

文章编号: 1009-6248(2007)增刊-0044-05

小秦岭地区金矿成矿机理分析

张 启^{1,2}, 王瑞廷³, 韩俊民^{1,2}, 杨智慧⁴, 何忙忙²

(1. 中国地质大学资源学院, 湖北 武汉 430074; 2. 西北有色地质勘查局七一二总队, 陕西 咸阳 712000; 3. 西北有色地质勘查局, 陕西 西安 710054; 4. 西北有色地质勘查局七一二总队, 陕西 商州 726000)

摘 要:小秦岭成矿带是我国重要的贵金属成矿带之一, 区域成矿地质背景和成矿条件显示了该区良好的资源潜力。金矿受地层、构造和岩浆岩控制, 具有“三位一体”的成矿模式。成矿过程复杂, 太古宙太华群为成矿提供了物质基础, 区域变质作用使金发生初次富集; 早期自北而南的挤压形成规模巨大的推覆构造为含金石英脉的生成提供了有利空间; 燕山期构造-岩浆活动对金的活化、迁移、富集起主导作用。金成矿温度属中低温热液矿床, 围岩蚀变简单, 成矿具有多阶段、多成因等复合型特征。矿床成因为动热再造多元热液型。通过对该区综合研究工作的不断深入, 初步显示开展小秦岭地区深部找矿工作具有重要的现实意义。

关键词: 金矿; 太华群; 推覆构造; 燕山期岩体; 小秦岭

中图分类号: P618.51 **文献标识码:** A

小秦岭是我国重要的黄金生产基地, 该区成矿地质条件优越, 找矿潜力巨大, 目前控制的黄金储量约500 t。随着地质物化探综合研究工作的不断深入, 新一轮找矿实践初步显示“小秦岭地区深部还可能找到一个小秦岭”, 因此研究小秦岭金矿的成矿机理, 对于在该区寻找超大型金矿, 特别是把小秦岭西段的深部找矿工作推向新阶段, 实现国民经济可持续发展战略目标, 有重要的现实意义。

1 金与地层关系

1.1 金的层控特征

小秦岭金矿地层主要为太古宙太华群古老变质岩, 其原岩为一套中基性火山-沉积岩, 岩石以富铁、镁质为特征, 含丰富的金属元素。胡伦积教授曾对1339个不同类型的岩浆岩中金含量进行了分析研究, 结论是基性岩中金含量为酸性岩的3倍

(表1)(胡伦积, 1983), 说明基性岩中金的原始背景值较高。据统计, 小秦岭地区81.3%的金矿产于太华群中。华北地块周边与太华群岩性相似的其他地区, 金矿的赋存地层也是以古老变质岩为主。如冀北地区117个金矿床(点)中, 有107个产于太古宙迁西群中(母瑞身, 1987), 张宣地区95%的金矿产于桑干群中; 辽南地区226个金矿床(点), 91个产于太古宙鞍山群中, 68个产于元古宙辽河群中(周世泰, 1993)。

诸多的研究成果表明, 金矿床受太古宙古老变质岩控制是普遍规律。涂光炽教授指出:“绿岩带型金矿是我国最重要的类型。围绕华北地块周边的包括小秦岭、夹皮沟、张家口一带金矿, 都是绿岩型的”(涂光炽, 1984)。这就从构造环境和岩石建造上揭示了金的成矿与太华群的内在联系, 显示了小秦岭地区金矿成矿的层控特征。

收稿日期: 2007-01-25; 修回日期: 2007-04-25

作者简介: 张 启(1968-), 男, 研究生, 地质勘查专业。通讯地址: 712000, 咸阳市渭阳西路63号, 西北有色地质勘查局712总队; 电话: 029-33344468; Email: xbys712dkfy@tom.com。

表 1 金在不同类型岩浆岩中的含量 ($\times 10^{-9}$)Tab. 1 The content of gold in different type of magmatic rock ($\times 10^{-9}$)

岩石类型	岩石名称	样品数	金平均含量
酸性岩	花岗岩、流纹岩等	498	1.6
中性岩	闪长岩、石英闪长岩	261	3.2
基性岩	闪长岩、辉长闪长岩	580	4.8

注: 据胡伦积, 1983。

1.2 稳定同位素组成特征

本区地层普遍遭受区域变质和混合岩化作用, 沿断裂带的热液蚀变交待作用亦表现十分强烈。由于取样的代表性和测试方法手段的差异, 造成同位素研究许多资料数据有一定差异, 但其地质解释基本一致, 具有代表性的结论是: 矿脉 $\delta^{34}\text{S} = -2 \sim +7$, 平均 $+2.7$; 太华群中 $\delta^{34}\text{S} = -2.2 \sim +5.47$, 平均 $+2.15$ 。两者硫同位素组成相似, 均接近陨石硫 ($-6 \sim +6$); 反映了硫同位素的继承性和矿床的层控性。 $\delta\text{D} = -33.8 \sim -53.0$; $\delta^{18}\text{O} = +6.29 \sim +10.07$; 铅同位素组成为正常铅。说明矿液中的水主要来自古老正变质岩在变质过程中释放出的结晶水和结构水 (张荫树等, 1985)。这清楚的表明, 大月坪-金罗斑热穹隆的太华群是本区金成矿的物质基础及矿源层。

1.3 太华群含金性研究现状

太华群中金含量的研究结果出入较大: 王亨治求得小秦岭太华群变质岩金的丰度值平均 0.7×10^{-9} (王亨治, 1986); 王友文采集太华群样品最多, 平均 2×10^{-9} (表 2) (王友文, 1985); 还有栾世伟、张荫树、晁援等专家学者的研究成果, 金丰度值平均 0.71×10^{-9} (栾世伟等, 1991)。以上可以看出, 小秦岭地区太华群中金的丰度值不高, 总体上低于地壳中的平均值 (3.5×10^{-9})。因此, 有不少研究者便以此为证, 否定了太华群变质岩对金矿成矿的层控作用。由于测试样品的随机性很大, 分析化验的方法各异, 测试仪器的先进程度和精度不同, 所求得之结果有一定的差别都在情理之中, 但无论研究者对自己的测试结果作如何解释, 总归不能改变这样的地质事实, 即他们所研究的太华群变质岩中金的丰度是成矿后的丰度值, 不能代表原始地层中金的原始丰度。

含矿地层出现金亏损的现象并非局限于小秦岭地区。湘西含金地层板溪群金丰度为 $0.70 \times 10^{-9} \sim$

1.3×10^{-9} (刘英俊, 1987); 辽宁北票建平群小塔子沟组变质岩金丰度平均 1.2×10^{-9} 。国外也有类似情况: 加拿大莱斯雷克绿岩金丰度值为 0.3×10^{-9} ; 南非巴伯顿绿岩为 1×10^{-9} 。这些现象表明, 出现金亏损的含矿层并富含易活化金, 是金成矿的主要矿质来源, 对成矿十分有利。也有不少含矿变质岩中金的丰度大大高于地壳的平均值, 这是后期成矿热液叠加的结果。

表 2 太古代部分含金地层含量表 ($\times 10^{-9}$)Tab. 2 The content of gold in Archean stratigraphy ($\times 10^{-9}$)

地区	构造位置	赋存层位	样品数	Au 平均含量
小秦岭	豫西断堑北西缘	太华群大月坪组—三关庙组	258	2
夹皮沟	铁岭—靖宇隆起	鞍山群三道沟组	7	81
金厂峪	燕山台褶带	迁西群上川组	21	71
涞源—平山	山西断堑东缘	阜平群	41	7

注: 据王友文等, 1985。

2 金与构造关系

2.1 褶皱构造的控矿作用

大月坪-金罗斑复背斜全长 80 km, 横贯小秦岭, 由于早期构造变形应力表现为自北而南的挤压, 形成规模巨大的推覆构造, 造成大月坪-金罗斑复背斜北翼平缓而南翼陡倾, 局部地层发生倒转。在背斜南翼, 朱家沟大断裂北侧产生层滑构造带, 为 Q539、Q2142、Q420 等 EW 向平行展布的陡倾斜含金石英脉的生成提供了有利空间; 在背斜北翼形成缓倾斜, 多层展布的层滑剪切带, 控制 Q515、Q502、Q611 等含金石英脉空间展布。特别是在边幕式短轴褶皱发育地段, 多层状含金构造带密集, 缓倾斜含金石英脉最为发育。

2.2 区域大断裂控矿作用

朱家沟大断裂 EW 向延绵 100 多千米, 破碎带宽 10~100 m, 断裂带中糜棱岩化强烈, 构造透镜体发育; 沿断裂带有晋宁期花岗岩、中生代花岗斑岩和金、钼等多金属矿产分布, 具有多期次活动特征。

朱家沟大断裂本身金含量仅 0.02×10^{-6} , 而铬、钴、镍等高硫成矿元素含量较高, 分别达到 300、30、 160×10^{-6} , 说明该断裂切割深度大, 可能接近上地幔。据研究, 地壳中金的分配规律是随着其深

度的增大而逐渐递增的(地壳 3.5×10^{-9} 、上地幔 5×10^{-9}), 深大断裂往往是地壳深部含金流体上升的通道, 对金矿带、矿田、矿区的分布起控制作用, 是很重要的导矿构造。

2.3 次级断裂控矿作用

次级控矿断裂除早期形成的 EW 向层滑剪切构造之外, 主要是燕山运动形成的 NE—NNE—SN 向为组合特征的左形剪切断裂带, 为含金石英脉密集区的形成提供了极其重要的构造条件, 如岳王庙地区 Q424、Q470、Q456、Q8301 等脉体, 均受燕山期断裂构造带控制。这些发生在成矿期的次级断裂构造, 既具有导矿构造特点, 又具有容矿构造的特点; 金矿脉像豆荚中的豆子, 产在断裂带中。

3 金与岩浆岩的关系

3.1 岩浆岩基本特征

区内与成矿关系密切的岩体有华山岩体和文峪岩体, 主要由黑云母二长花岗岩组成, 均呈大岩基状产出; 其中华山岩体出露面积较大, 约 120 km^2 , 同位素年龄测定结果多为 $100 \sim 130 \text{ Ma}$, 属燕山期岩浆活动产物。

华山岩体岩石化学成分特征: $\text{SiO}_2 > 70\%$,

$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > 8\%$, $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 0.92$, $\text{CaO}/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) < 0.3$, CaO 含量较低, 文峪岩体与华山岩体岩石化学成分基本相同(表 3)(尚瑞均等, 1988)。

3.2 金与岩浆岩的关系

许多学者曾进行过研究, 其结论可概括为两种: 一是岩浆热液成矿, 认为成矿热液来源于花岗岩体, 即华山、文峪岩体为成矿母岩; 二是变质热液成矿, 认为成矿热液来源于太华群古老变质片麻岩系。作者基本同意后一种观点, 其理由为: ①尚瑞均等研究成果表明(表 4), 华山和文峪岩体中金的丰度均低于秦巴地区花岗岩中金的平均值, 说明这两个岩体不可能为太华群中形成金矿提供丰富的矿质来源。②涂光炽教授研究认为, 与成矿有成因联系的花岗岩体具有“小、酸、新”特征。小指花岗岩体出露面积小, 通常是几平方千米; 酸指花岗岩中 SiO_2 含量较正常花岗岩高; 新指岩体形成时代相对较为年轻, 一般是印支、燕山期占多数(涂光炽, 1989)。③据统计, 秦巴地区发现与花岗岩体有关的金矿 9 处。其中, 5 处产于中—浅成小岩体接触带内, 4 处产于混合花岗岩及浅—超浅成引爆角砾岩中。成矿岩体呈小岩株状, 金丰度较高, 成矿与母岩形成时代基本相同, 主要为印支、燕山期。

表 3 岩体岩石化学成分表

Tab. 3 The chemical component of rock in different intrusion

岩体 名称	样品 数	氧化物含量 (%)												碱 指 数			Al_2O_3
		SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	灼烧	X	Y	Z	$\frac{\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}}{\text{Al}_2\text{O}_3}$
华山	18	71.71	0.18	14.77	1.03	0.95	0.05	0.50	1.77	4.34	4.01	0.06	0.41	9.40	8.65	4.72	1.00
文峪	4	70.18	0.18	14.12	1.61	1.07	0.09	0.44	2.28	2.29	4.71	0.12	3.07	8.36	8.50	3.35	0.99

注: 据尚瑞均等(1988), 有关数据编。

表 4 岩体与秦巴地区花岗岩类 Au、Ag

含量比较表 ($\times 10^{-9}$)

Tab. 4 The content compare of intrusion with granite rock in Qinling-Bashan region ($\times 10^{-9}$)

岩体名称	样品数	Au	Ag	备注
华山岩体	9	0.27	0.06	内部相
文峪岩体	6	0.34	0.04	
秦巴地区花岗岩	387	0.50	0.11	

注: 据尚瑞均等(1988) 有关数据编。

但值得注意的是, 本区金矿主要分布在距花岗岩体 $2 \sim 7 \text{ km}$ 的范围内, 表明成矿与岩体有密切关系。据分析, 沿朱家沟大断裂分布的元古代混合花

岗岩是推覆构造活动的产物, 变质和混合岩化作用均为金活化富集的必要条件。在近脉混合岩中, 金含量有时尚达到工业要求。中生代燕山期构造岩浆活动, 形成了规模巨大的壳源重熔型二长花岗岩体, 其原岩为太华群(尚瑞均等, 1988), 蒲峪矿区方解石石英脉是成矿晚期的产物, 其钾-氩年龄为 76 Ma , 说明成矿时代为晚燕山期。华山、文峪岩体结晶分异所产生的气液活动, 为太华群中金的再次活化、迁移、富集提供了热源和驱动力, 并在构造有利部位形成工业矿体。因此认为, 本区岩浆活动是重要的成矿条件之一, 对金富集成矿起主导作用, 但未提供足够的矿质来源。

4 成矿机理分析

从金矿与地层、岩浆岩的关系论述中可以看出,本区金的成矿物质来源于太华群,岩浆岩与成矿虽有密切的内在联系,但又不能提供丰富的矿质来源,也是无可争议的。因此,分析小秦岭金矿的成因,必须从金析出的成矿机理入手,才能获得符合地质规律的结论。

本区太古宙太华群古老地层在遭受混合花岗岩化和区域变质作用过程中,曾经导致地层中的金发生初始富集,但未能形成金矿体。

燕山运动时期,本区发生了强烈的构造-岩浆活动,形成燕山期断裂构造活动体系和岩浆侵入活动。这期构造-岩浆活动带给周围岩石大量的热能。这些热能就在岩浆岩体周围和构造断裂带富集形成了一个热的晕圈。在这样的热能影响和驱动下,原来岩石中所含的水,地下水和岩浆结晶过程中析出的水一起增温聚合,并向压力低的地方运移。在这个过程中,他们与围岩进行化学成分交换,吸取了围岩中的 Au、Ag、S、Fe 等多金属元素,形成含矿热液。

这种多来源的含矿热液,最初所含金属离子浓度较低,并可能呈弱碱性,因此,常在矿脉两侧蚀变围岩中见钾交待;随着热液与围岩物质成分的不断交换,其性质逐渐变为弱酸性,并且处于还原环境,在这种条件下的含矿热液,一旦遇到较大的构造空间,其围岩压力会突然降低,为高浓度含矿热液中 Au、S、Fe 等多金属元素的析出提供了有利条件,并逐渐形成工业矿体(张本仁,1990)。

从矿床研究资料看,本区金矿成矿温度 150~300℃,属中低温热液矿床范畴,围岩蚀变简单,主要有硅化、绢云母化、钾化及碳酸盐化等。

从以上所论述的成矿机理可看出,本区矿床成因与典型的岩浆热液矿床及变质矿床有明显的不同。运矿地层及矿源层为太古宙太华群,而成矿是在燕山期构造-岩浆活动中才得以实现,具有地层、构造、岩浆“三位一体”的成矿模式(王相等,1996),其成因应为动热再造多元热液型。

这种成因类型的金矿,与国外一些老地块中的金矿有着显著的不同;美国、澳大利亚、南非一些老地块中的金矿成矿时代是前寒武纪,而小秦岭金矿的成矿时代要年轻的多,为晚侏罗世一早白垩世,

古老的赋矿地层形成以后遭受了强烈的混合岩化和区域变质作用,经历了多期次构造-岩浆活动的叠加改造;这种改造对本区金的富集成矿起主导作用。因此,成矿具有多阶段、多成因等复合性特征。

5 结语

小秦岭金矿深部是极具找矿潜力的地区。区内矿产分布特征、成矿地质条件等资料显示深部金资源前景良好。燕山期形成的一系列大中型石英脉型金矿床是深部找矿的首选靶区。

由于小秦岭地区多年来的开发,浅部资源量不断减少。当务之急是开展深部新一轮找矿,查明可利用的矿产资源量,为本区矿业可持续发展提供后备矿产资源。

参考文献 (References):

- 胡伦积. 花岗岩的成因与成矿 [J]. 吉林大学学报(地球科学版), 1983, 12 (8): 52-63.
- 刘英俊. 华南含金建造的地球化学特征 [J]. 地质找矿论丛, 1987, (6): 31-35.
- 栾世伟, 张荫树, 晁援, 等. 小秦岭地区深部金矿化特征及评价 [M]. 成都: 成都科技出版社, 1991.
- 母瑞身. 论述金的成矿背景——含金地质建造 [J]. 地质找矿论丛, 1987, (2): 26-28.
- 尚瑞均, 严阵, 等. 秦巴花岗岩 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1988.
- 涂光炽. 中国层控矿床地球化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1984.
- 涂光炽. 超大型矿床的找寻和理论研究 [J]. 矿产与地质, 1989, 8 (3): 151-163.
- 王相, 唐荣杨, 李实, 等. 秦岭造山带与金属成矿 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1996 年.
- 王亨治. 金矿床地质及找矿方法 [M]. 成都: 四川科技出版社, 1986.
- 王友文. 小秦岭金矿床地球化学 [J]. 矿物岩石, 1985, (6): 122-136.
- 周世泰. 再论华北地台老变质岩中金矿成因特征 [J]. 地质与勘探, 1993, (3): 15-21.
- 张本仁. 秦岭区域地球化学文集 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990.
- Hu Lunji. The genesis and mineralization of granites [J]. Journal of Jilin University (Earth Sciences Edition), 1983, 12 (8): 52-63.

- Liu Yingjun . The geochemical characteristics of gold-bearing generation in Northern China[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 1987, (6): 31-35.
- Luan Shiwei, Zhang Yinshu, Tao Yuan, et al. The deep gold mineralization characteristics and its assessment [M] . Chengdu University Science and Technology Publishing House, Chengdu, 1991.
- Mu Ruishen. Discussion on gold mineralization settings gold-bearing geogeneration [J] .Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 1987, (2): 26-28.
- Shang Ruijun, Yan Zheng , et al. Granites in Qinling-Dabashan mountains [M] . Press of China University of Geosciences, Wuhan, 1988.
- Tu Guangzhi. The geochemistry in Chinese stratabound deposits [M] . Science Press, Beijing, 1984.
- Tu Guangzhi. Prospecting and study on super-scale deposits [M] . Mineral Resources and Geology, Beijing, 1989.
- Wang Xiang, Tang Rongyang, Li Shi, et al. Qinling orogenic belt and metal mineralization [M] . Metallurgical Industry Press, Beijing, 1996.
- Wang Henzhi. Geology and prospecting methods of gold deposits [J] . Sichuan Science and Technology Publishing House, Chengdu, 1987.
- Wang Youwen . The geochemistry of gold deposits in Xiaoqinling mountain [J] . Bulletin of Mineralogy and Petrology, 1985, (6): 122-136.
- Zhou Shitai. The second discussion on genesis and characteristics of gold deposits in Archaean greenstones of Huabei platform[J]. Geology and Prospecting, 1993, (3): 15-21.
- Zhang Benren. Collection on regional geochemistry in Qinling mountain [M] . Press of China University of Geosciences, Wuhan, 1990.

Metallogenic Mechanism Analysis of Gold Deposits in the Xiaoqingling Region

ZHANG Qi^{1,2}, WANG Rui-ting³, HAN Jun-min^{1,2},
YANG Zhi-hui⁴, HE Mang-mang²

(1. Resources Faculty of China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. No. 712 Survey Team of Northwest Mining and Geological Exploration Bureau for Nonferrous Metals, Xianyang 712000, China; 3. Northwest Mining and Geological Exploration Bureau for Nonferrous Metals, Xi'an 710054, China; 4. No. 713 Survey Team of Northwest Mining and Geological Exploration Bureau for Nonferrous Metals, Shangzhou 726000, China;)

Abstract: The Xiaoqinling metallogenic belt is one of precious metals resource bases in China. Based on its regional geological setting and ore-forming conditions, the belt has great potential in gold mining. The gold ore deposit in the belt is controlled by strata, structure and magmatic rocks. The metallogenic progresses are complicated. The metallogenic substances are derived from the Archaean Taihua group, and regional metamorphism initially enriched gold, large scale thrust nappes were formed by compression from north to south, which generated favorable structures for gold-bearing quartz veins to be emplaced. The tectono — magmatic activities during the Yanshan orogeny are critical for activation, migration and enrichment of gold. The ore-forming temperature is at middle-low degree. The country rock alteration is rather simple. The gold mineralization is characterized by multi-source, multi-stage and multi-genesis. The genesis type is hydrothermal deposit plus tectonic modification by deformation and metamorphism. Accompanied by advanced synthetic study in the Xiaoqinling region, it is shown that prospecting at depth will be significant in the Xiaoqingling region.

Keywords: gold deposit; Taihua group; trapplle structure; Yanshan intrusion; Xiaoqinling