

陕西蓝田灞源—张家坪地区 含金石英脉的判别标志

隗合明 张振飞

(西安地质学院)

提 要 本文从区域地质条件、石英脉的空间分布和产出以及岩石学、显微构造和微量元素组成等多方面的特征,总结了小秦岭西南部陕西蓝田灞源地区含金石英脉的若干判别标志,从而为本区及小秦岭西南部其它地区今后金矿找矿的更大突破提供了重要的地质依据和指出了明确的方向。

关键词 含金石英脉 判别标志 韧脆性构造带 显微构造 微量元素 灞源

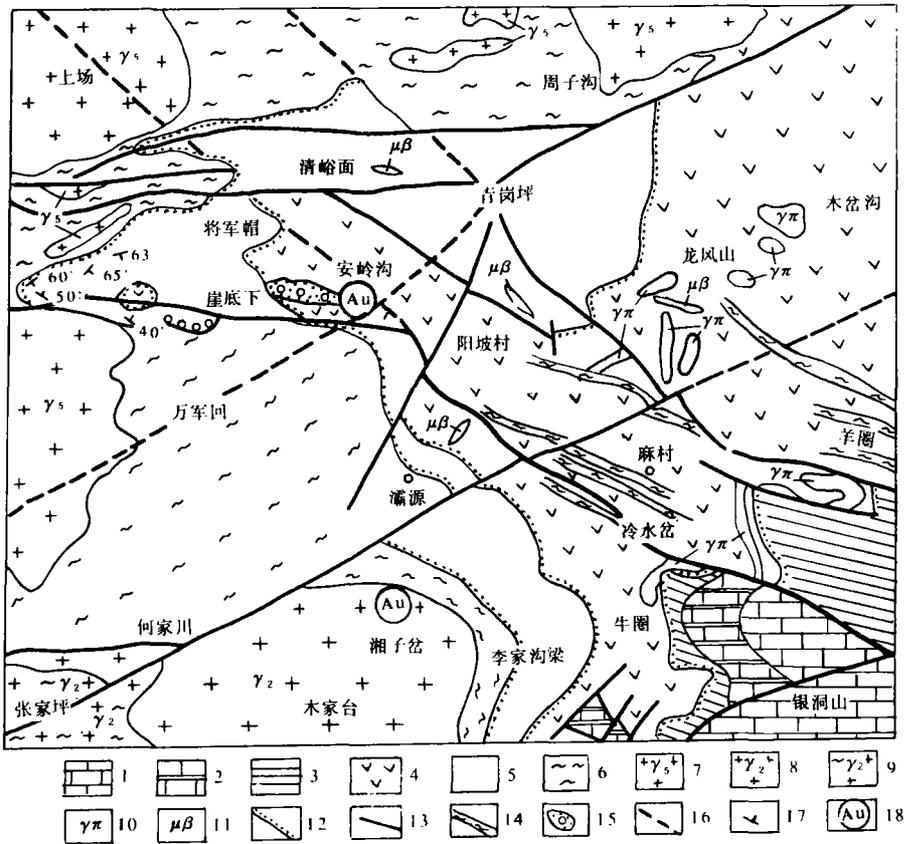
热液金矿床多以含金石英脉形式产出,而在同一地区又有大量的不含金石英脉分布,甚至与含金石英脉紧密伴生。如何将二者有效地加以判别,是这类金矿床找矿的重要问题之一。本文主要从找矿意义方面,对陕西蓝田灞源—张家坪地区含金石英脉的地质和地球化学特征进行了较深入的研究,从而确定出其一系列的宏观与微观判别标志。

1 区域地质背景

研究区位于小秦岭西南部,大地构造位置处于古生代华北古陆或陆缘与秦岭裂谷海槽的过渡带,即现华北地台与秦岭褶皱系两大地质构造单元的结合部位。因此,本区是构造长期强烈活动的地带,地质构造非常复杂,具有多期叠加的特征。

断裂构造尤为发育。其南侧为铁炉子东西向大断裂,北侧为华阳川大断裂,规模均长达数百 km,为区域性的一级断裂构造带。区内二级断裂构造以北东向和北西向最发育,如张家坪—灞源断裂、冷水岔—崖底下断裂等,其次为近东西向(图1),它们彼此交切,互相牵制,延长多在 20km 以上,宽数十 m。断裂带中的碎裂岩、构造角砾岩、糜棱岩和片理化带发育,是早期以韧性剪切为主、晚期以脆性破裂为主的典型韧脆性断裂带(魏刚锋,1991)。在上述二级断裂构造带附近,尤其是它们的交汇地带,有与之斜交或平行的次级断裂成群分布,延长多为数百 m,最长的达 1~2km。研究表明,这些次级断裂亦为多期构造叠加形成的剪切破碎带。

区域内出露的地层有太古宇太华群,下元古界铁铜沟组、中元古界熊耳群、高山河群和洛南群以及下古生界寒武系。其中太华群主要为一套变质的基性火山岩,少数为变质的沉积岩,



1. 寒武系 2. 中元古界洛南群 3. 中元古界高山河群 4. 中元古界熊耳群 5. 下元古界铁铜组 6. 太古宇太华群
7. 燕山期花岗岩 8. 武陵期花岗岩 9. 武陵期混合花岗岩 10. 花岗斑岩 11. 辉绿岩脉 12. 角度不整合 13. 断层
14. 片理化带 15. 长英质糜棱岩带 16. 波峰、波谷分界 17. 地层产状 18. 金铅矿床

图1 灞源地区地质略图

Fig. 1 Schematic geologic map of Bayuan—Zhangjiaping area

变质程度达角闪岩相。熊耳群为一套变质的中、基性火山岩，变质程度为绿片岩相。这两套地层为小秦岭地区的主要含金地层，本区的上述地层中金丰度值亦较高(表1)。

本区的侵入岩亦很发育。其南侧有张家坪钾长或二长花岗岩，西侧有蓝田二长花岗岩，北侧有老牛山和洛源黑云闪长花岗岩体，更远处(相距几十 km)有华山和牧护关花岗岩体。此外，区内尚有数十个小型花岗斑岩岩株及较多的煌斑岩、闪长岩等暗色岩脉在局部地段集中产出。这些岩体与岩脉主要为燕山期的，少数为武陵期的(严阵等, 1985)，其中一些金的丰度值高，如张家坪岩体的钾长花岗岩含金为7~112ppb，二长花岗岩为5~9ppb。将军岔的两个小花岗斑岩岩株含金10~260ppb，北川与湘子岔的煌斑岩脉含金14~130ppb。

根据地质构造、地层和岩浆岩等地质背景分析，本区是金矿形成的有利地区，由构造作用、

岩浆活动和变质作用联合控制的热液活动是金矿形成的最重要条件,而热液活动的产物——石英脉则是本区金矿产出的一种最重要形式。

表1 灞源地区太华群与熊耳群中金及其它伴生指示元素含量

Table 1 Contents of gold and other guide elements of rocks of the Taihua Group and the Xionger Group

地层	岩性	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Hg	Sb	As	Bi
太 华 群	混合岩	60	0.12	22.5	34.5	58.5	6	0.15	1.10	0.31
	黑云斜长片麻岩	20.5	0.12	31.7	73.3	50.3	8	0.61	0.67	0.21
	斜长角闪片麻岩	2.9	0.09	27	33.8	48.4	6	0.14	0.44	0.14
熊 耳 群	变细碧岩	17	0.24	36.6	201.9	197.6	19	0.25	0.86	0.21
	绢英片岩	16	0.34	20.1	56.3	117	26	0.18	1.12	0.92

注:含量单位,Au、Hg—ppb,其它—ppm

2 含金石英脉的空间分布

本区的石英脉非常发育。据不完全统计,仅在中部20km²范围内即有200余条。石英脉的分布较广泛,在各岩体和不同时代的地层中均可见到,说明本区的热液活动普遍而强烈。

含金石英脉的分布有明显的规律,往往成群成带集中出现,主要产在太华群、熊耳群地层和张家坪花岗岩体以及一些小型花岗斑岩体中,且又明显受三类特殊的地质构造控制:①二级断裂构造带附近的次级断裂;②地层不整合面;③岩体与地层接触带构造。其次在其中两类构造叠加或联合起作用的地带,在二级断裂相互交叉或转弯的地段,含金石英脉更为集中,且规模大,金的含量高。

前已述及,本区的二级及更次一级的断裂构造多为长期活动的韧性构造带,是含金热液形成并运移的有利构造。而从成矿意义来看,二级断裂的规模大,成矿物质不易于集中,因此其中含金石英脉数量少、规模小且金的含量低。而其附近的次级断裂、尤其是与之有成生联系并斜交时,则是含金热液聚集沉淀的最有利的构造环境。总之,二级断裂构造附近的次级断裂愈发育,含金石英脉则愈丰富,常沿倾向成群产出。

本区不同时代地层之间多呈不整合接触,尤其是太华群与铁铜沟组、铁铜沟组与熊耳群之间的不整合面明显,且在后期的构造运动中发生了多期次的强烈的差异滑动,造成附近的岩石糜棱岩化,岩石的片理扭折,岩层破裂甚至形成断裂。由于不整合面本身是含金热液活动的有利构造,加之后期的岩浆热液活动和构造活动使太华群或熊耳群中的金活化,因而在上述不整合面附近的太华群或熊耳群一侧的岩层破裂面及断裂中形成了规模不等的含金石英脉。

研究表明,本区岩体与地层的接触带是长期活动的构造带,尤其是张家坪岩体东段与太华群接触带呈特殊的弧形或半环形构造,其活动更为强烈,在其两侧的岩体或太华群地层中产生了数十条次级破碎构造带,含金热液在其中聚集沉淀而形成了规模较大的含金石英脉群。

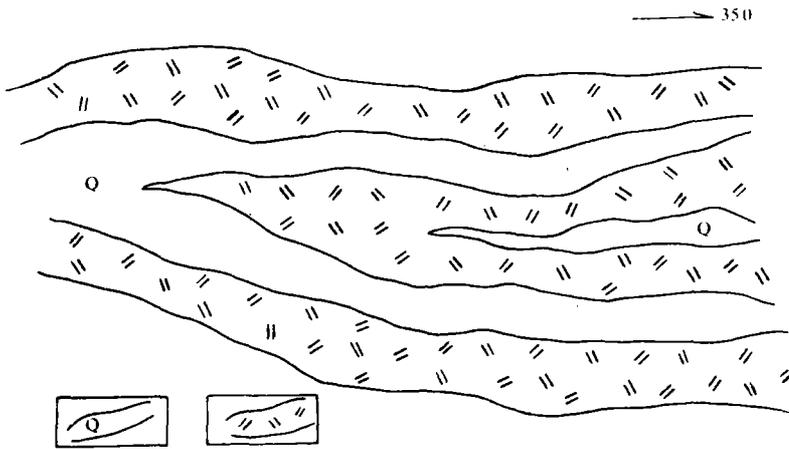
综上所述,查明含金石英脉的空间分布规律,更深入地研究二级断裂构造、不整合面构造、岩体与地层的接触带构造及其与它们伴生的次级构造的成生特征,是本区金矿找矿取得更大突破的关键之一。

3 含金石英脉的产出特征

根据对本区57条石英脉的产状、形态及规模的统计,不论是在地质体中广泛分布的还是在构造带中与含金石英脉伴生的不含金石英脉,其产出特征与含金石英脉均有明显不同。

不含金石英脉产出的方向无规律,多呈脉壁整齐的板状、单脉状,少数为透镜状,倾角较陡,一般 $50^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 之间,但沿走向和倾向其产状变化均不大。这类石英脉的规模不等,但有一个显著特点是厚度变化不大。

含金石英脉主要沿北东向($20^{\circ}\sim 50^{\circ}$)和北西向($280^{\circ}\sim 340^{\circ}$)两组方向产出,多呈脉状和透镜状,不仅有单脉、更常见复脉或网脉,尖灭再现,分枝复合特征明显(图2)。这类石英脉的产状不太稳定,沿走向和倾向多呈舒缓波状,倾角较缓(多在 $25^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 之间)。其规模长一般在几十m~400m,少数在50m以下或400m以上,厚度一般小于1.5m,超过1.5m厚的多为无矿或含金很低的石英脉。此外,含金石英脉的厚度变化大,沿走向和倾向均具膨缩特征,在断裂构造转弯



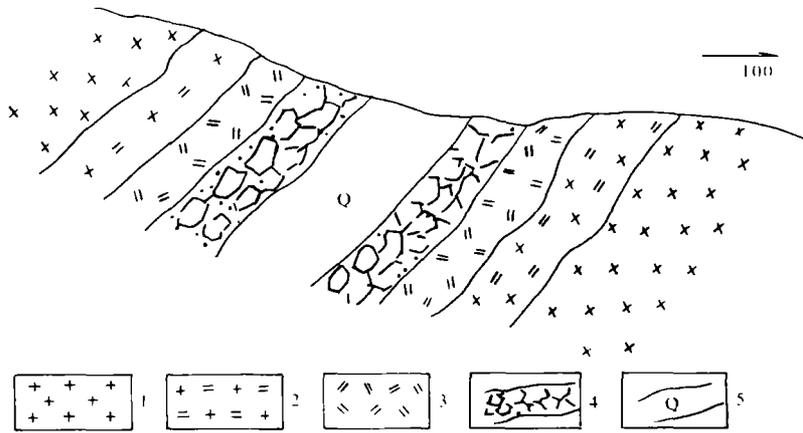
1. 含金石英脉 2. 矿化蚀变岩

图2 濶源地区安岭沟 Y_{M202}含金石英脉形态

Fig. 2 Shape of the Anlinggou gold-bearing vein, gallery YM 202

处往往厚度加大且金的含量高。

按形成的时间关系,不含金石英脉一般较含金石英脉形成晚,少数较其早。同一条石英脉(较宽时),往往是顶底两侧含金高而中间含金低甚至是不含金的(图3),详见后述。



1. 花岗岩 2. 蚀变花岗岩 3. 矿化蚀变岩 4. 破碎的含金石英脉, 5. 致密的不含金石英脉

图3 秦家沟2号带含金石英脉特征

Fig. 3 Characteristics of the gold-bearing veins of the 2nd zone, Qinjiagou

4 含金石英脉的岩石学特征

4.1 物理特征

不含金石英脉呈乳白色, 强油脂光泽, 结构致密, 连续展布。而含金石英脉多呈烟灰或青灰色, 少量呈灰白色, 油脂光泽不强。这种石英脉一般均发生破碎, 常形成断续分布的小扁豆体或透镜体, 破碎强烈时则形成脉石英的角砾碎块或碎斑, 石英呈砂糖状, 空隙间可被金属硫化物或其氧化物充填。更强烈时则脉石英碎块与围岩碎块互相挤入, 紧密混生, 这种现象在复脉中尤为明显。

含金石英脉破碎与其形成条件有关。这类石英脉一般是在金矿以前(少数在成矿期)就形成了, 即早期处于地壳较深处在高温高压状态下经韧性剪切构造作用形成的。后期地壳抬升, 早期形成的韧性剪切构造带继续活动且以张扭作用为主, 因此石英脉及其两侧围岩(在构造应力强的情况下)均发生破碎, 使含金热液中含金载体(各类金属硫化物)得以沉淀富集, 同时破碎了的石英也可俘获一定数量的金在其裂隙(纹)中沉淀下来。

在本区常见这样一种现象, 同一条较宽的石英脉其顶底两侧破碎并含大量金属硫化物而中间致密完整呈纯白色且金的含量很低(达几十 ppt), 它们之间并没有明显的界线, 这可能是由于石英脉较宽且构造应力不太强烈, 因而仅能使力学性质差异较大的石英脉边部发生破碎。

4.2 矿物组成

不含金石英脉主要由石英组成, 含量达98%以上, 有时含少量的钾长石或绢云母, 基本不

含金属硫化物(偶尔含有 $<1\%$ 的黄铁矿)。而含金石英脉矿物成分复杂,以含数量不等的金属硫化物为特征。根据其中金属硫化物的种类和含量,可将含金石英脉分为如下一些不同的类型:

(1) 少量黄铁矿—石英脉

石英含量 $>90\%$,并含有不足 10% 的星散状黄铁矿。黄铁矿呈亮黄色,均为立方体晶形,粒度较粗($3\sim 15\text{mm}$)。

(2) 黄铁矿—石英脉

石英含量 $70\sim 80\%$,黄铁矿含量 $20\sim 30\%$,有时含 $1\sim 2\%$ 土的方向矿和闪锌矿等。黄铁矿为浅黄色,具立方体晶形,粒度较细(粒径 $2\sim 5\text{mm}$),呈团块状、条带状、脉状及稠密浸染状分布。

(3) 黄铁矿—多金属硫化物—石英脉

石英含量 $60\sim 80\%$,金属硫化物含量 $20\sim 40\%$,且以黄铁矿为主(占金属硫化物总量的 $50\sim 70\%$),其它有方铅矿、闪锌矿、黄铜矿和斑铜矿等。黄铁矿为灰黄色,以立方体晶形为主并有一些呈五角十二面体。粒度细(粒径一般 $<2\text{mm}$),并有破碎。金属硫化物多呈团块状、角砾状、网脉状或条带状、少量呈浸染状产出。

(4) 方铅矿黄铁矿—多金属硫化物—石英脉

石英含量 $50\sim 70\%$,金属硫化物含量 $30\sim 50\%$,其中方铅矿含量高(与黄铁矿含量近等甚至多于黄铁矿,二者占金属硫化物总量的 70% 土),其它闪锌矿、黄铜矿少量。黄铁矿为灰黄色,呈立方体、五角十二面体或半自形粒状结构,粒度细(一般 $<1\text{mm}$)。金属硫化物主要呈网脉、团块状或角砾状分布。

(5) 黄铁矿—碳酸盐—石英脉

主要由石英和铁白云石组成(含量 90% 以上),并含 $5\sim 10\%$ 的星散状黄铁矿。

上述五种含金石英脉以第3、第4种含金性好,Au含量可达 $5\sim 70\text{g/t}$ (如湘子岔、安岭沟与雷家大洼等矿床),其次为第2种。而第1、第5种含金多在 $0.1\sim 1.0\text{g/t}$ 。因此,在野外根据含金石英脉的类型及其中金属硫化物的含量和特征可初步评价金矿化程度。

4.3 围岩蚀变特征

大量的观察表明,不含金石英脉的围岩一般未发生蚀变,有时可见不连续的宽 $1\sim$ 几cm的弱绢云母化蚀变带。而含金石英脉的围岩则普遍发生蚀变,蚀变类型主要有硅化、绢云母化、黄铁矿化、碳酸盐化、钾化、黄铁绢英岩化、绿泥石化、绿帘石化、叶腊石化等。

围岩蚀变程度、蚀变规模和蚀变类型不但与围岩岩性有关,而且与含金石英脉的类型和规模有关。一般而言,含金石英脉为富含金的黄铁矿、方铅矿—多金属硫化物—石英脉型且规模较大时,其围岩蚀变的规模也较大,从脉体向两侧的蚀变分带明显,蚀变程度强(出现黄铁绢英岩化和铅锌矿化)且其中金含量往往可达工业品位。含金石英脉与蚀变岩这种明显的正相关关系是由它们形成于相同的地质条件下决定的。因此可以根据围岩蚀变特征判断石英脉的含金性。

5 含金石英脉的显微构造特征

根据对本区各类石英脉的显微镜下观察研究,含金石英脉与不含金石英脉的显微构造有明显的差异。首先,含金石英脉中的石英塑性变形普遍而强烈,石英多被压扁拉长,常见变形纹(照片1)、变形条带和波状消光,并有沙钟构造(照片2)和糜棱构造。其次,含金石英脉的脆性变形特征亦很明显,常见石英发生亚颗粒化(照片4)、形成微裂隙并见有压碎结构、显微角砾结构(照片6)、石英碎斑结构,甚至出现三次碎粒化,碎粒之间有硫化物充填(照片7)。而远离构造带的不含金石英脉,基本不发生变形和破碎。镜下观之,石英均为等粒它形、均匀消光(照片8)。在矿区附近的不含金石英脉,有时可见石英具波状消光和变形纹,表明其发生了较明显的塑性变形,但未见有任何脆性破碎特征。

以上特征表明,含金石英脉形成后经历了多期构造变形,反映了金矿是在多期的构造活动和热液活动过程中形成的。而不含金石英脉在其形成后未经过多期变形(尤其是脆性变形),含金的热液不能进入和在其中沉淀下来,所以未形成金矿化。因此,可以根据石英脉的宏观与微观特征判断其变形历史,进而判断其含金性。

表2 不同类型石英脉微量元素组成(ppm)

Table 2 Trace element contents of different types of quartz veins(ppm)

Au 含量 (ppm)	石英脉类型	Cu	Pb	Zn	Hg	Sb	As	Bi
>5	1	$\frac{500 \sim 3000}{1567}$	>1%	$\frac{1500 \sim >1\%}{>1\%}$	$\frac{0.03 \sim 154}{51.59}$	$\frac{0.42 \sim 23.42}{11 \sim 70}$	$\frac{5.44 \sim 54.5}{27.85}$	$\frac{1.31 \sim 200}{70.06}$
	2	187	530	33	0.153	0.90	2.90	80
1~5	1	$\frac{47.5 \sim 1656}{602.9}$	$\frac{625 \sim 1500}{969.5}$	$\frac{202 \sim 1500}{498.8}$	$\frac{0.024 \sim 0.85}{0.25}$	$\frac{1.24 \sim 13.91}{6.26}$	$\frac{1.44 \sim 336}{110.96}$	$\frac{1.9 \sim 48.72}{18.67}$
	2	$\frac{8.8 \sim 47}{32.3}$	$\frac{10 \sim 287}{214}$	$\frac{47 \sim 421}{143}$	$\frac{0.044 \sim 0.082}{0.067}$	$\frac{0.19 \sim 2.05}{1.11}$	$\frac{2.69 \sim 400}{135.6}$	$\frac{2.77 \sim 26.45}{9.95}$
0.05~1	1	$\frac{21 \sim 135}{60}$	$\frac{25 \sim 312}{152}$	$\frac{180 \sim 583}{363}$	$\frac{0.006 \sim 0.081}{0.050}$	$\frac{0.10 \sim 0.36}{0.024}$	$\frac{1.44 \sim 2.74}{2.03}$	$\frac{0.13 \sim 0.44}{0.26}$
	2	175	78	114	0.054	0.31	46	0.43
<0.05	3	$\frac{6 \sim 30}{17.6}$	$\frac{15 \sim 51}{30}$	$\frac{17 \sim 222}{101}$	$\frac{0.035 \sim 0.114}{0.056}$	$\frac{0.23 \sim 0.81}{0.36}$	$\frac{1.15 \sim 3.86}{1.68}$	$\frac{0.16 \sim 0.85}{0.43}$
<0.01	4	$\frac{17 \sim 30}{24}$	$\frac{50 \sim 59}{55}$	$\frac{25 \sim 42}{34}$	$\frac{0.002 \sim 0.006}{0.004}$	$\frac{0.07 \sim 0.08}{0.08}$	$\frac{0.58 \sim 0.60}{0.59}$	0.08

注:1—多金属硫化物石英脉 2—黄铁矿石英脉 3—少量黄铁矿石英脉 4—石英脉

6 含金石英脉的微量元素组成特征

对研究区57条石英脉的金及其伴生微量元素的分析表明,含金的与不含金的石英脉其微

量元素组成特征不同(表2)。从表2看出,Au含量超过1ppm的含金石英脉,不论哪一种类型其Bi含量均大于1ppm,Sb含量多大于1ppm,少数小于1ppm;而金含量低于1ppm的石英脉,其Bi与Sb含量均小于1ppm。同一类型石英脉,含金高的较含金低的其Cu、Pb、Zn含量要高,如多金属硫化物—石英脉,当Cu>50、Pb>600ppm时才能达工业品位。总的来讲,Au含量低于10ppb的石英脉,其中的Cu、Pb、Zn、Hg、Sb、As、Bi含量比含金石英脉均低得多,较矿体要低1个数量级左右,尤以Bi、Sb、As、Pb、Zn最明显。Cu<10、Pb<10、Zn<30、Bi<0.1、Sb<0.1、As<1.0、Hg<0.01ppm的石英脉基本为不含金的石英脉。因此,根据石英脉中的Bi、Sb、As、Hg与Cu、Pb、Zn含量的高低可判别其含金性。

表3 含金石英脉的主要判别标志

Table 3 Main discriminating criteria of the gold-bearing quartz veins

石英脉类型		判别标志		
		不含金石英脉 Au<10ppb	含金石英脉 Au>50ppb	
宏观标志	空间分布		无规律	集中分布于二级断裂带、地层不整合面及岩体与地层接触带附近
	产出特征	产状	走向不定,单脉产状稳定	主要是北东、北西向,单脉产状呈舒缓波状变化
		形态	简单的脉状、板状或透镜状	单脉、复脉、网脉均有,或透镜状,分枝复合明显
		厚度及变化	厚度不等,变化小	一般小于2m,沿走向、倾向膨胀变化明显
	岩石学特征	颜色	乳白、纯白色	青灰、烟灰色
		矿物成分	主要为石英,含量>95%	除石英外,尚含一定数量的多金属硫化物
		构造	致密块状	角砾状、团块状、浸染状、条带状
	围岩蚀变		无或很弱	普遍而明显,常有分带
	破碎程度		完整	强烈破碎
	风化表面		风化不明显,偶有少量铁染	易风化,呈褐色,蜂窝状构造或晶形空洞,有金属氧化物
微观标志	石英变形	塑性变形	无或弱的变形	变形强烈,变形纹,变形条带、糜棱结构、亚颗粒构造等常见
		脆性变形	不明显	裂纹发育,常见碎斑结构,石英亚颗粒多发生位错
	伴生指示微量元素组成(ppm)		含量低,Cu<10、Pb<10、Zn<30、Hg<0.01、Sb<0.1、Bi<0.1、As<1.0	含量高,一般Cu>30、Pb>50、Sb>0.3、As>2.0、Bi>0.4,其中矿体一般Bi>1、Sb>1、As>2.5、Cu>40、Pb>200



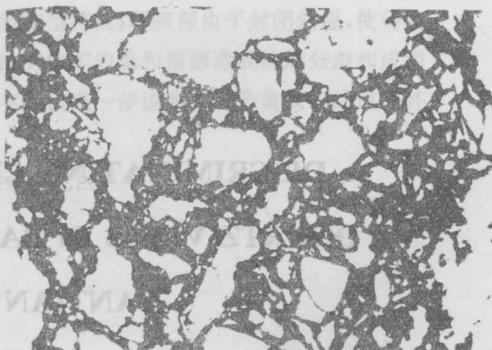
照片1 石英的变形纹平行排列(雷家大洼) 正交偏光 $\times 20$



照片2 石英的沙钟构造(小石板凹) 正交偏光 $\times 20$



照片3 石英的亚颗粒化(暗色者,小石板凹) 正交偏光 $\times 16$



照片4 脉石英的显微角砾结构,角砾间被金属硫化物充填(雷家大洼)正交偏光 $\times 20$



照片5 石英碎粒化,碎粒间有金属硫化物充填(李家湾) 正交偏光 $\times 20$



照片6 石英呈他形粒状结构未变形(西川) 正交偏光 $\times 20$

7 结语

根据上述不同类型石英脉的空间分布、产出以及岩石学、显微构造和微量元素组成等特征,综合出含金(与不含金)石英脉的判别标志列于表3。

参考文献

- 1 魏刚锋. 蓝田灞源地区构造特征的初步研究. 西安地质学院学报, 1991, 13(4)
- 2 沈阳地质矿产研究所编. 《中国金矿主要类型区域成矿条件文集. 3, 豫陕小秦岭地区》. 地质出版社, 1989
- 3 严阵等. 陕西省花岗岩. 西安交通大学出版社, 1985

DISCRIMINATING CRITERIA OF GOLD-BEARING QUARTZ VEINS IN BAYUAN—ZHANGJIAPING AREA, LANTIAN COUNTY, SHAANXI

Wei Heming Zhang Zhenfei

(Xi'an College of Geology)

Abstract

Numerous quartz veins, some of which are gold-bearing, are distributed over an area of the Southwest Xiaolinling, or Bayuan—Zhangjiaping area, Lantian County, Shaanxi province. In light of comparative studies of the veins, mainly their spatial distribution, geometry, petrology, microstructures and trace element contents, etc., the authors establish the discriminating criteria of the gold-bearing veins in the area.