

小秦岭金矿田地质特征及矿床成因

王亨治

(河南省地矿局)

内容提要: 小秦岭金矿系产于太古界太华群中的含金石英脉型金矿。本文研究了小秦岭地层和岩浆岩中金的丰度,在建立太华群层序和该区重褶皱构造格局的基础上研究了含金石英脉展布规律、金矿脉的矿化特征与矿化阶段。根据含金石英脉切穿燕山早期岩脉等大量事实,认为金矿成矿时代为燕山晚期。通过对矿脉矿化特征、同位素地质特征、矿物标型特征、成矿物理化学条件及与晚燕山期二长花岗岩关系等研究,证明小秦岭金矿床属中低温中深岩浆热液矿床。

主题词: 小秦岭金矿田 地质特征 含金石英脉 晚燕山期 岩浆热液矿床

位于华北地台南缘的小秦岭金矿田分布于豫陕交界的灵宝、潼关一带。小秦岭地区采金历史悠久,山上老窿密布,并有古石刻为记。石刻记载“景泰二年六月二十日开硐三百余眼”景泰二年为1451年,可见五百多年前开采规模就已相当可观了。

小秦岭紧靠陇海铁路,地形切割强烈。金矿属含金石英脉型,具有脉数多、规模大、开采容易、选矿性能好、交通便利等优点,已建成为我国重要的山金基地。目前小秦岭金矿的储量与开采量都正持续稳定地增长。

矿田地质

小秦岭金矿田出露地层为太古界太华群。太华群为一套中基性火山-沉积建造的变质岩系。太华群根据岩石类型组合自下而上分为蒲峪组、焕池峪组、闫家峪组、观音堂组和枪马峪组(图1)。各组之间均为整合接触。

蒲峪组: 底部出露不全,厚度大于375 m,主要由黑云斜长片麻岩组成。

焕池峪组: 厚700 m,以金云透辉大理岩、透闪透辉大理岩、大理岩为主,并夹黑云斜长片麻岩。

闫家峪组: 厚度大于1700 m,以斜长角闪片麻岩、斜长角闪岩、黑云斜长片麻岩为主,局部见麻粒岩。混合岩化较强,形成大量条痕状、条带状混合岩和均质混合岩。

观音堂组: 厚600 m,由含磁铁石英岩、石英岩、矽线黑云斜长片麻岩、斜长角闪片麻岩、条痕状混合岩等组成,并有少量大理岩夹层。

枪马峪组: 顶部出露不全,厚度大于680 m,由斜长角闪片麻岩、黑云斜长角闪片麻岩、黑云斜长片麻岩、条痕和条带状混合岩组成,局部有麻粒岩。

各地层组都有含金石英脉赋存,但主要赋存于闫家峪组中,现将各地层组中含金石英脉分布百分比列于表1。

小秦岭太华群金的丰度不高,用活性炭吸收化学光谱法对三条剖面138个样品的含金性

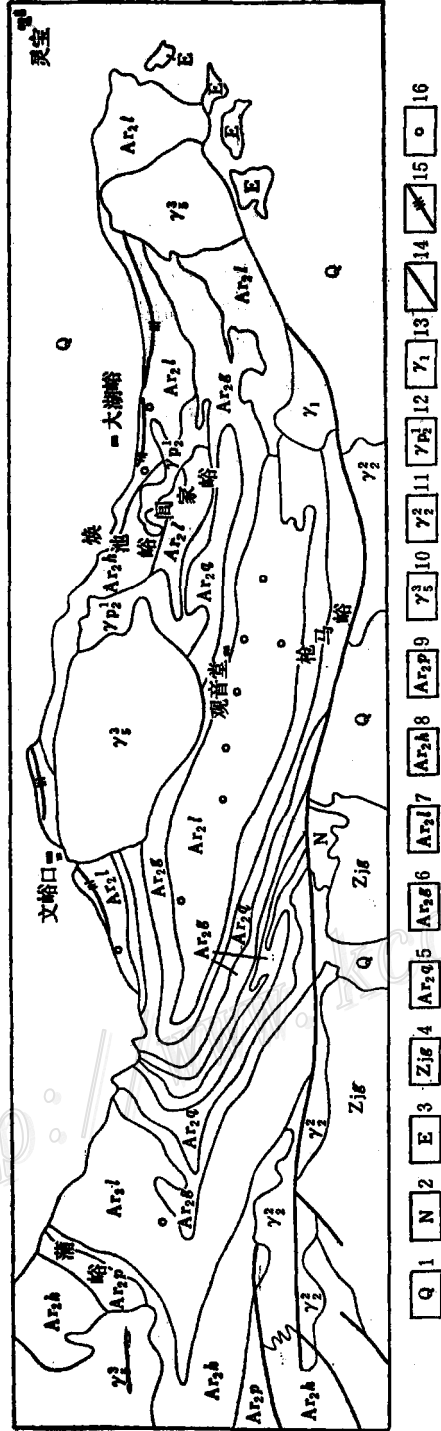


图 1 小秦岭金矿田地质简图

1—第四系, 2—上第三系, 3—下第三系, 4—蔚县系高山河组, 5—太华群枪马峪组, 6—太华群观音堂组, 7—太华群回家峪组, 8—太华群换池峪组, 9—太华群蒲峪组, 10—晚燕山期二长花岗岩, 11—晋宁期花岗岩, 12—东安期伟晶花岗岩, 13—嵩阳期片麻状花岗岩, 14—断层, 15—挤压破碎带, 16—金矿床

Fig. 1. Schematic geological map of the Xiaoqinling gold ore field.

1—Quaternary; 2—Eocene; 3—Eocene; 4—Gaoshanhe Formation of Jixian System; 5—Qiangmayu Formation of Taihua Group; 6—Guanyintang Formation of Taihua Group; 7—Lujiayu Formation of Taihua Group; 8—Huanchiyu Formation of Taihua Group; 9—Puyu Formation of Taihua Group; 10—Late Yanshanian monzonitic granite; 11—Granite of Jinning stage; 12—Pegmatite granite; 13—Cretaceous granite of Songyang stage; 14—Fault; 15—Compression fracture zone; 16—Gold deposit.

表 1. 太华群各地层组中含金石英脉分布百分比一览表

Table 1. Percentage of gold-bearing quartz veins in various formations of Taihua Group

地 层 组 名 称	所 占 百 分 比	1km以上规模脉所占百分比
枪 马 峪 组	11.8	7
观 音 堂 组	18.4	2.3
阎 家 峪 组	61.7	86.1
焕 池 峪 组	7.9	4.6
蒲 峪 组	0.2	0

分析结果^①如下: 太华群金的丰度为0.71 ppb, 其中焕池峪组为0.60 ppb, 阎家峪组为0.67 ppb, 观音堂组为1.05 ppb, 枪马峪组为0.51 ppb; 按岩性统计, 斜长角闪片麻岩为0.94 ppb, 混合岩为0.64 ppb, 斜长角闪岩为1.63 ppb, 斜长片麻岩为1.34 ppb, 石英岩为0.59 ppb, 大理岩为0.55 ppb。含金石英脉的分布与各地层组或不同岩石金的丰度之间没有相关性。

小秦岭矿田构造格局包括南北两侧区域性断裂及断裂所围限的小秦岭重褶皱所组成(图1)。南北两侧区域性断裂都具有发育时间长, 经历多期活动的特点。北界区域性断裂为太要断裂, 在区内断续出露达75 km以上, 呈近东西向波状展布, 其北盘汾渭盆地上覆新生代河湖相堆积。断裂破碎带宽数十至数百米, 断面北倾, 倾角60°—70°, 硅化、绿泥石化、绢云母化等热液蚀变现象十分发育。南界区域性断裂为小河断裂, 长75 km, 也呈近东西向波状展布, 其南盘出露邰县系和晚白垩世—新生代盆地沉积, 断裂破碎带宽数十至百余米, 断面南倾, 倾角50°—60°, 绿帘石化与磁铁矿细脉等热液蚀变发育。小秦岭重褶皱包括三个期次的褶皱构造, 其主褶皱在东段是背斜, 通过豫陕交界附近的共轭区, 在西段转化为扇形向斜。

小秦岭金矿田构造形迹主要受到秦岭纬向构造带的制约, 另外还受到太行山新华夏系和祁吕贺山字型前弧东翼构造的干扰, 因而兼有北北东、北北西和北东向等方向的形迹。这些构造形迹控制了小秦岭矿田糜棱岩带的分布, 糜棱岩带往往成为含金石英脉的充填构造。重褶皱主轴及其附近是含金石英脉特别集中的场所。

矿田范围内岩浆活动比较频繁。除太华群的原岩建造中有广泛的基性喷发岩外, 后期的岩浆活动均以侵入作用为特征。主要的有嵩阳期贵家峪花岗岩, 熊耳期的伟晶花岗岩岩体群, 晚晋宁期的小河花岗岩, 加里东期的辉长辉绿岩脉, 印支期的正长斑岩脉和岩株, 早燕山期的辉绿岩脉, 晚燕山期的二长花岗岩体(图1)。其中晚燕山期的二长花岗岩是矿田内最大的侵入岩体, 也是和含金石英脉有密切成因联系的侵入岩体。晚燕山期二长花岗岩化学成分具有Na、Ca、Fe₂O₃含量高的特点, Na/K比值在1.6以上, CaO含量为2.22, Fe₂O₃/FeO比值为0.76—0.88, 而 $Al/(Na + \frac{1}{2}Ca)$ 比值较低, 为1.75—1.76; 矿物共生组合较基性, 为

①河南省地矿局岩矿测试中心测定

斜长石-黑云母-榍石-磁铁矿组合, 而不见钛铁矿, 因此具有I型花岗岩的特征。二长花岗岩磁铁矿含量高, 约占1%左右。

晚燕山期二长花岗岩的含金性根据19个样品统计, 算术平均值为0.71 ppb, 变异系数为46.7, 与太华群金的丰度相近。岩体内部相的含金量较岩体的边缘相、过渡相含金量高一些, 为1.02 ppb, 变异系数也较大, 为80.4。

矿化特征

(一) 含金石英脉的分布与类型划分

小秦岭金矿田有含金石英脉一千多条, 河南、陕西约各占一半。其中长度在200m以上的脉约占总数的四分之一左右, 长度1000m以上的脉有45条, 其中32条分布于河南省灵宝县境内。

含金石英脉成群成带产出, 并具平行分布、等距分布的特点。其中能够圈出矿体者谓之矿脉。主要矿脉多与区域构造线相一致, 以主褶皱背斜轴附近矿脉最富集。由于主褶皱背斜轴在河南省境内, 所以河南省金矿脉的数量与储量均远较陕西为多。陕西省部分因受祁吕贺山字型影响, 主要矿脉呈北东向分布。

河南省部分之含金石英脉产状经详细统计, 现列于表2。

表2 河南小秦岭含金石英脉产状统计表

Table 2. Statistics of attitude of gold-bearing quartz veins in Xiaoqinling, Henan Province

走向	北西西(290°±)		北东东(70°±)		北北西(345°±)		北北东(25°±)		北西(310°±)		北东(45°±)	
倾向	南南西	北北东	北北西	南南东	北东东	南南西	北北西	南南东	北东	南西	北西	南东
倾角	40°—60°	20°—45°	25°—45°	25°—45°	>70°	40°—60°	45°—70°	>60°	25°—45°	25°—45°	25°—45°	15°—30°
脉数	118	45	27	35	31	17	26	10	28	43	36	31
	163		62		48		36		71		67	
力学性质	剪压		剪压		张剪		张剪		剪或压剪		剪	
至1983年底探明储量百分比	91.6		0.2		4.5		2.4		1.3		0	

根据含金石英脉中硫化矿物种类分成黄铁矿型含金石英脉和多金属型含金石英脉两种类型。黄铁矿型含金石英脉约占全部脉数的80%左右, 多金属型含金石英脉主要发育于文峪、金洞岔等主褶皱背斜中西段北凸部位。

(二) 矿体在矿脉中的展布

矿脉呈单脉产生, 局部具膨胀、分支、复合现象。矿体形态一般呈脉状、透镜状, 长度一般为30—300m, 最长可达700m, 垂深一般延伸100—500m以上。矿体在矿脉中多分段富集, 相邻很近的两矿体间往往呈左行侧现。无论在走向和垂向上矿体多位矿脉相对引张部位以及矿脉产状变化处、矿脉分支复合处、构造交叉处。如总走向为北西西向矿脉, 其主

要富矿体则多在东西走向相对引张部位；总走向为北东的矿脉，其主要富矿体多在北东东向相对引张部位；北北西向矿脉，其矿体主要受雁行式断裂控制等。在垂向上则缓倾部位有利于成矿，矿体顶部和下部品位较贫，上部和中部品位较富。

(三) 矿体厚度与矿石品位

矿体厚度一般为0.3—2m，最厚可达7.71m。金矿石品位一般为6—16g/t。

矿体厚度不大，厚度变化系数为52—83%，属中等变化类型。矿石品位变化大，相邻两个样品相差数倍至数十倍是常见现象。品位变化系数根据勘探中段统计为91—225，如根据整个矿体进行统计，品位变化系数均大于100。

从总体看，品位、厚度两者之间呈正相关关系，局部可呈负相关，少部分为无规律变化。

(四) 矿物成分

矿脉矿物成分除自然金、银金矿等金矿物外，主要为石英(含量70—90%)、黄铁矿(含量5—10%)，次要矿物有方解石、白云石、铁白云石(三者总含量小于10%)。多金属型矿脉次要矿物还有方铅矿、黄铜矿、闪锌矿，微量矿物有磁铁矿、赤铁矿、钛铁矿、金红石、榍石、锆石、黑钨矿、白钨矿、辉钼矿、磁黄铁矿、黝铜矿、辉铜矿、斑铜矿、碲铋矿、碲铅矿、辉碲铋矿、针硫铋铅矿等，表生矿物有褐铁矿、蓝铜矿、孔雀石、铜蓝、白铅矿、铅矾等。方铅矿在有的脉中可构成主要矿物，如文峪505脉方铅矿含量很多，构成中型铅矿床。

以上矿物成分构成的重要含金矿物共生组合有自然金-石英-黄铁矿组合，自然金-白钨矿-石英-黄铁矿组合，自然金-石英-黄铁矿-方铅矿组合，自然金-黄铜矿-磁黄铁矿-石英-黄铁矿组合，自然金-石英-褐铁矿组合，自然金-孔雀石-白铅矿-褐铁矿-石英组合等。这些矿物共生组合是寻找金矿体的直接标志。

(五) 矿石类型与结构构造

根据矿物成分及其共生组合划分出四种矿石类型，即黄铁矿型矿石、多金属型矿石、矿化围岩型矿石和氧化矿石。

矿石的结构主要有自形、半自形和它形粒状结构、充填结构、交代结构、似斑状结构、揉皱结构、乳滴状结构、压碎结构等。

矿石的构造主要有条带状、块状、细脉状、网状、浸染状、斑杂状、角砾状、晶洞状、蜂窝状等构造。除斑杂状构造在原生矿石中均较发育外，条带状构造、角砾状构造是黄铁矿型矿石的特征构造；网状构造、晶洞构造是多金属型矿石的特征构造；浸染状构造是矿化围岩型矿石的特征构造；蜂窝状构造是氧化矿石的特征构造。

(六) 矿石化学成分 不同矿石类型主要化学成分含量列于表3。

(七) 矿化期次 矿田内金矿化可分为热液期和表生期：

(1) 热液期：可进一步分为四个矿化阶段：

I 黄铁矿-石英阶段：该阶段以乳白色强油脂光泽石英为主，石英构成含金石英脉的主体。有少量黄铁矿，粒度为3—15mm之间，以自形程度好，呈立方体、星散状分布为特点。该阶段生成温度均一法测定在212—332℃之间^①，平均温度为265.1℃。爆裂法测温平均温度为

①均一法由西安冶金研究所测定

表3 含金石英脉不同矿石类型化学成分(%)

Table 3. Chemical composition of different ore types of gold-bearing quartz veins (in percentage)

组 分 矿 石 类 型	组 分									
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
黄 铁 矿 型	67.96	0.40	7.49	8.96		0.00	2.52	0.88	4.04	0.47
多 金 属 型	68.24	0.05	0.82	7.97	3.50	0.05	1.35	0.87	0.01	0.65
矿 化 围 岩 型	67.70	0.46	11.31	5.76	2.20	0.02	2.32	1.98	0.75	6.60
氧 化 矿 石	87.66	0.07	0.66	6.18	1.10	0.02	1.28	0.06	0.01	0.17

组 分 矿 石 类 型	组 分									
	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁻	H ₂ O ⁺	Pb	Zn	Cu	S	Au(g/t)	Ag(g/t)	
黄 铁 矿 型	0.05	0.12	0.31	0.05	0.013	0.08	4.02	27.77	7.92	
多 金 属 型	0.02	0.05	0.26	9.96	0.51	1.39	7.75	16.97	161.79	
矿 化 围 岩 型	0.08	0.34	1.67	0.38	0.042	0.014	2.27	2.46	7.17	
氧 化 矿 石	0.015	0.26	0.84	0.017	0.0068	0.075	0.304	67.45	38.21	

(由河南第一地质调查队用化学分析方法测定)

303.4℃^①

II 石英-黄铁矿阶段：为主要成矿阶段之一，以大量黄铁矿出现为特征，且黄铁矿粒度较小。根据统计黄铁矿以0.1—3 mm者含金量最高。该阶段生成温度(均一法测定)在127—336℃之间，平均温度为209.1℃(爆裂法测温平均温度为296℃)。

III 多金属硫化物阶段：亦为主要成矿阶段之一。该阶段特点是生成多金属硫化物，且矿物结晶程度高。该阶段生成温度(均一法测定)在135—175℃之间，平均温度为155℃(爆裂法测温平均温度为178℃)。

IV 碳酸盐-石英阶段：为热液期尾声，主要由石英、铁白云石、方解石组成。黄铁矿少，且含金性差。该阶段爆裂法测温结果，平均为155℃。

(2) 表生期

经地表氧化淋滤作用，矿石氧化，氧化矿石含金相对较富，并常可见明金。

(八) 金的赋存状态

矿石中金的赋存状态是以裂隙金为主，占金总量95%以上。裂隙金主要分布于黄铁矿晶体的裂隙或晶体间的裂隙中，部分也充填于石英裂隙中，少部分充填于其他矿物裂隙中，呈不规则状、脉状、树枝状等形状。包体金不足金总量5%，一般都包于黄铁矿晶体的边部，呈乳滴状或等轴状。

小秦岭自然金成色多在900—960之间^②，根据18个电子探针分析结果计算，金的成色平

① 爆裂法由宜昌地矿所测定

② 地质科学院矿床地质研究所、矿物原料综合研究所、北京第三研究所电子探针分析

均为924.6, 多金属硫化物阶段金的成色较低, 平均为892.3。多金属硫化物阶段还生成少量银金矿, 3个样品电子探针分析结果, 其金的成色平均为751。

1197粒自然金和银金矿的粒度统计结果列于表4。

表4 金粒度统计表

Table 4. Statistics of gold granularity

粒 度 (μm)	>100	100—50	50—10	10—5	5—1
粒 数 (个)	34	81	483	214	385
面 积 (%)	35.76	20.90	39.84	3.10	0.40
	96.50			3.50	

(九) 围岩蚀变

围岩蚀变现象非常明显, 但蚀变带较窄, 距含金石英脉体顶底板一般10cm至2m左右, 仅少数部位可达7—8m。但在走向、倾向延伸方向围岩蚀变的范围比较大, 一般在距石英脉10—20m范围内仍可明显地见到蚀变现象。主要蚀变有绢云母化、碳酸盐化、黄铁矿化、硅化、钾长石化、黑云母化、绿泥石化、绿帘石化等, 以黄铁绢英岩化、黄铁绢云碳酸盐化与成矿关系最密切。

从岩石化学分析结果及对不同类型岩石的单位晶胞阳离子数进行计算的结果, 说明蚀变越强, 岩石中 H_2O 、 CO_2 、S、 K_2O 等组分含量越高, Na_2O 、 CaO 含量则普遍降低。说明随着蚀变的增强, 热液中Si、Na、Ca的浓度将增大。

矿床成因探讨

(一) 成矿时代

对小秦岭金矿成因的认识, 成矿时代极为重要。如成矿时代早, 则变质热液矿床成因可能性大; 如成矿时代晚, 则岩浆热液成因可能性大。作者通过研究认为成矿时代应为晚燕山期, 依据是:

(1) 含金石英脉切穿了早燕山期的辉绿岩, 又被同位素年龄(K-Ar法)为70Ma的云煌岩脉所穿插。

(2) 含金石英脉围绕晚燕山期花岗岩体分布, 矿脉都分布在距花岗岩体2—7km的范围内。

(3) 含金石英脉成矿后没有经受较强烈构造运动。除被云煌岩穿插外, 仅有喜马拉雅运动形成的平推断层使矿体作小规模的位移。

(4) 陕西省境内不少北东向矿脉赋存于归属祁吕贺山字型构造的断裂带中, 而祁吕贺山字型在该区形成应在印支期之后。

(二) 混合岩化作用

小秦岭地区在13亿年前发生过大规模混合岩化作用, 混合岩化作用没有使金明显地富集, 而是使金趋于均一化。现将混合岩中金的分布列于表5。

表 5 混合岩中金 的分布
Table 5. Distribution of gold in migmatites

岩石类型	样品数	金的丰度 (ppb)		标准离差
		变化范围	均值	
条带混合岩	15	0.21—1.7	0.59	0.44
条痕混合岩	51	0.19—1.8	0.64	0.42
均质混合岩	11	0.24—1.7	0.69	0.41

(河南地矿局岩矿测试中心化学光谱法测定)

用判别分析方法处理矿脉和成矿有关岩石中的金、铅、铜、银的大量分析数据,求得判别值、判别分界值和判别检验值。判别检验值越小,则矿脉与相应岩石类型成矿关系越密切。岩浆岩类判别检验值为0.89—1.15之间,与成矿关系最密切;片麻岩类判别检验值为5,表明矿化与变质围岩也有一定关系;混合岩判别检验值达33以上,与成矿关系最不密切。

(三) 稳定同位素组成特征

(1) 氢氧同位素组成

矿脉中4个石英样品的 δD 值为 -33.8 — -52.96% ①,平均为 -45.54% ,表明主要为岩浆水,部分为雨水。

矿脉中14个石英样品的 $\delta^{18}O$ 值为 8 — 11% 之间②,平均值为 10.10% ;11个铁白云石样品的 $\delta^{18}O$ 值为 8.23 — 10.74% 之间,平均值为 9.58% ;5个方解石样品的 $\delta^{18}O$ 值为 9.93 — 21.72% 之间,平均值为 14.73% 。上述数值表明为岩浆水。另外还有两个白钨矿样品, $\delta^{18}O$ 值分别为 0.77% 和 1.60% ,表明白钨矿形成时有雨水混入。

(2) 碳同位素组成

根据白云石等5个样品结果统计, $\delta^{13}C$ 值在 -3.19 — 6.34% 之间③,平均值为 4.65% ,变化范围接近于海水碳酸盐型的下限和深源岩浆碳酸盐型的上限。

(3) 硫同位素组成

文峪多金属型金矿床和杨砦峪黄铁矿型金矿床硫同位素组成如图2。

文峪金矿床黄铁矿 $\delta^{34}S$ 值变化于 -1.31 — 6.40% ④之间,离差程度为 7.71% ,算术平均值为 3.85% 。文峪矿床方铅矿的 $\delta^{34}S$ 值变化于 -2.5 — 8.27% ④之间,离差程度为 10.77% ,算术平均值为 1.74% 。杨砦峪金矿床黄铁矿 $\delta^{34}S$ 值变化于 -0.49 — 4.80% ⑤之间,离差程度为 5.29% ,算术平均值为 2.69% 。文峪、杨砦峪金矿床硫同位素组成接近陨硫特征。

文峪金矿床不同硫化物矿物间硫同位素达到平衡状态, $\delta^{34}S$ 值由黄铁矿 \rightarrow 方铅矿是递减的。但也有少部分黄铁矿的 $\delta^{34}S$ 值小于方铅矿、闪锌矿,说明少部分硫可能与生物硫作用有关。

总之,文峪、杨砦峪两个矿床硫同位素组成基本一致,而且变化范围窄,除个别样品外,离散程度不大。方铅矿 $\delta^{34}S$ 值小于黄铁矿 $\delta^{34}S$ 值,表明硫同位素均一化程度很高,成矿

① 中国科学院地球化学研究所测定; ② 氧同位素均由成都地质学院测定; ③ 成都地质学院测定; ④ 北京铀矿地质研究所测定; ⑤ 吉林省冶金研究所测定

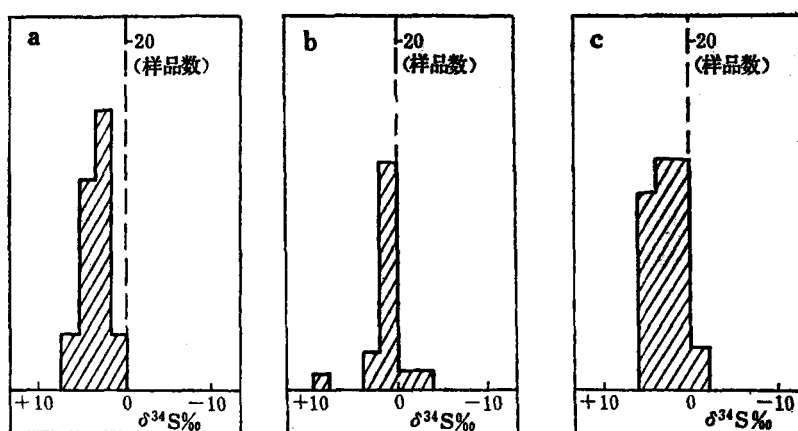


图2 文峪、杨砦峪金矿硫同位素组成直方图

a—文峪黄铁矿硫同位素组成；b—文峪方铅矿硫同位素组成；c—杨砦峪黄铁矿硫同位素组成

Fig. 2. Histograms showing sulfur isotope compositions of the Wenyu and Yangzhaiyu gold deposits.

a—Sulfur isotope composition of pyrite from Wenyu; b—Sulfur isotope composition of galena from Wenyu; c—Sulfur isotope composition of pyrite from Yangzhaiyu.

环境较稳定。上述硫同位素组成说明，小秦岭金矿床硫源主要来自岩浆作用，而同时又具有地层硫的特征。

(四) 包裹体成分

不同矿化阶段包裹体成分测定结果，说明矿化过程中矿液成分相近，组分的种类及数量没有明显变化，反映形成金矿的成矿溶液具有同源的特点，且为一次进入储矿构造。矿脉中石英中包裹体 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 比值平均为0.172^①，具岩浆热液特征，比霍姆斯塔克矿床^②低3.6倍。

(五) 矿物中微量元素特征

黄铁矿的Co/Ni比值在主要成矿阶段——石英黄铁矿阶段和多金属硫化物阶段分别为1.47和1.69，Se/Te比值分别为0.89和1.008；Cu的含量也较高，达2740—8130 ppm；S/Se比值为7,751和124,647。石英中含 K_2O (0.18%)和 Na_2O (0.33%)较高。经红外光谱测定，各矿化阶段石英都具红外吸收强的特点。矿物中微量元素组成主要反映岩浆热液成因特点。

(六) 金的物质来源及其聚集

金属于向心元素，在上地幔中的含量高于地壳中的含量，说明太古代海底火山岩和加里东期、早燕山期的基性岩脉都可带来一定量的金。而早太古代原始地壳中金含量也比较高，来自早太古代原始核的陆源碎屑物中也可含有较多的金。因此，小秦岭晚太古界太华群原始金的丰度应该比较高。目前太华群及其中的基性岩脉和花岗岩体金的丰度都不高，可能有相当一部分金已经析出。

小秦岭金矿田经历多期岩浆侵入活动，重熔酸性岩浆的侵入可使被熔围岩中的金在岩浆结晶分异和气体分异作用下，在岩体的中心和顶部出现金的相对富集；另一方面岩浆侵入活

①中国科学院地球化学研究所、地矿部宜昌地矿所测定

②李本超、施继锡1980年资料

动可引起围岩发生热变质作用,从岩体中心向外到围岩地热梯度逐渐下降,在不同的地热梯度范围内,赋存于变质岩矿物晶粒间或间隙溶液中的金可具有不同的熵值,根据孤立体系中熵增原理,金可自发地从低熵值向高熵值方向运移,使岩浆岩周围及其内外接触带局部范围内出现金及其它成矿元素的相对富集。太华群中金经过多期规模较小的酸性岩浆侵入活动而多次被活化聚集,但都未能形成矿床。晚燕山期的富钙、富钠的酸性岩浆热液活动规模最大,对金的聚积和矿液的形成,并使矿液具有较高的温度、压力等方面均起了主导作用。

综上所述,小秦岭金矿为晚燕山期生成的中低温中深岩浆热液矿床。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院地球化学研究所 1977 《矿物包裹体及其在地质上的应用》 地质出版社
- [2] 陈国达 1980 《成矿构造研究法》 地质出版社
- [3] 丁梯平 1980 《氢氧同位素地球化学》 地质出版社
- [4] 贺同兴等 1980 《变质岩岩石学》 地质出版社
- [5] B.И.斯米尔诺夫 1981 《内生矿床的矿质来源》 地质出版社
- [6] 胡受奚等 1982 《矿床学》 地质出版社
- [7] 王亨治等 1985 小秦岭金矿田与金有关之矿物特征及找矿的矿物学标志 地球科学 第10卷 第2期

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND ORE GENESIS OF THE XIAOQINLING GOLD FIELD

Wang Hengzhi

(Bureau of Geology and Mineral Resources of Henan Province, Zhengzhou, Henan, China)

Abstract

Lying in area of Lingbao County and Tongguan County, the Xiaqinling gold field is of gold-bearing quartz vein type occurring in Archeozoic Taihua Group.

The Taihua Group exposed in this area is a suite of metamorphosed intermediate-basic volcanic-sedimentary formation. The structural framework of the ore field comprises the regional fractures on the south and north sides and the refolded fold confined within them, with the places around the major axis of the refolded fold being the most concentrated locations of the gold-bearing quartz veins. Of the frequent magmatic intrusions in the ore field, the Late Yanshanian monzonitic granite is the largest intrusive body. The major ore veins are unexceptionally distributed 2—7 km from this granite body.

There exist over one thousand gold-bearing quartz veins characterized by grouping or zoning as well as by parallel and equidistant distribution. They can be classified into pyrite type and polymetallic type. Ores are concentrated at intervals along the ore veins, generally havin[∞] lengths of 30—300 m and vertical depths of

100—500 m or more with the ore grade being 6–16 g/t. Lacking of arsenopyrite seems to be a characteristic of the mineral composition. The gold mineralization during the hydrothermal activities might be divided into four stages, i. e., pyrite-quartz (I), quartz-pyrite (II), polymetallic sulfides (III) and carbonate-quartz (IV) with the quartz-pyrite stage and the polymetallic sulfides stage playing the major role in mineralization. The formation temperature of minerals ranges from 303°C to 155°C. Gold occurs mainly as native gold in the form of fracture gold, having the relative purity of 900–960.

Such facts as the penetration of the gold-bearing quartz veins into the early Yanshanian diabase suggest that the Xiaojinling gold deposit was formed during the Late Yanshanian period.

An isotopic study of the gold ore vein yields an average δD of 45.54‰ and $\delta^{18}O$ values from 8‰ to 11‰, showing the characteristics of a relatively normal magmatic water. The narrow variation range of $\delta^{34}S$ values, together with the behaviors of sulfur similar to those of meteoritic sulfur, implies that sulfur was largely derived from the magma. Moreover, an examination of minor elements in pyrite and quartz also demonstrates the dominant role of magmatic hydrothermal fluids. It is therefore considered that the Xiaojinling gold deposit is genetically medium-low temperature magmatic hydrothermal type.

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