

编者按 黄金举世瞩目,国内外对金矿的研究不断向纵深发展。作为金矿床中普遍存在的重要载金矿物之一,黄铁矿与金矿的形成关系最为密切,并能提供大量成因和找矿评价信息。西安地质学院副教授、矿物学专家贾建业博士多年来潜心金矿的找矿矿物学和矿物物理学研究,取得了丰硕成果。本期刊发的12篇论文仅是他诸多研究成果中的一少部分,也是他和同事们在该领域锲而不舍、奋力开拓的结果。其内容主要涉及含金黄铁矿的成因矿物学、找矿矿物学和矿物物理学研究等。其中黄铁矿的谱学研究采用的波谱实验方法几乎包括了频谱的所有波段。如此完整系统的黄铁矿谱学资料,在国内外尚属首次。此外,作者还发现并确定了一些可用于金矿找矿评价的矿物学及谱学标志。这些成果的出版与交流,无疑对我国金矿矿物学研究将产生积极影响,并具有重要参考价值。

· 基础地质 ·

小秦岭胭脂河金矿床黄铁矿产出的地质背景*

贾 建 业

(西安地质学院资源与材料工程系, 西安, 710054)

摘 要 小秦岭金矿带位于华北地台南缘边缘活动剪切带靠近地台一侧的太华群结晶基底中。太华群是金的成矿背景或主要源岩。矿体一般呈脉状或透镜状,组成矿物约60余种,成矿过程可以划分为两个成矿期和5个成矿阶段,矿物共生组合特征明显,黄铁矿是最重要的矿石矿物。

关键词 小秦岭金矿带 黄铁矿 太华群 成矿阶段 矿物组合

1 地质概况

小秦岭金矿田位于华北地台的西部南缘,东秦岭东西向构造带之北侧,呈东西向带状展布(图1)。其南北两侧各以小河、太要区域深断裂为界,南与金堆城台凹相邻,北与渭河裂谷带相接。

用剪切带的观点来看,小秦岭地块的主干构造包括地块南、北缘大型东西向剪切带及夹

收稿日期:1996-01-08

作者简介:贾建业,男,1956年生,副教授。现在西安地质学院资源与材料工程系任教,主要从事矿物学、矿物谱学及无机非金属材料的教学和科研工作,曾公开发表“蓝田膨润土的发现及其物化性能研究”等论文(著)40余篇,1996年获美国国际工程技术协会IET教育基金奖。

*国家自然科学基金资助项目(49472092)成果之一。

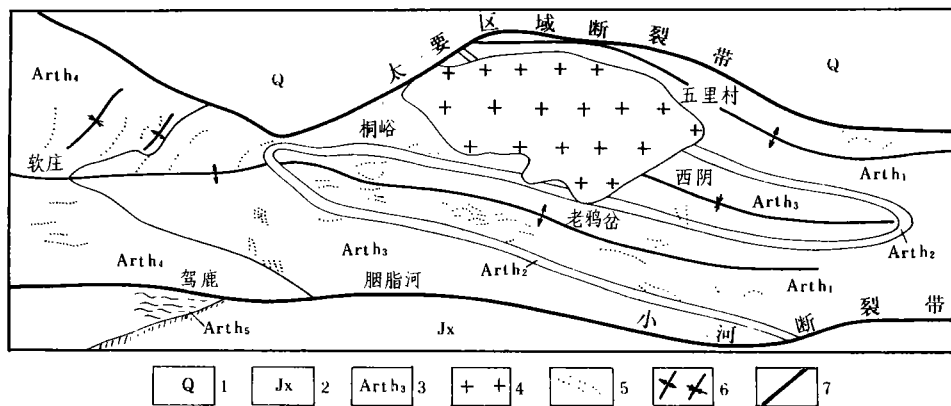


图 1 小秦岭金矿田地质与构造略图

1. 第四系；2. 中元古界（蓟县系）；3. 太华群（Arth₁—Arth₄ 分别代表大月坪组、板石山组、洞沟组和三关庙组；Arth₅ 为原定的秦仓口组，实为古老韧性剪切带的残留体）；
4. 花岗岩；5. 含金石英脉；6. 背、向形轴迹；7. 剪切带

持其中的淘金沟—大月坪—金罗斑大型复背形构造。北缘剪切带（即太要区域深断裂）平面上呈波状，总体走向为东西向。剪切带向北倾斜，倾角 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，宽度为 $100 \sim 200 \text{ m}$ ，断距近万米。南缘剪切带为一大型长期活动的剪切带，呈东西向延伸，宽度至少为 5 km ，由不同时代、不同层次下形成的不同性质（包括韧性、韧-脆性和脆性）的剪切带及其相应的构造岩经长期抬升、叠加变形演化形成。上面提到的小河区域深断裂就是该南缘剪切带晚期活动在近地表所形成的典型脆性断裂。夹持在上述两大剪切带之间的为东西横贯小秦岭地块的大型复背形构造。其轴迹大致为 100° 走向，主体位于河南省境内，呈现两条背形和一条向形，向西延入陕西省境内收敛为一支，在华山花岗岩体附近倾没，枢纽倾伏角为 30° 。该复背形的变形面为第二期轴面面理。褶皱显示强烈的弯滑作用特征，翼间角由东段至西段逐渐加大，即褶皱由紧闭变开阔，轴面反复倒向，枢纽呈波状弯曲。

矿田内出露的地层较单一，除周围边缘零星出露有中元古界蓟县系高山河组、第三系和第四系外，主要由太古界太华群组成。根据原岩类型和接触关系，前人将太华群分为上、下两个亚群。下亚群由大月坪组（Arth₁）构成；上亚群自下而上依次为板石山组（Arth₂）、洞沟组（Arth₃）、三关庙组（Arth₄）和秦仓口组（Arth₅），总厚度约万米。太华群为一套古老变质岩系，其变质程度为角闪岩相，局部可达麻粒岩相。主要岩石类型有黑云（角闪）斜长片麻岩、斜长角闪岩、浅粒岩、变粒岩、混合岩、混合花岗岩、石英岩和大理岩等。这些变质岩的原岩主要由地台型大陆溢流拉斑玄武岩、正常沉积碎屑岩（泥质粉砂岩、石英砂岩）、碳酸盐类（石灰岩、白云岩、白云质泥灰岩）及基性火山凝灰岩等组成。

小秦岭地区自太古代原始陆壳形成时发生了大规模岩浆喷发后，随着地壳成熟度的逐渐增强和构造环境的变迁，陆续还发生了多期岩浆活动。总的来看，以太古代和中生代最为发育。太古代大规模的中基性岩浆喷发构成了太华群中的基性岩建造。中生代燕山期强烈的花岗质岩浆活动，在本区自西向东形成了华山、文峪和娘娘山三大花岗岩体（文峪岩体 K-Ar 年

龄为 108 Ma)。区内与金矿成矿作用关系比较密切的围岩蚀变主要为黄铁绢英岩化、黄铁矿化和硅化。此外，与金矿关系不大而又常见的围岩蚀变有碳酸盐化。须根状方解石脉的出现，往往预示着金矿体的根部或矿化作用的结束。

2 金矿脉的矿物成分及矿物组合

2.1 含金石英脉的产出特征和矿化程度

胭脂河金矿区位于小河区域深断裂之北侧，大月坪—金罗斑复背形的南翼。产有 20 余条含金石英脉，脉体多呈 NW—NWW 向展布，个别呈近南北向展布（图 2）。前者向南倾斜，倾角 35°~80°；后者向东倾斜，倾角 55°~65°。含金石英脉具有不同程度的金矿化，凡能圈出工业金矿体的含金石英脉则称为金矿脉。

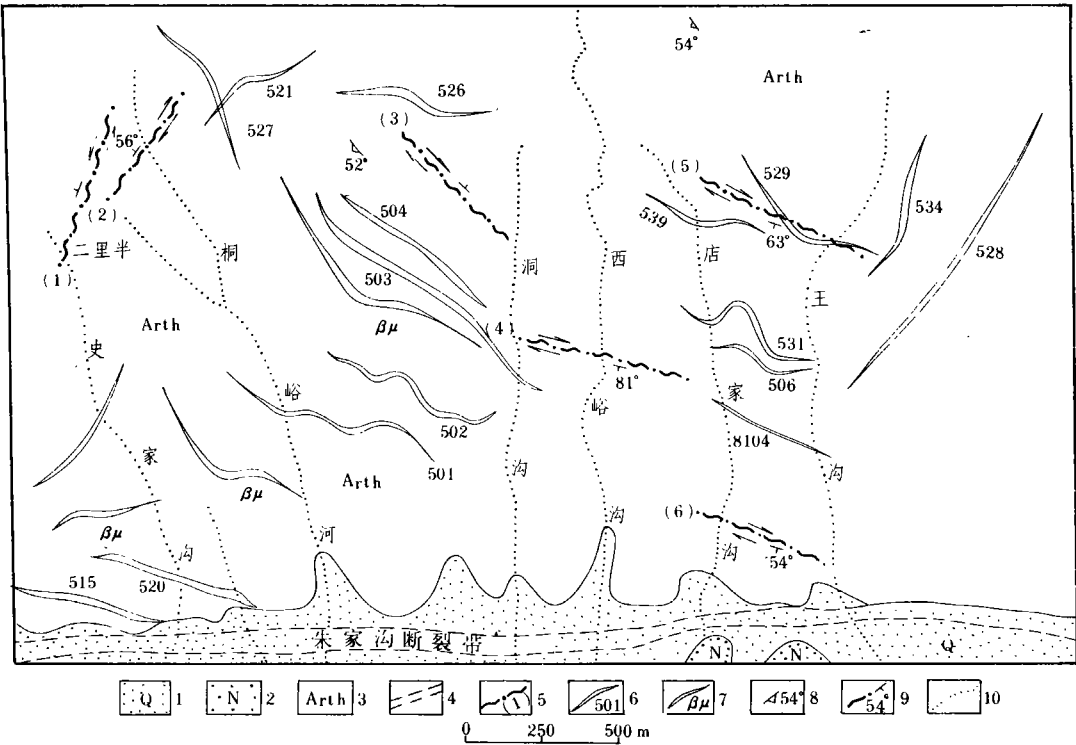


图 2 胭脂河金矿床地质略图

1. 第四系；2. 第三系砂砾岩；3. 太华群黑云斜长片麻岩；4. 朱家沟断裂；5. 韧性剪切带及编号；
6. 石英脉及编号；7. 辉绿岩脉；8. 片麻理产状；9. 糜棱面理产状；10. 水系

含金石英脉主要在太华群沟沟组的黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、混合岩等变质岩系中。空间延伸受构造控制明显，与糜棱岩带紧密相连。脉体规模大小不一，一般长为数百米至千余米，最长者如 502 号脉为 1 500 m，最短者仅有数十米。一般厚为 0.3~

0.5 m, 最大厚度可达 3 m, 最薄者仅有数厘米。延伸数十米至数百米。脉的形状严格受次级构造裂隙控制, 一般多呈脉状、透镜状, 少数呈薄板状和豆荚状。呈脉状者局部常有膨胀、收缩、分支、复合及弯曲现象, 与围岩界线清晰。

矿体是由金矿脉和含矿糜棱岩组成, 并断续出现在含金石英脉的分支、复合、交叉、弯曲、缓倾斜地段和膨胀部位。相邻两个矿体之间往往呈雁行式排列。矿体中矿石的平均金含量变化在 $(4\sim 8)\times 10^{-6}$ 之间, 单个矿体中矿石的金含量变化较大, 最低仅达边界品位, 最高可达 80.07×10^{-6} , 相差数倍至数十倍。金矿化富集地段主要局限于石英脉透镜体产出部位。502 号脉金品位等值线图显示, 大于 5×10^{-6} 品位区域上多为倾向伸长的透镜体。总之, 金矿化是极不均匀的, 尤以走向变化为甚, 富矿段产出率较低。

2.2 金矿脉的矿物成分

本区金矿脉中出现的矿物种类较多, 据查有 60 余种 (表 1)。其中脉石矿物含量一般大于 90%, 以石英 (约占 70%~90%) 为主, 绢云母、白云母、长石、方解石等次之。矿石矿物以黄铁矿、方铅矿、黄铜矿为主, 其次是闪锌矿、菱铁矿、自然金等, 其中能够达到工业要求的矿石矿物主要是自然金和方铅矿。表生矿物以褐铁矿为主, 孔雀石、铜蓝、辉铜矿、白铅矿、针铁矿等次之。含金石英脉中的金矿物主要是自然金, 偶见银金矿和碲金矿等。最重要的载金矿物是黄铁矿, 此外还有石英、方铅矿、黄铜矿等。

3 成矿阶段划分及其矿物组合

笔者认为, 成矿期是一个较长的地质成矿过程, 一般与一个较大的地质作用相联系, 如热液活动、风化作用等。成矿阶段则是在明显地质和物理化学条件影响下的成矿过程, 紧密地与构造裂隙的阶段发育及与此有关的间歇性热液活动有关, 它的表现行迹就是一组矿物组合。根据这一原则, 笔者将胭脂河金矿床的成矿期和成矿阶段划分如下 (表 2)。

需要指出的是, 本文划分的成矿阶段与以往学者的划分有所不同, 主要表现在专列了自然金-少硫化物-石英阶段。这样做是为了强调突出在整个地质成矿过程中, 含金热液演化的滞后性和金矿物的后生性, 本矿床中裂隙金的大量存在足以证明这一点。

矿物的共生组合与成矿阶段一一对应 (表 2)。但就矿石的矿物成分而言, 最常见的有两种组合, 它们相互间的差异表现为各种硫化物含量的不同。其一是石英-黄铁矿-方铅矿-黄铜矿-自然金组合, 即硫化物以方铅矿和黄铁矿为主; 其二是石英-黄铁矿-黄铜矿-方铅矿-自然金组合, 即硫化物以黄铜矿和黄铁矿为主。这两种组合在矿区范围内的分布极不均匀。如以石英-黄铁矿-黄铜矿-方铅矿-自然金组合为特点的富黄铜矿金矿石, 目前只产于矿区东部的唐沟地段, 而西部桐峪河地段的矿石则以富含方铅矿为特色, 其中黄铁矿的含量也相对多一些。这种现象与多金属型金矿床的垂向分带 (一般由地表向下依次为: Au-Ag 带、Pb-Zn 带、Cu 带) 类同。就同一条矿脉而言, 不同标高其组合也不一样, 具有比较明显的垂向分带。以 502 号矿脉为例, 上部的 PD₁ 坑为具有石英-褐铁矿-孔雀石-粘土矿物-自然金组合的氧化型矿石, 平均品位 $(2\sim 5)\times 10^{-6}$, 含金性不甚均匀。而标高较低的 PD₂ 坑, 则以原生矿石为主, 具有以方铅矿为主的石英-黄铁矿-方铅矿-黄铜矿-自然金组合。若按上述多金属型金矿床的垂向分布规律推测, 本区西部矿体的剥蚀深度较东部为小, 向下有进一步找矿的可能性。

表 1 小秦岭各矿区含金石英脉的矿物成分

矿区	矿脉	主要矿物 (>5%~10%)	次要矿物 (1%~5%)	微量矿物 (<1%)	表生矿物
胭脂河	502	石英、黄铁矿、方铅矿	黄铜矿、闪锌矿、方解石、菱铁矿、白云石、绢云母	赤铁矿、磁铁矿、磁黄铁矿、黝铜矿、自然铜、白铁矿、黑钨矿、白钨矿、重晶石、自然金、银金矿、金银矿、碲金矿、自然银、长石	褐铁矿、黄钾铁矾、孔雀石、文石、玉髓、白铅矿、斑铜矿、铜蓝、辉铜矿、蓝铜矿
东硐峪	12	石英、黄铁矿、方铅矿	黄铜矿、白钨矿、闪锌矿、白云石、方解石、铁白云石、绢云母、重晶石	菱铁矿、镜铁矿、赤铁矿、磁铁矿、辉钼矿、辉铋矿、辉锑矿、磁黄铁矿、黝铜矿、白铁矿、钛铁矿、黑钨矿、钼铅矿、自然铜、金红石、萤石、榍石、锆石、磷灰石、绿帘石、长石、自然金、碲金矿、自然银	褐铁矿、黄钾铁矾、辉铜矿、铜蓝、孔雀石、铅矾、白铅矿、斑铜矿、文石、玉髓
文峪	505	石英、黄铁矿、方铅矿、	黄铜矿、闪锌矿、方解石、白云母、铁白云石	磁铁矿、钛铁矿、金红石、榍石、锆石、黑钨矿、白钨矿、重晶石、菱铁矿、辉钼矿、辉锑矿、磁黄铁矿、辉铜矿、萤石、自然金	斑铜矿、铜蓝、孔雀石、铅矾、白铅矿、褐铁矿
杨砦峪	60	石英、黄铁矿	黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、方解石、铁白云石、白云石	钛铁矿、磁铁矿、金红石、榍石、锆石、黑钨矿、白钨矿、菱铁矿、磁黄铁矿、黝铜矿、辉铜矿、辉锑矿、辉铋矿、碲铋矿、碲铊矿、针硫铋铅矿、碲铅矿、自然金、银金矿、偶见金银碲化物的矿物	蓝辉铜矿、蓝铜矿、斑铜矿、铜蓝、孔雀石、铅矾、白铅矿、褐铁矿
金硐峪	9	石英、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿	黄铜矿、方解石、白云石、铁白云石	磁铁矿、黑钨矿、白钨矿、金红石、榍石、菱铁矿、镜铁矿、重晶石、微晶砷黝铜矿、辉铋矿、辉铜矿、辉银矿、自然银、自然金	斑铜矿、蓝铜矿、蓝辉铜矿、铜蓝、孔雀石、铅矾、白铅矿、褐铁矿
抱马峪	410	石英、黄铁矿、黄铜矿	方铅矿、闪锌矿、方解石、白云石、铁白云石	磁铁矿、钛铁矿、金红石、榍石、锆石、白钨矿、菱铁矿、磁黄铁矿、黝铜矿、辉铜矿、自然金	蓝辉铜矿、蓝铜矿、斑铜矿、铜蓝、孔雀石、铅矾、白铅矿、褐铁矿

注：北坡矿脉参照梁世伟和郭福祺的资料。

4 结论

通过对小秦岭胭脂河金矿床的野外地质考察及岩石学、矿物学、构造地质学初步研究，可得出以下结论：

(1) 太华群是一个古老而硬化的结晶基底，产于其中的断裂带，尤其是边缘活动剪切带的切豁深度较大，断裂带的封闭性较好，有可能使地壳内更多的物质卷入剪切带，集中成脉

表 2 成矿阶段及其矿物组合

成矿期	成矿阶段	主要矿物	次要矿物	微量矿物	标型物质
热液期	少硫化物-石英阶段	石 英	黄铁矿、方铅矿	黄铜矿、自然金	SiO ₂
	多硫化物-石英阶段	石英、黄铁矿、方铅矿、黄铜矿	闪锌矿、自然金、银金矿	碲金矿、白铁矿	Fe、Cu、Pb、Zn 等的硫化物
	自然金-少硫化物-石英阶段	自然金、银金矿、石英	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿	碲金矿	Au、Ag
	碳酸盐-石英阶段	方解石、菱铁矿、石英	黄铁矿、重晶石	方铅矿、闪锌矿、镜铁矿	Ca、Ba、CO ₂ 、SO ₄ ²⁻
表生期	氧化-次生阶段	褐铁矿、孔雀石、白铅矿、石英	赤铁矿、铜蓝、残余硫化物、磁铁矿	自然金	H ₂ O、O ₂ 、CO ₂

成矿，即太华群是金的成矿背景或主要源岩。

(2) 小秦岭地区的各类金矿，从本质上讲都是受断裂带的控制，金矿不受地层或岩性的严格制约，这也暗示出金矿与深断裂带的关系密切。

(3) 本区金矿矿脉中出现的矿物种类约 60 余种，脉石矿物以石英为主，长石、白云母、绢云母、方解石次之；矿石矿物以黄铁矿、方铅矿、黄铜矿为主，次为闪锌矿、自然金、菱铁矿等。

(4) 本区矿床可以划分为两个成矿期，共 5 个成矿阶段。本文划分的成矿阶段与以往学者的划分有所不同。主要表现在专列了自然金-少硫化物-石英阶段。

(5) 矿物共生组合明显，且具垂向、分带规律，据此推测本区西部矿体的剥蚀深度较东部为小，向下有进一步找矿的可能性。

参 考 文 献

1 邵洁连. 金矿找矿矿物学. 武汉: 中国地质大学出版社, 1988, 24~32

2 Boyle. R. W. 金的地球化学及金矿床. 北京: 地质出版社, 1984, 573~598

3 梁文艺等. 活动剪切带的有序叠加与金矿的形成. 西安: 西北大学出版社, 1993, 64~73, 132

4 栾世伟等. 小秦岭金矿床地球化学. 矿物岩石, 1985, 5 (2): 81~95

5 郑亚东、常志忠. 岩石有限应变测量及韧性剪切带. 北京: 地质出版社, 1989

6 Seward T. M. The Transport and Deposition of Gold in Hydrothermal Systems. Gole'82, The Geology Geochemistry and Genesis of Gold Deposits, 1984

7 Helgeson H. C. and Garrahs R. W. Hydrothermal Transport and Deposition of Gold. Econ. Geol., Vol. 63: 629~635

8 Jean G. and Bancroft G. M. . Heavy Metal Absorption by Sulfide Mineral Surfaces. Geochim. Cosmochim. Acta, 1986, 50: 1455~1463

9 Henley R. W. Solubility of Gold in Hydrothermal Chloride Solutions. Chemical Geology, 1973, No. 11: 73~87