

小秦岭金矿田地质特征及矿床成因

Earth properties of Xiaozhinling Gold Mine and ore deposit

李国忠¹, 周亮¹, 程胜利²

(1. 郑州工业贸易学校, 河南 郑州 450007; 2. 登封市国土资源管理局, 河南 登封 4524702)

摘要:对小秦岭金矿田的地质特征、矿化特征、矿床成因等进行了综合分析研究, 并对金的成矿物质来源及富集规律以及矿床成因进行了初步探讨。

关键词:小秦岭; 太华群; 矿化特征; 矿床成因; 围岩蚀变

中图分类号: P611 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-6446(2007)05-0076-04

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、选矿性能好及交通便利等优点, 已建成我国重要的山金基地。目前, 小秦岭金矿的探明储量与开采量都在持续稳定地增长。

1 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, 各组之间均为整合和接触。

(1) 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。

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

(3) 闫家峪组。厚度大于 1700 m, 以斜长角闪片麻岩、斜长角闪岩和黑云斜长片麻岩为主, 局部有麻粒岩。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。

(4) 观音堂组。厚 600 m, 由含磁铁矿石岩、石英岩、夕线黑云斜长片麻岩、斜长角闪片麻岩和条痕状混合岩等组成, 并有少量大理岩夹层。

(5) 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(占 86.1%)。

小秦岭太华群金丰度不高, 用活性炭吸收化学光谱法对 3 条剖面 138 个样品的含金性分析结果表明, 太华群金的丰度为 0.71×10^{-9} 。含金石英脉的分布与各地层组成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由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。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 $60^\circ \sim 70^\circ$, 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, 其南盘出露蓟县系和晚白垩纪—新生代盆地沉积, 断裂破碎带宽数十至上百米, 断裂西南倾, 倾角 $50^\circ \sim 60^\circ$, 绿帘石化与磁铁矿细脉等热蚀变发育。小秦岭重褶皱包括 3 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。

收稿日期: 2007-03-08

作者简介: 李国忠(1955-), 男, 河南郑州人, 郑州工业贸易学校讲师, 主要从事水文地质及矿产地质方面的教学与研究工作。

小秦岭金矿田的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以及晚燕山期的二长花岗岩体。其中晚燕山期的二长花岗岩是矿田内最大的侵入岩体,也是和含金石英脉成因有密切联系的侵入岩体。晚燕山期二长花岗岩具有 Na, Ca, Fe_2O_3 含量高的特点,Na/K 比值在 1.6 以上,CaO 含量为 2.22%, $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 比值为 0.76~0.88,而 $\text{Al}/(\text{Na} + 1/2\text{Ca})$ 比值较低,为 1.75~1.76。矿物共生组合较基性,为斜长石-黑云母-榍石-磁铁矿组合,而不见钛铁矿,具有 I 型花岗岩的特征。二长花岗岩磁铁矿含量高,约为 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 0.71×10^{-9} ,变异系数为 46.7,与太华群金的丰度相近。岩体内部的含金量较岩体的边缘相、过渡相含金量高一些,为 1.02×10^{-9} ,变异系数也较大,为 80.4。

2 矿化特征

2.1 含金石英脉的分布与类型划分

小秦岭矿田有含金石英脉 1000 多条,河南、陕西约各占一半。其中长度在 200 m 以上的脉约占总数的 1/4 左右,长度在 1000 m 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。

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 2 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铜盆等主褶皱背斜中西段北凸部位。

2.2 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 30~300 m,最长可达 700 m,垂深一般延伸 100~500 m 以上。矿体在矿脉中多分段富集,相邻很近的 2 矿体间往往呈左行侧现。无论在走向和垂向上矿体多位于矿脉相对引张部位以及矿脉产状变化处、矿脉分支复合处及构造交叉处。如总走向为北西西向矿脉,其主要富矿体则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。在垂向上缓倾部位有利于成矿,矿体顶部和下部位品位较贫,上部和中部位品位较富。

2.3 矿体厚度与矿石品位

矿体厚度一般为 0.3~2 m,最厚可达 7.71 m。金矿石品位一般为 6~16 g/t。矿体厚度不大,厚度变化系数为 52%~83%,属中等变化类型。矿石品位转化大,相邻 2 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 2 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。

2.4 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、白云石及铁白云石。多金属型矿脉次要矿物还有方铅矿、黄铜矿及闪锌矿,微量矿物有磁铁矿、赤铁矿、金红石、榍石、锆石、黑钨矿、白钨矿、磁黄铁矿、黝铜矿、辉铜矿、碲铋矿、碲铅矿、辉碲铋矿和针硫碲铅矿等。表生矿物有褐铁矿、孔雀石和白铅矿等。方铅矿在有的脉中可构成主要矿物,如文峪 505 脉构成中型铅矿床。

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-褐铁矿组合以及自然金-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。

2.5 矿石类型与结构构造

根据矿物成分及共生组合划分出 4 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、乳滴状结构以及压碎结构等。

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、晶洞状和蜂窝状等构造。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特征构造;蜂窝状构造是氧化矿石的特征构造。

2.6 矿石化学成分

不同矿石类型主要化学成分见表1。

2.7 矿化期次

(1)热液期。可进一步划分为4个矿化阶段。

1)黄铁矿-石英阶段。该阶段以乳白色强油脂光泽石英构成含金石英脉主体,有少量黄铁矿,粒度3~15mm,呈立方体晶形星散状分布。均一法测温测定在212℃~332℃之间,平均温度265.1℃;爆裂法测温平均温度303.4℃。

2)石英-黄铁矿阶段。为主要成矿阶段之一,以大量0.1~3mm粒度的黄铁矿出现为特征。生成温度均一法测定在127℃~336℃之间,平均温度209.1℃。

3)多金属硫化物阶段。亦为主要成矿阶段之一。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155℃;爆裂法测温平均温度178℃。

4)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,爆裂法测温结果平均温度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。

2.8 金的赋存状态

矿石中以裂隙金为主,占金总量的95%,包体金不足5%,一般包于黄铁矿晶体的边部。

自然金成色多在900~960之间,18个电子探针分析结果表明,金平均成色为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多量银金矿,金的成色为751。

2.9 围岩蚀变

围岩蚀变明显,但蚀变带较窄。主要蚀变有绢云母化、碳酸岩化、黄铁矿化、硅化、钾长石化、黑云母化、绿泥石化及绿帘石化等。以黄铁绢英岩化、黄铁绢云碳酸盐化与成矿关系最密切。

3 矿床成因探讨

3.1 成矿时代

成矿时代对认识小秦岭金矿的成因极为重要。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的云煌岩穿插。

(2)含金石英脉围绕晚燕山期花岗岩分布,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。

表1 不同矿石类型化学成分

矿石类型	SiO ₂ /%	TiO ₂ /%	Al ₂ O ₃ /%	Fe ₂ O ₃ /%	FeO/%	MnO/%	CaO/%	MgO/%	Na ₂ O/%
黄铁矿型	67.96	0.40	7.49	8.96	8.96	0.00	2.52	0.88	4.04
多金属型	68.24	0.05	0.82	7.97	3.50	0.05	1.35	0.87	0.01
矿化围岩型	67.70	0.46	11.31	5.76	2.20	0.02	2.32	1.98	0.75
氧化矿石	87.66	0.07	0.66	6.18	1.10	0.02	1.28	0.06	0.01
K ₂ O	P ₂ O ₅ /%	H ₂ O ⁻ /%	H ₂ O ⁺ /%	Ph/%	Zn/%	Cu/%	S/%	Au/(g/t)	Ag/(g/t)
0.47	0.05	0.12	0.31	0.05	0.013	0.08	4.02	27.77	7.92
0.65	0.02	0.05	0.26	9.96	0.51	1.39	7.75	16.97	161.79
6.60	0.08	0.34	1.67	0.38	0.042	0.014	2.27	2.46	7.17
0.17	0.015	0.26	0.84	0.017	0.0068	0.075	0.304	67.45	38.21

3.2 混合岩化作用

小秦岭地区 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发生富集,而使金的分布均一化。

用判别分析方法处理有关岩石的金、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,则矿脉与相应岩石成矿关系越密切。判别检验值岩浆岩类为 0.89~1.15,片麻岩类为 5,混合岩类为 33,说明岩浆岩类与成矿关系最密切。

3.3 稳定同位素组成特征

(1) 氢氧同位素组成。 δD 值为 $-33.8‰ \sim -52.96‰$,平均 $-45.54‰$,表明主要为岩浆水,部分为雨水。石英 $\delta^{18}O$ 值为 $8‰ \sim 11‰$,平均值为 $10.10‰$;铁白云石 $\delta^{18}O$ 值 $9.58‰$;方解石 $\delta^{18}O$ 平均值为 $14.73‰$ 。上述数值表明为岩浆水。白钨矿 $\delta^{18}O$ 值 $0.77‰ \sim 1.60‰$,表明白钨矿形成时有雨水混入。

(2) 碳同位素组成。 $\delta^{13}C$ 值在 $-3.19‰ \sim -6.34‰$ 之间,平均 $4.65‰$,变化范围接近于海水碳酸盐型下限和深源岩浆碳酸盐的上限。

(3) 硫同位素组成。文峪金矿床 $\delta^{34}S$ 平均值为 $3.85‰$,杨寨峪矿床 $\delta^{34}S$ 平均值为 $2.69‰$,均接近陨石硫特征。且变化范围窄,均一化程度高,成矿环境较稳定,表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。

3.4 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。矿脉中石英中包裹体 CO_2/H_2O 值平均为 0.172,具

岩浆热液特征。

3.5 矿物中微量元素特征

黄铁矿的 Co/Ni 值在石英-黄铁矿阶段和多金属硫化物阶段分别为 1.47 和 1.69, Se/Te 值分别为 0.89 和 1.008; Cu 的含量较高,达 $(2\,740 \sim 8\,130) \times 10^{-6}$; S/Se 值为 7\,751 和 124\,647。石英中含 K_2O (0.18%) 和 Na_2O (0.33%) 较高。红外光谱测定,各矿化阶段石英都具红外吸收强特点。矿物中微量元素特征主要反映了岩浆成因特点。

3.6 金的物质来源及其聚集

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,可能是有相当一部分金已经析出。

小秦岭金矿田经历多期岩浆活动,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液分异作用下,在岩体中心和顶部出现金的相对富集;另一方面岩浆侵入活动可引起围岩发生热变质作用,使岩浆岩周围及其内外接触带局部范围内出现金及其他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,但都没能形成矿床。晚燕山期的富钙、富钠的岩浆热液活动规模最大,对金的聚积、矿液的形成及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] 张侍威. 豫西熊耳山地区金银矿床构造控矿规律分析、地质构造与资源环境[M]. 西安: 西安地图出版社, 2002.
- [2] 瞿伦全. 东秦岭金矿成矿系统及矿床成因模式[A]. 河南地质矿产与环境文集[C]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996.

(编辑: 刘芳)