素以 Au 为主,在区域地球化学场特征上,Au 与 As 关系极其密切。含砷矿物毒砂在金矿(化)中大量出现,成为除黄铁矿外的主要载金矿物。作者曾对采自金山金矿和安家岔金矿的黄铁矿和毒砂进行了电子探针分析(表 2),其结果说明该区地球化学场中 Au、As 呈明显的正相关特征。该成矿小区中酸性侵入岩中金的丰度值低于地壳中平均含量,围岩则接近或略低于地壳平均含量(表 1)。南部铅锌锡金成矿小区(Ⅲ)的区域地球化学场中特点是 Pb、Zn、Sb、Hg、Ba 紧密共生,往往构成多元素异常,局部出现 Au、As 异常。成矿元素以 Pb、Zn、Sb、Au、Ag、Hg 为主,尤以 Pb、Zn 为最主要。在该成矿小区形成超大型铅锌矿床。使西(和)成(县)徽(县)一凤(县)太(白)成为我国著名的超大型铅锌多金属成矿带。

表 1 北秦岭西段部分地层及中酸性侵入岩中金的丰度表( $\times 10^{-9}$ )  
Table 1 The Au abundance in western of the north of Qinling ( $\times 10^{-9}$ )

| 地 层 名 称                    | 样品数 | Au   | 地层或岩体名称                                 | 样品数 | Au  |
|----------------------------|-----|------|---|-----|-----|
| 中泥盆统舒家坝组(D <sub>2s</sub> ) | 214 | 4.9  | 下古生界李子园群(P <sub>Z<sub>1</sub></sub> /z) |     | 6.4 |
| 中泥盆统西汉水组(D <sub>2x</sub> ) | 143 | 3.5  | 柴家庄二长花岗岩(ηγ <sub>1</sub> )              |     | 5.4 |
| 中泥盆统安家岔组(D <sub>2a</sub> ) |     | 2.39 | 中川二长花岗岩(ηγ <sub>2</sub> )               | 190 | 3.0 |
| 中石炭统中川组(C <sub>2z</sub> )  | 91  | 0.40 | 维氏地壳平均值(1962)                           |     | 4.3 |

注:中泥盆统、中石炭统及中川二长花岗岩数据引自有色系统内部资料,下古生界及柴家庄二长花岗岩数据由甘肃地矿局一地质队提供

表 2 安家岔及金山金矿黄铁矿及毒砂电子探针分析数据表  
Table 2 The microprobe analytical data of pyrite and arsenopyrite in Anjiacha and Jinshan gold deposits

| 采样地点 | 矿 物 | S     | Fe    | As    | Cu  | Co  | Ni   | Au   | Ag  | Pb   | Zn  | Sb   | Bi   |
|------|-----|-------|-------|-------|-----|-----|------|------|-----|------|-----|------|------|
| 安家岔  | 黄铁矿 | 53.96 | 45.64 | 6090  | 0   | 600 | 1000 | 1100 | 100 | 0    | 700 | 300  | 1400 |
| 安家岔  | 黄铁矿 | 54.59 | 45.89 | 4500  | 0   | 600 | 400  | 1000 | 400 | 0    | 200 | 0    | 1000 |
| 金 山  | 毒砂  | 15.51 | 34.40 | 44.29 | 0   | 500 | 100  | 800  | 0   | 0    | 400 | 1700 | 400  |
| 金 山  | 毒砂  | 21.23 | 34.61 | 43.35 | 300 | 700 | 800  | 1000 | 500 | 1000 | 0   | 700  | 800  |

注:黄铁矿中的 S 和 Fe,毒砂中的 S、Fe、As 为百分数,其余均为  $10^{-6}$ 。西安地质矿产研究所刘文峰等分析,分析只能检出  $10^{-4}$

综上所述,可以清楚地看出,区域成矿特点受区域地球化学场的制约;而地球化学场的差异又受地质构造背景的支配,诸如地层、侵入岩、结晶基底都可影响地球化学场的特点。

3 断裂构造

除反“S”型韧性剪切断裂带和高桥—洮坪剪切带起区域性的控制作用外。次级断裂构造往往对矿床、矿点及矿化点在空间上的展布起直接的控制作用。以中川岩体为例,岩体东北侧的北西向断裂带控制了李坝金矿、崖湾金矿及其附近一系列金矿(化)点的分布。而中川岩体南部近东西向断裂带(属高桥—洮坪断裂带的次级断裂带)控制了金山、马泉、庙山金矿及其以西

诸多金矿(化)点的分布(图 1)。矿(化)点多见于近南北向密集的剪切破劈理带与北西西向断裂交汇部位(图 2)。在庙山金矿采矿掌子面上还见到煌斑岩脉沿近南北向剪切破劈理带侵入,并在同北西西向断裂交汇处形成矿点(图 3),柴家庄金矿及其东的一些小型金矿、矿点和矿化点则沿北北东向韧性及韧脆性剪切带分布。到东部金多金属成矿小区东部的诸多金矿、金矿点和金矿化点则主要受近东西向多期活动的断裂构造控制。这些断裂多期活动特点,一般前期表现为韧性,形成较宽的斜长角闪质糜棱岩带;第二期表现为韧脆性,叠加在早期斜长角闪质糜棱岩之上,形成了绿泥石—石英糜棱岩和绢云千糜岩或绢云石英糜棱岩带。就矿物组合而言,第二期糜棱岩(化)形成的深度、温度和压力都较早期的要浅、要低。且在第二期糜棱岩带中往往有含金属硫化物的石英脉体穿插。第三期断裂活动以挤压破碎为特征,发生在浅部,完全属脆性断裂活动。含金属硫化物的石英脉及近脉体的蚀变岩石往往在这次脆性断裂活动中强烈破碎。在地表氧化条件下,金属硫化物大都被氧化淋滤,从而使金元素进一步富集,成为易于堆浸的氧化矿。位于李子园北北东向韧性剪切断裂带的望天沟金矿点就沿早期斜长角闪质糜棱岩带叠加第二期韧性剪切作用,形成绿英质糜棱岩,并在剪切带中心形成绢云千糜岩及绢云石英糜棱岩。雁行状排列的含金属硫化物的石英脉体表明这次韧性剪切的特点是在浅部层次发生的一种韧脆性剪切活动,石英脉沿这些雁行状排列的剪张裂隙贯入并引起绢云母化和硅化(图 4)。

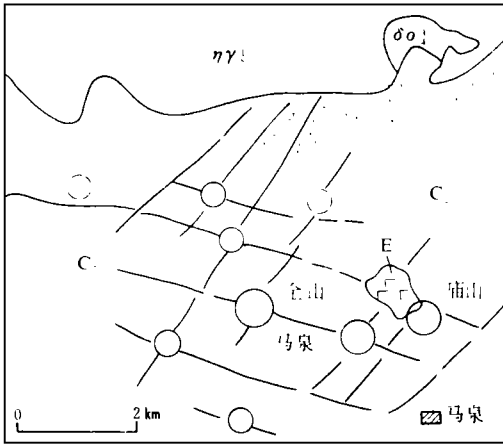


图 2 中川岩体南部断裂构造与金矿(化)分布略图  
Fig. 2 The sketch map of fault structure and gold deposit and gold mineralization in the southern Zhongchuan rockbody

大圆圈为矿床,小圆圈为矿点,虚线圆圈为矿化点;  
ηγ—中川二长花岗岩;δo—华力西晚期石英闪长岩;  
点带为热接触变质带;E—早第三纪玄武岩;  
C<sub>2</sub>—中石炭统粉砂质板岩、斑点板岩  
(地质资料据甘肃地矿局一队 1:5 万区调填图缩编,  
矿产资料由作者等收集标绘)

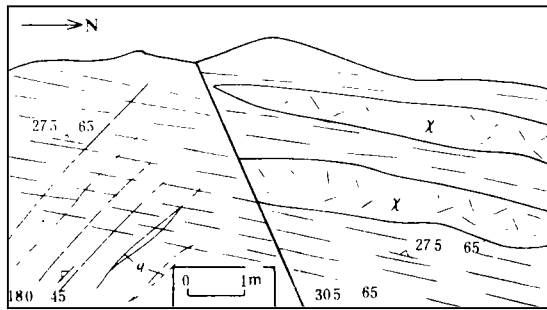


图 3 庙山金矿采矿掌子面素描图  
Fig. 3 The sketch map of mining face in Miaoshan gold deposit

x—煌斑岩脉,产状为近南北向剪切破劈理,和东西向断裂带中的剪切劈理产状;另一含金石英脉。矿产于中石炭统斑点板岩中

次级断裂构造不仅控制金矿(化)空间分布,而且更重要的是为含矿流体提供通道,使得含矿流体得以沿断裂带上升运移,并在温压氧逸度及 pH 值都合适的条件下富集成矿。上述所列庙山金矿及李子园望天沟金矿点的情况都可为此提供例证。

## 4 构造岩浆活动

研究区属北秦岭构造岩浆带的西延部分,并以中生代中酸性岩浆活动而著称。其次在该区有多种类型脉岩活动,有的脉岩与成矿关系极为密切<sup>[3]</sup>。据此,对构造岩浆活动在成金中的作用可以分两个部分论述。

### 4.1 中酸性侵入岩在成金过程中的作用

在研究区范围内,与构造岩浆活动相关的金矿(化)占绝大多数,除个别金矿(化)与华力西期闪长岩体相关外,大都与中生代中酸性岩浆活动关系密切。中川岩体外围及柴家庄岩体附近金矿(化)的集中分布,充分说明了这一点(图1)。然而对于中生代构造岩浆活动在成金

过程中的作用。前人曾提出过一些认识:其一,认为中酸性岩浆活动仅为成金提供热源,而不提供成矿物质。其主要依据是中川岩体金的丰度值低于地壳的平均丰度;其二,认为中酸性岩浆活动不但为成金提供热源,而且提供成矿物源。持这种看法的主要依据是柴家庄岩体中金的丰度高于地壳平均丰度。对于上两种认识,作者试图结合地质构造背景及地球化学场特征等提出讨论。

上文已述及,三个成矿小区的地质构造背景及区域地球化学场各具特色。就东部金及多金属成矿小区而言,围岩及中酸性侵入岩中金的丰度值较高(表1)。而且甘肃地矿局地质一队曾对柴家庄金矿进行过少量氧同位素及气液包裹体研究,认为成矿流体中有岩浆水的成分。然而一个明显的事实是柴家庄金矿(化)全都沿着三面被中酸性岩体包围的北北东向韧性剪切带,在岩体中几乎没有金矿(化)。在该成矿小区其他金矿点及矿化地段也有类似现象。因此,有理由认为,在东部成矿小区中酸性侵入岩虽可提供部分成矿物源,但仍以提供热能为主;成矿物质来源很可能是多源的。西部金铀成矿小区范围内,中酸性侵入岩及围岩中金的丰度值低(表1)。据此可知,成矿物质不是来自中酸性侵入岩。另一引人注目的现象是,金矿(化)绝大多数出现在距岩体接触带1.5~2km范围以外。最远的矿(化)距中川岩体接触带不超过6.5km。超过此范围,虽然构造条件十分有利,也无金矿化。中川岩体内部及该成矿小区内的几个大型岩体内部至今仍未见有金矿(化)的报道。就上述现象而言,在该成矿小区中酸性侵入岩在成金过程中也只能是起热能作用。在南部成矿小区,就安家岔金矿而言,金矿成矿作用显然与含金及金属硫化物的富铀质热流体对碳酸盐岩及粉砂质板岩的蚀变密切相关,但距该金矿不远的华力西期草关花岗闪长岩也为此提供了热能,从而促使成矿流体活化运移。

综上所述,作者认为,无论在哪个成矿小区,不管区域地质构造背景和区域地球化学场有什么差异,中酸性侵入岩在成金作用中主要扮演提供热能,促使成矿流体活化运移的角色。而提供成矿物源则不占主导地位。

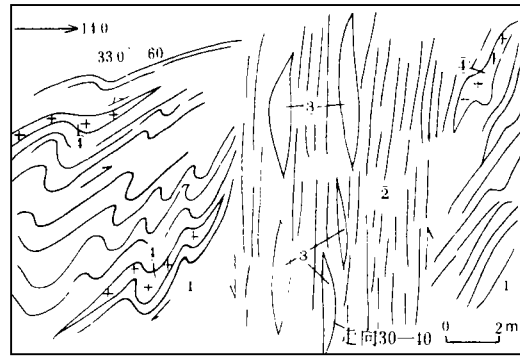


图4 李子园望天沟金矿点采矿掌子面素描图

Fig. 4 The sketch map of mining face in Wangtiangou of Liziyuan gold ore point

- ①—绿泥片岩及绿英质糜棱岩;②—绢云千糜岩;  
③—含金石英脉;④—长英质脉;箭头示剪切方向

4.2 脉岩在成金过程中的作用

在北秦岭构造岩浆带中,西段各种类型脉岩极其发育,而且与成金关系密切,此种现象在中段和东段至今尚未见报道,所以,堪称北秦岭西段中生代构造岩浆带的又一特点。

近年来,脉岩,特别是煌斑岩脉同成金的关系已引起国内外同行的关注<sup>[3~5]①</sup>,陈源(1993)对该区与金矿化相关的脉岩进行了专门研究,认为脉岩在空间上与金矿化紧密伴生,时间上晚于金矿化。脉岩和中酸性侵入岩为同一构造岩浆事件不同阶段的产物<sup>[3]</sup>。该区脉岩类型有煌斑岩、花岗细晶岩、闪长细晶岩,这几类岩脉分布和金矿(化)关系都相当密切。在西部金铀成矿小区,脉岩分布在大岩体的围岩中,一般沿构造裂隙上升侵位,呈近南北向,北西向和北西西向延伸。在金山、马泉、庙山及李坝金矿,以及中川岩体东部的火吉坪矿点及其他矿化点都可见到煌斑岩脉沿含矿构造断裂上升侵位,造成金的再次富集。东部金多金属成矿小区也有类似情况,在柴家庄金矿的Ⅳ号矿带可见闪长细晶岩脉沿近南北向构造裂隙上升侵位并使金再度富集。在 Au 及相关元素丰度上脉岩类较中酸性侵入岩体要高,含矿煌斑岩可达到  $2.6 \times 10^{-6} \sim 4.3 \times 10^{-6}$ 。一般不含矿的脉岩也较地壳平均丰度要高(表 3)。目前虽对脉岩是否和大型中酸性侵入岩体同源的问题尚有不同认识(陈源,1993;赖绍聪,徐海江,1993),但从陈源(1993)所作 5 个脉岩的 Rb-Sr 同位素结果分析,煌斑岩类和细晶闪长岩类的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  值都较低(0.703~0.704);而赖绍聪等(1993)则认为煌斑岩源区大于 150km,系挥发分交代地幔而成<sup>[4]</sup>。总之其源区较深。此类脉岩富含挥发分,具有高度搬运金及相关元素的能力。

综上所述,脉岩是构造岩浆活动晚期产物。作为一种源自地壳深部甚至上地幔的富含挥发组分的岩浆流体,在其上升运移过程中萃取了大量的 Au 及相关元素;而其本身的岩浆热能使构造裂隙中的成矿流体活动能力增强,从而在其运移途中萃取大量金及相关元素,在近地表条件下析出 Au 及相关元素,形成金矿(化)。脉岩一般和金矿化同期或略晚于金矿化。

表 3 北秦岭西段中生代构造岩浆带部分脉岩中金及相关元素丰度表( $\times 10^{-6}$ )

| Table 3 The abundance of Au and relative elements in part vein rocks of Mesozoic tetonomagmatism in western section of the North Qinling |         |     |        |       |      |    |     |       |      |      |       |
|--|---------|-----|--------|-------|------|----|-----|-------|------|------|-------|
| 序号   | 脉岩名称    | 样品数 | Au     | Ag    | Cu   | Pb | Zn  | As    | Sb   | Co   | Ni    |
| 1  | 云斜煌斑岩   | 1   | 0.018  | 0.07  | 70   | 30 | 100 | 1.97  | 0.96 | 30   | 100   |
| 2  | 闪长岩脉    | 1   | 0.018  | 0.07  | 25   | 30 | 200 | 17.34 | 1.25 | 15   | 40    |
| 3  | 花岗细晶岩   | 2   | 0.102  | 0.07  | 70   | 30 | 90  | 19.67 | 1.54 | 12.5 | 55    |
| 4  | 斜闪煌斑岩   | 4   | 0.068  | 0.36  | 38.4 | —  | 110 | 472   | 14.4 | 15.1 | 119.0 |
| 5  | 含矿斜闪煌斑岩 | 2   | 2.680  | 0.62  | 63.4 | —  | 150 | 2770  | 14.3 | 15.0 | 87.5  |
| 6  | 花岗闪长岩   | 1   | 0.100  | 0.35  | 12.6 | —  | 62  | 860   | 8.0  | 3.5  | 10.0  |
| 7  | 闪长岩     | —   | —      | 0.07  | 35   | —  | 72  | 2.4   | 0.20 | 0.10 | 55    |
| 8  | 花岗岩     | —   | 0.0645 | 10.05 | 20   | —  | 60  | 1.5   | 0.26 | 5    | 8     |

注:1~3:作者采自东部成矿小区;4~6:引自陈源(1993);7~8:维诺格拉多夫(1962)各类岩石在地壳中的平均丰度

① 涂怀奎. 秦岭地区煌斑岩与金矿化的研究. 陕西地质科技情报,1993,18(1,2)

5 流体地质

一般认为在富含挥发分热流体参与下,在地壳及上地幔中可以降低介质的熔点,形成不同深度不同层次的岩浆源。流体在中酸性岩体周边引起强烈的围岩蚀变。沿构造裂隙及断裂带的蚀变和一些新生矿物,如绢云母、绿泥石、方解石、石英、角闪石等的生成,一般也都认为与沿断裂带活动的流体有关。就目前对流体的研究而言,流体源自多渠道。概括起来有源自地幔的地幔流体,源自岩浆源的岩浆流体,由变质脱水作用而成的变质流体,盆地沉积物中残留的盆地流体,以及大气降水而成的大气流体(包括地表流体)。前人对李坝金矿及柴家庄金矿含金石英脉及金属硫化矿物的气液包裹体和 H、O、S 同位素研究(陈源,1993<sup>[3]</sup>;甘肃地矿局一队,1993,内部资料)表明,成矿流体的主要成分是大气降水,其中混有少量的岩浆水及变质水。核工业部 217 队内部资料对西和县安家岔金矿的硫和氧同位素测定和气液包裹体研究表明,成矿流体接近变质水成分(表 4)。

表 4 北秦岭西段几个金矿区中的硫、氢、氧同位素特征表

Table 4 The characteristics of S,H,O isotopes of several gold districts in western of the north Qinling

| 矿区  | 项目   | $\delta^{34}\text{S}\%$ | $\delta\text{D}\%$ | $\delta\text{D}\%$ | $\delta^{18}\text{O}\%$ | $\delta^{18}\text{O}\%$ |
|-----|------|-------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| 李坝  | 测试物  | 金属硫化物                   | 黄铁矿中流体包体           | 石英                 | 石英                      | 流体水                     |
|     | 样品数  | 16                      | 4                  |                    | 6                       | 6                       |
|     | 变化范围 | 4.7~11.6                | -91.8~-75.1        | -84.00~-69.80      | 9.18~15.22              | 4.10~9.46               |
|     | 平均值  | 7.98                    | -83.78             | -79.33             | 12.84                   | 6.48                    |
| 金山  | 测试物  | 金属硫化物                   | 石英包体中水             |                    | 石英包体中水                  |                         |
|     | 样品数  | 1                       | 1                  |                    | 1                       |                         |
|     | 变化范围 |                         |                    |                    |                         |                         |
|     | 平均值  | 4.05                    | -74.9              |                    | 18.70                   |                         |
| 安家岔 | 测试物  | 金属硫化物                   |                    |                    |                         |                         |
|     | 样品数  |                         |                    |                    | 7                       |                         |
|     | 变化范围 | 8~12                    |                    |                    | 3.57~19.59              |                         |
|     | 平均值  |                         |                    |                    | 12.58                   |                         |
| 柴家庄 | 测试物  | 金属硫化物                   |                    |                    | 石英                      |                         |
|     | 样品数  |                         |                    |                    | 5                       |                         |
|     | 变化范围 | 5~6                     |                    |                    | 9.52~11.63              |                         |
|     | 平均值  |                         |                    |                    | 10.38                   |                         |

注:李坝、金山引自有色系统内部资料;安家岔引自核工业部 217 队资料;柴家庄资料由协作单位甘肃地矿局地质一队提供

作者认为该区成矿流体成分以大气降水为主是必然的。但大气降水如何参与成金作用,以及参与的程度如何却是一个值得讨论的问题。

(1)研究区几个金矿区的硫同位素资料(表 4)表明硫来源接近幔源硫的特点,至少是源自



地壳中下层;

(2)研究区除东部金多金属成矿小区外,岩体及围岩中金的背景值均低于地壳中的平均丰度(表 1);

(3)源自地壳深部的煌斑岩类及闪长细晶岩类脉岩中金的丰度比较高(表 3);

(4)研究区已有的 H、O、S 同位素资料及气液包裹体研究资料表明成矿流体的成分是盐度较高的,以大气降水为主的,其中混入有少量岩浆水和变质水的混合流体(对于不同的矿区,其混入的程度不同)。

上述(1)、(2)、(3)似乎可以说明成矿物质 Au 及 S 主要源自地壳深部,而第(4)点则说明成矿流体在以大气降水占优势的前提下,仍含有少量的岩浆水和变质水。而后者很可能在搬运 Au 及相关元素和 S 元素中起了主要作用。因为这两种流体源于地壳深部,特别是变质流体,只有这两种流体才有可能将深源的 Au 及 S 萃取并使之向上运移。Phillips(1993)认为成金流体是一种低盐度的含还原硫和适度 CO<sub>2</sub> 的流体,它源自变质脱水作用。这种流体在地热梯度高的地区对 Au 及其相关元素具有很强的萃取能力和搬运能力<sup>[6]</sup>。可以推想北秦岭西段原始的含金流体也很可能是一种低盐度的变质流体,它活跃于中酸性岩浆活动的高地热梯度区。在其沿构造裂隙及构造断裂带上升途中,从地壳深部萃取了大量的 Au 和 S,并混入了部分岩浆水,使流体的成分和性质都发生改变。况且岩浆余热又增加了流体的活力,使其沿构造有利部位继续运移。当其上升到地壳浅层接近地表时,则混入了大量的大气降水。大气降水的加入改变了原先含矿流体的成分,使其盐度增高,酸碱度改变,温度降低,氧逸度降低,从而使金和金属硫化物析出沉淀成矿。由此可见,Au 及相关元素的萃取和搬运主要借助于深源的变质流体和岩浆流体,而金及与其伴生的金属硫化物的析出结晶(成矿)则有赖于大气降水的参与,这在地壳浅层接近地表条件下是必然的。

## 6 结论

通过对研究区金矿(化)主要控矿因素的分析,认为区域地质构造背景和由此而造成的区域地球化学场的差异控制了三个成矿小区成矿特征上的明显差别。而它们之间的分界线正是两条区域性断裂带。东部成矿小区以成金和多金属矿产为主,西部成矿小区以形成金、铀矿产为主,而南部成矿小区则以形成 Pb、Zn、Sb、Ag、Hg、Au 矿产为主。构造断裂对成金的控制作用尤为明显,主要表现在次级断裂上,它们不但为含金流体提供了通道。而且成为金及金属硫化物析出成矿的有利构造部位。构造岩浆活动造成了中酸性侵入岩和脉岩,前者在成金作用中主要提供热能,使地热梯度值增高,从而有利于金矿化,后者除提供有限的热能外,还提供成矿物质。成矿与流体的关系十分密切,成矿物质系由源自地壳深部的变质流体萃取并携带,当其运移到地壳浅层近地表条件下有大量大气降水混入,改变了原有含矿流体的成分和物理化学条件,从而使金和金属硫化物析出成矿。

## 参 考 文 献

- 1 蔡蕴华,李万华. 西秦岭泥盆系岩石中斑点状构造与金矿化. 黄金,1991,12(5):5~12

- 2 朱俊亭主编. 1:100万秦岭大巴山地区矿产图. 西安:西安地图出版社, 1993
- 3 陈源. 西秦岭北带与金矿有关的脉岩. 黄金, 1993, 14(8): 1~6
- 4 赖绍聪, 徐海江. 江西茅排金矿区含金煌斑岩特征及其与金矿化的关系. 黄金, 1993, 14(8): 7~11
- 5 Rock M S, Grovso I. Can lamprophyres resolve the genetio oontrovery over mesothermal gold deposits? Geol. , 1988 V. 16. No. 6, pp. 538~541
- 6 Phillips G N. Metamorphic fluids and gold; Mineralogical Magazine. 1993, Vol. 57, No. 388, pp. 365~374

## CHIEF CONTROLLTNG FACTORS OF GOLD DEPOSITS AND GOLD METALLIZATION IN WESTERN SECTION OF THE NORTH QINLING

Feng Yimin

He Shiping

Song Zhongbao

Li Zengqing

Zhao Lili

He Fang

(Xi'an Institute of Geology and Mineral  
Resources, MGMR)

(No. 1 Geological Party, Bureau of Geology  
and Mineral Resources of Gansu Province)

### Abstract

Western section of the North Qinling is localited in juncture of the Qinling Orogenic belt with the Qilian Orgenic Belt, and characterized by well-developed tectonomagmatism, especially Mesozoic tectonomagmatism. Gold deposits and gold metallization are common in the studied area. Chief controlling factors of gold deposits and gold metallization can be listed as the followings: ①regional geologic tectonic background, ②regional geochemical field, ③fracture, ④tectonomagmatism, and ⑤fluid geology. Migration and concentration of gold and its relative elements are commonly controlled by the above-mentioned 5 factors. Thus, it led to form various scale and different types of gold deposits and gold metallization.

**Key words** Western section of the North Qinling, gold deposits and gold metallization, ore-controlling factors