

豫西小秦岭东闯金矿床围岩 蚀变研究

徐九华 倪文 赵彦生

(北京科技大学地质系)

提 要 豫西小秦岭东闯石英脉型金矿床赋存于太古界太华群变质岩系中。本文研究了该矿的围岩蚀变类型、蚀变分带及各带的 Au、Ag、Cu、Pb 等成矿元素分布特征。探讨了围岩蚀变过程的温度、压力条件。用聚类分析、R 型因子分析讨论了蚀变与矿化的关系,并比较了矿区两条不同矿化类型的主脉 V. 507 和 V. 501 在成矿作用方面的差别。

关键词 小秦岭 含金石英脉 围岩蚀变 矿化作用 因子分析

东闯金矿床位于豫、陕边界,著名的小秦岭金矿带中部。矿床为产于太古界变质岩系中严格受东西向断裂控制的石英脉型金矿。矿脉围岩类型众多,热液蚀变较复杂。作者有幸参加了对于该矿的科研工作,对含矿断裂特征及脉侧围岩蚀变进行了研究。本文在研究蚀变类型、分带基础上,探讨了蚀变作用的温压条件,分析了蚀变与矿化作用的关系。

一、矿床地质特征

(一)矿区地质概况

1、**地层** 矿区内出露地层为太古界太华群间家峪组 (Ar₂l), 主要由斜长角闪岩、黑云斜长片麻岩、黑云变粒岩及条纹条带状混合岩所组成,原岩为一套基性火山—沉积岩建造。微量元素分析表明,斜长角闪岩和片麻岩的 Au 丰度分别为 0.011 和 0.012ppm^①, Pb、Mo 丰度也高于同类岩石, Cu、Ag、Zn 丰度接近同类岩石。因此,矿区地层的 Au 具有较高的背景值。地层普遍受到不同程度的混合岩化作用。混合岩中交代成因的石英内常见含立方体 NaCl 子晶的高盐度包体(盐度在 26.4—51.3wt%), 有时见浑圆状的 KCl 子晶,表明地层受到了富含 Na、K 的流体交代作用。

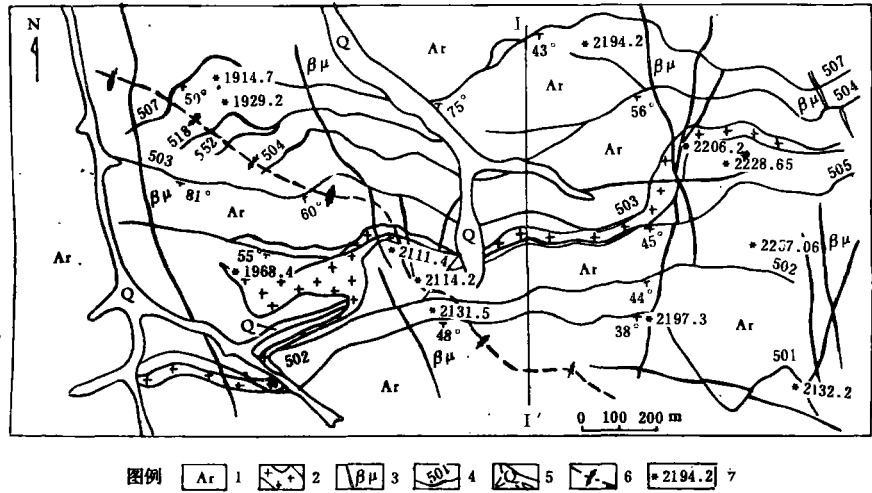
2、**构造** 矿区主要构造线方向为近东西向,与区域构造线方向一致。横贯矿区中部的西峪~仓珠峪不对称向斜(轴向 300°左右)为区域性老鸦岔背斜南翼的次级褶皱(图 1)。矿区断

^①北京科技大学地质系,小秦岭东闯金矿围岩蚀变及找矿问题研究(阶段工作汇报材料之一),1988

裂构造发育,主要有近东西向压扭性断裂和近南北向的张扭性断裂,前者控制了含金石英脉的规模和产状,后者多为辉绿岩脉所充填。

3、岩浆岩 矿区北部出露燕山晚期二长花岗岩基(文峪岩体),前人测得 K—Ar 同位素年龄值 100~130Ma^[1]。矿区内出露黑云母花岗岩床,厚 50~100 余米,呈东西向展布,与闯家峪组呈微角度不整合,被燕山早期的辉绿岩脉穿切。

主要脉岩有呈 NNW 走向的辉绿(玢)岩脉,近 EW 走向的正长斑岩脉和含金(铅)石英脉。前人测得区域内辉绿(玢)岩脉同位素年龄值为 182~148Ma^[2],多被含金(铅)石英脉切穿。



说明: 1. 太古界太华群闯家峪组; 2. 黑云母花岗岩; 3. 辉绿岩脉; 4. 含金石英脉及编号; 5. 第四系; 6. 向斜轴; 7. 山峰及高程(m)。

图 1 小秦岭东闯金矿床地质略图(据武警黄金九支队资料改编)

Fig. 1 Schematic geological map of the Dongchuang gold deposit, Xiaoqinling Mt. Area.

(二)含矿石英脉一般特征

矿区内规模较大的含矿石英脉,如 V. 507、V. 502、V. 501、V. 503、V. 504 和 V. 505,都赋存在近东西向断裂中。

1、含矿断裂特征 主要含矿断裂全长均大于 2000m,呈 EW 向展布,倾向 SSW 至 SSE,倾角一般 40°~45°。断裂带内充填含金(铅)石英脉透镜体或发育构造岩,构造岩主要为糜棱岩、千糜岩和构造片岩,多发育于主断裂面的顶板。构造岩发育程度,视每条断裂而异,其中 V. 507 最发育,V. 501 不太发育。构造岩多叠加强烈的热液蚀变。

主断裂面波状起伏,常见擦光镜面和擦痕。伴生次级构造也较发育,如 V. 507 下盘见有拖曳褶皱。其他断裂的羽状裂隙也常见。各种迹象表明,含矿断裂为压扭性质。

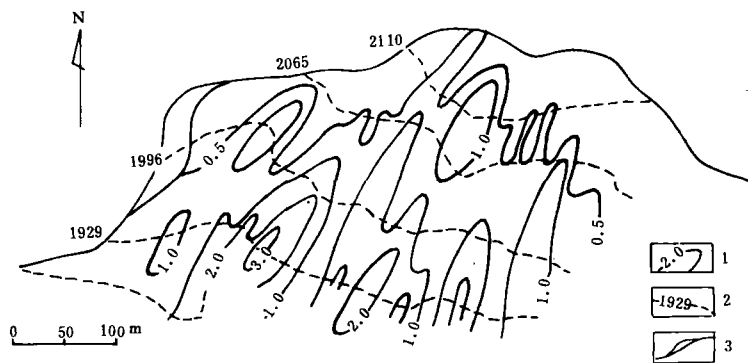
2. 含矿石英脉产出特征 断裂带内含矿石英脉的分布和产状明显受主断裂面波状起伏

的影响。主断裂面产状稳定,石英脉充填就较连续,如 V. 501。主断裂面产状不稳定,石英脉变化也大,如 V. 507,当断裂走向为 $80^{\circ}\sim 100^{\circ}$ 时,糜棱岩发育,石英脉少见;而走向变化为 $140^{\circ}\sim 160^{\circ}$ 时,石英脉厚度大,矿化好,构造岩不发育。剖面上,倾角陡($43^{\circ}\sim 56^{\circ}$)时,糜棱岩发育,倾角缓($32^{\circ}\sim 44^{\circ}$)时充填含矿石英脉。V. 507 的矿体等厚线图(图 2)反映了该断裂内石英脉透镜体的分布规律。

3. 矿石矿物组合及成矿阶段 矿石中与金有关的主要金属矿物有自然金、银金矿、黄铁矿、方铅矿、黄铜矿和闪锌矿,其次有磁铁矿、黝铜矿、斑铜矿和辉铜矿等。脉石矿物主要有石英、菱铁矿、铁白云石、方解石和绢云母,次有绿泥石、钾长石、绿帘石和黑云母等。

金主要赋存于黄铁矿等硫化物的粒间和裂隙中,也见于石英和铁白云石等矿物的裂隙中,据单矿物微量元素分析:黄铁矿含金 $2\sim 73\text{ppm}$,银 $2.5\sim 16\text{ppm}$;方铅矿含金 $0.2\sim 5.6\text{ppm}$,银 $147\sim 475\text{ppm}$ 。

热液成矿作用可分四个阶段①:①黄铁矿—石英阶段;②石英—黄铁矿阶段;③碳酸盐—多金属硫化物阶段;④碳酸盐—石英阶段。



图例说明: 1. 矿体等厚线及厚度(m); 2. 坑道投影及标高(m); 3. 矿脉露头水平投影。

图 2 V. 507 矿体等厚线水平投影图

Fig. 2 Horizontal projection of ore body isopach of V. 507

二、围岩蚀变特征

(一)围岩类型及特点

含矿石英脉两侧围岩主要为闾家峪组变质岩系。黑云母花岗岩床、正长斑岩脉也成为 V. 505 和 V. 501 部分地段的围岩。分布广泛的辉绿(玢)岩脉也局部成为矿脉的围岩。

1. 主要围岩类型

斜长角闪岩:含绿色普通角闪石 60~70%,斜长石($An = 27 \sim 32$) 30%左右,次要矿物有黑云母、绿帘石。受混合岩化作用,可含一定数量的石英,穿孔状分布于角闪石和斜长石中,付矿物主要为磷灰石,次为锆石。野外呈混合岩中的残留体在地层中相间出现。

黑云斜长片麻岩:含更长石($An = 20 \sim 27$) 50~70%,石英 15~30%,次要矿物为黑云母。受混合岩化作用,含 0~20%的微斜长石。付矿物以锆石为主,次为磷灰石。野外常与混合岩呈过渡关系。

条痕或条带状混合岩:含微斜长石、条纹长石 50%左右,更长石 20%,石英 20%。次要矿物亦为黑云母,偶见角闪石。付矿物为锆石、磷灰石。

黑云变粒岩:更长石 60%、石英 15%、微斜长石 15%、黑云母 10%。

正长斑岩:仅分布于 V. 501 附近。斑晶主要由钠长石和正长石组成,基质由条状钾长石,细粒石英组成。

黑云母二长花岗岩:含更长石 35%,微斜长石 25%,石英 30%,黑云母 8%±。呈岩床出露,在 V. 505、V. 503 部份地段构成围岩。

辉绿岩:含普通辉石,拉长石($An \approx 55$)。含斑晶(主要为拉长石)多时称辉绿玢岩。

2. 围岩岩石结构

斜长角闪岩、黑云斜长片麻岩常见芝麻点状和片麻状构造。混合岩主要为条痕状、条带状及块状构造。

岩石结构主要为粒状变晶、鳞片粒状变晶结构。混合岩化产生的常见交代结构有蚕蚀,穿孔、残留、交代假象、蠕英、净边、假文象结构等。在近矿蚀变岩和构造岩中,结构更为复杂。

(二)围岩蚀变类型及分布特点

本区主要的围岩蚀变类型有:

1、**绢云母化** 是最发育的蚀变之一,主要是斜长石(更、中长石)被绢云母交代。早期表现为绢云母浸染状交代斜长石,有时与钠黝帘石化伴生;晚期呈鳞片状集合体,有时与细粒石英伴生,呈被交代的斜长石假像(照片 1)。其次,钾长石也常被绢云母交代(照片 2)。

2、**硅化** 常与绢云母化伴生。早期表现为它形集合体石英沿边缘交代斜长石;中晚期细粒石英与绢云母集合体广泛交代斜长石和微斜长石,使后者呈假像,有时细粒石英与绢云母呈细脉状交代微斜长石(照片 3)。

3、**黄铁矿化** 浸染状、细脉状分布于蚀变围岩中。镜下常见细粒黄铁矿仅局限于被交代铁镁矿物残余的位置,故铁质可能主要来自围岩(照片 4)。

4、**碳酸盐化** 这是较晚的蚀变。因围岩类型不同,碳酸盐化的强度和蚀变矿物的种类也

不一样。含斜长石多的围岩(如斜长角闪岩、斜长片麻岩)普遍发育方解石化,如 V.507(照片 5)。而斜长石少的围岩(如以钾长石为主的混合岩、正长斑岩)未见方解石化,偶见菱铁矿、铁白云石。因此钙质也主要来自围岩。

当绢云母化、硅化和黄铁矿都发育时,即构成了黄铁绢英岩化(照片 6),具有重要的近矿指示意义。

较次要的围岩蚀变还有:

5、绿帘石化 角闪石常被绿帘石交代,并进一步蚀变为绿泥石。

6、绿泥石化 由角闪石、黑云母蚀变产生,进一步为绢云母、石英、碳酸盐组合代替。

7、钠黝帘石化 为斜长石的早期蚀变,后为绢云母、方解石、石英所代替。

上述三种蚀变加上碳酸盐化即构成了青盘岩化,发育于斜长角闪岩围岩中。其他蚀变还有黑云母化、钾长石化、钠长石化等。

(三) 围岩蚀变的交代分带(表 1)

蚀变呈双向分带,大致有三种情况:

1. 黑云斜长片麻岩、条痕条带状混合岩的蚀变按矿物组合,从原岩向石英脉方向可分五个带:(1)更长石±微斜长石+石英+黑云母(O带),岩石中全部组分处于不活动状态;(2)更长石+石英±微斜长石+黑云母±绿泥石+绢云母(I带),更长石已为绢云母和钠长石所交代,原有的微斜长石也局部被绢云母交代,同时有新生的钾长石产生,黑云母局部被绿泥石和绢云母交代。此带中 H_2O 、 CO_2 、 H_2S (或 HS^-) 为活动组分, Al_2O_3 、 FeO 、 MgO 、 SiO_2 、 Na_2O 、 K_2O 、 CaO 仍为惰性组分,它们在带内质量守恒;(3)石英+绢云母+方解石+绿泥石+黄铁矿(II带),更长石、微斜长石、黑云母消失,说明 K_2O 、 Na_2O 成为活动组分, CaO 留在方解石中, Fe 在黄铁矿、部分在绿泥石中, MgO 在绿泥石中,因此惰性组分有 CaO 、 FeO 、 MgO 、 Al_2O_3 和 SiO_2 五个,矿物数也减少到五个(柯尔任斯基相律 $\phi \leq K_N$);(4)石英+绢云母+黄铁矿(III带即黄铁绢英岩),方解石、绿泥石在此带中消失, MgO 、 CaO 转化为活动组分,惰性组分剩下三个,即 Fe 、 Al 、 Si ;(5)石英+黄铁矿(IV带,即黄铁矿石英脉),这个带实际上已在交代柱之外,矿物主要以沉淀方式在裂隙中形成,所有组分均为活动组分。

2. 斜长角闪岩的蚀变带也可分成五个带(表 1):角闪石+斜长石(O带);绿帘石+绿泥石+角闪石+斜黝帘石+钠长石+石英(I带);石英+绢云母±黑云母+方解石+黄铁矿(II带);石英+绢云母+黄铁矿(III带);石英脉(IV带)。各带内组分的活动性与 1 类似。

3. 正长斑岩的蚀变分带为:正长石+石英(O带);钠长石+绢云母+石英(I带);石英+黄铁矿+绢云母(II带);石英脉(III带)。

主要岩石类型的围岩蚀变分带见表 1。表中数据还说明了从未蚀变岩到强蚀变岩、黄铁绢英岩, Ag 、 Au 、 Pb 含量急剧增加,而 Cu 、 Zn 、 Mo 则增加不多或变化不大,这可能与成矿元素在热液中的含量有关。此外,热液蚀变不仅发生在含矿石英脉两侧,也叠加在断裂带内无石英脉的构造岩中。因此,上述 II、III 带(正长斑岩除外)有时与糜棱岩、构造片岩等分布一致。

表 1 豫西小秦岭东陶金矿床围岩蚀变分带特征

Table 1 Alteration aones of Dongchuang gold deposit in Xiaoqinling Mt. Area, West Henan

带	矿物共生组合	样数	惰性组分	活动组分	微量元素(单位:ppm)						微量元素比值			蚀变带宽度
					Ag	Au	Pb	Zn	Cu	Mo	Ag/Pb	Ag/Au	Au/Cu	
0	斜长角闪岩: Hb+Pl+(Q) 黑云斜长片麻岩,含岩化 Pl+M+Q+(Bi)	5	全部	—	0.034	0.011	17	68	71.2	16.6	0.002	3.09	1.5×10^{-4}	
		5			0.020	0.012	16	26	30	3.9	0.0013	1.67	4×10^{-4}	
I	蚀变斜长角闪岩 Ep+Chl+Hb+Se+Cz+ Ab+Q ₁	3		H ₂ O、 CO ₂ 、 H ₂ S(HS ⁻)	0.26	0.10	193	83	101	10.2	0.0013	16.67	9.9×10^{-4}	几米 ~ 十几米
	蚀变片麻岩: Pl+Q±M+Se+Bi± Chl; 蚀变混合岩: (同上)	6	Al、Fe、 Mg、Si、 Na、K、Ca		0.16	0.034	228	36.3	36.2	7.2	0.0007	4.7	9.4×10^{-4}	
II	强烈蚀变岩: Q+Se+Ca+Py±Chl±Bi ±M	7	Al、Fe、 Mg、Si、 Ca	H ₂ O、CO ₂ 、 H ₂ S(HS ⁻) Na、K	0.66	0.069	385 (个别>1000)	54.1	65.7	6.7	0.0017	9.59	1.05×10^{-4}	0~ 几米
III	黄铁绢英岩 Q+Se+Py	11	Al、Si、 Fe	H ₂ O、CO ₂ 、 H ₂ S(HS ⁻) Na、K、Mg、Ca	2.15	0.27	710 (个别>1000)	56.3	99.5	6.4	0.003	7.96	2.7×10^{-4}	几厘米 ~几米
IV	石英脉 Q+Py±其他硫化物	10	—	全部	5.94	0.87	>1000	17.0	472	5.6	0.0097	7.82	2.6×10^{-4}	几厘米 ~几米

注: Ep—绿帘石; Chl—绿泥石; Hb—角闪石; Se—绢云母; Cz—斜黧帘石; Ab—钠长石; Pl—斜长石(主要为更长石,斜长角闪岩中部分为中长石); Mi—微斜长石; Bi—黑云母; Q—石英; Ca—方解石; Py—黄铁矿。(原始数据测试者:保定测试技术岩土工程研究所。Au、Ag:原子吸收,其他:直读光谱)

(四)围岩蚀变的物理化学条件

1、温度

测定了黄铁绢英岩中石英的气液包体均一温度(表 2)。数据表明 V. 507 的主要蚀变,绢云母化、硅化的温度约 210°~310℃,这一结果与绢云母化、硅化所代表的中温蚀变结论^[2]是一致的。若均一温度经压力校正,蚀变温度还将偏高。

2、压力

根据蚀变矿物组合可判断围岩蚀变时的压力^[2]。因此,近矿青盘岩化出现斜黧帘石,表明蚀变过程压力较高(约相当 2.0~3.5km 深^[2])。此外,根据 H₂O—CO₂ 体系流体临界压力与临界温度的关系^[3],可得出回归方程:

$$\ln P_{cp} = 38.36 - 5.58 \ln T_{cp} \qquad (T \leq 374^{\circ}C)$$

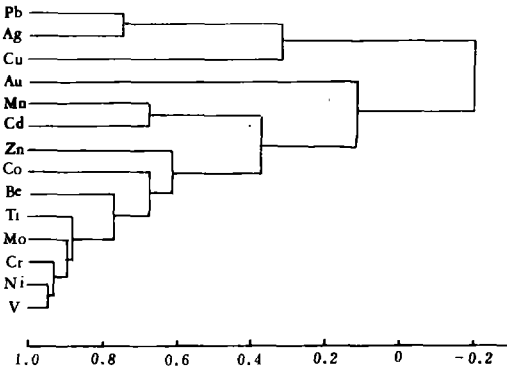
(式中 P_{cp}、T_{cp} 分别为 H₂O—CO₂ 体系的临界压力(bar)和临界温度(°C))由表 2 中富 CO₂ 包体的临界状态均一温度,可算出 P_{cp} 为 1901~572bar,平均 815bar,这个压力值按静岩压力计算相当 3Km,与黧帘石所代表的形成压力吻合。此外,与栾世伟等计算的小秦岭地区金矿成矿压力 1500bar 也相当^[1]。

3、介质酸碱度

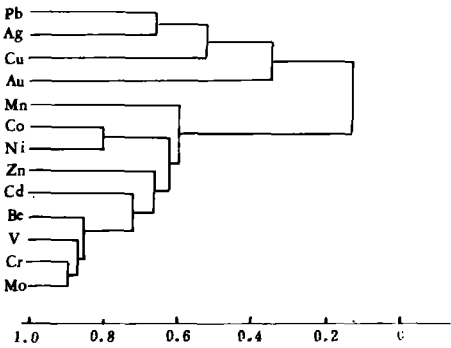
表 2 V. 507 黄铁绢英岩中石英的流体包体均一温度

Table 2 Fluid inclusion homogenized temperature of quartz in beresite of V. 507

样品号	测定矿物特征	包裹体特征	测定数	均一特征及温度
18-4	黄铁绢英岩中糖粒状石英	浑圆、不规则状气液包体	17	均一成液相，210°~295℃，平均 236℃
13-1	强烈硅化的黄铁绢英岩中，斑杂状石英	浑圆状气液包体，部分气液较大的富 CO ₂ 包体	10	同上，210°~260℃，平均 237℃ 临界状态均一后破裂，
			9	250°~310℃，平均 291℃



(a) V. 507



(b) V. 501

图 3 蚀变岩微量元素分组图

Fig. 3 Hierarchical diagram showing minor elements in altered rocks

根据扎列科夫提出的酸碱参数 $Y^{[2]}$ ，可以判断围岩蚀变过程 Y 值是增大的，因为从未蚀变原岩向石英脉方向（即从Ⅰ带至Ⅳ带） Y 值增加，如普通角闪石（ $Y = 189.8$ ）蚀变为绿帘石（ $Y = 195.8$ ）、绿泥石（ $Y = 193.3$ ），又如更中长石（ $Y = 202.5$ ）变为绢云母（ $Y = 201.6$ ）和石英（ $Y = 227.3$ ）。从而，热液的酸性是增加的。

三、蚀变与矿化的关系

〈一〉蚀变围岩中微量元素的分类

对 V. 507 和 V. 501 近矿蚀变岩的微量元素分析数据,进行了 R 型聚类分析(原始数据服从对数正态分布,数据均作了対数变换)。

表 3 V. 507 近矿蚀变岩微量元素相关矩阵

Table 3 Correlation matrix of minor elements in altered rocks near V. 507

Au	Ag	Cd	Zn	Be	Cu	Mn	Co	Ni	Cr	Pb	Mo	V	Ti	log
1	-0.2008	0.1135	0.3109	0.1545	0.1953	0.2226	0.3585	0.1166	0.1655	-0.5401	0.2840	0.2253	0.2119	Au
	1	-0.1586	-0.3479	-0.3072	0.3172	-0.3600	-0.4174	-0.5070	-0.4350	0.7428	-0.4293	-0.5268	-0.4338	Ag
		1	0.3736	0.4218	0.2582	0.6654	0.3527	0.4936	0.5537	0.1147	0.4717	0.4089	0.5512	Cd
			1	0.6072	0.1570	0.4698	0.6632	0.7597	0.7548	-0.3101	0.7887	0.7248	0.7909	Zn
				1	0.2025	0.5189	0.6688	0.7799	0.7827	-0.2664	0.7791	0.8171	0.7024	Be
					1	0.0285	0.0764	0.0617	0.2189	0.2835	0.1396	0.0316	0.0897	Cu
						1	0.5971	0.7270	0.6685	-0.2984	0.7819	0.7000	0.6929	Mn
							1	0.7729	0.7601	-0.4148	0.7626	0.8534	0.7808	Co
								1	0.9343	-0.3686	0.8979	0.9376	0.8962	Ni
									1	-0.3086	0.8252	0.9130	0.8900	Cr
										1	-0.4271	-0.4949	-0.3805	Pb
											1	0.8938	0.8728	Mo
												1	0.9237	V
													1	Ti

表 4 V. 501 近矿蚀变岩微量元素相关矩阵

Table 4 Correlation matrix of minor elements in altered rocks near V. 501

Ag	Au	Cd	Zn	Be	Cu	Mn	Co	Ni	Cr	Pb	Mo	V	log
1	0.3405	0.1263	0.0527	0.1611	0.5147	−0.2668	−0.1836	0.0835	−0.1102	0.6532	−0.1192	−0.1958	Ag
	1	−0.2075	−0.0668	−0.4758	0.3089	−0.1790	−0.1711	−0.0460	−0.4535	−0.1770	−0.3815	−0.3092	Au
		1	0.6538	0.7144	−0.0514	0.5880	0.5447	0.6933	0.7921	0.2205	0.6939	0.7435	Cd
			1	0.3321	0.1453	0.3485	0.4701	0.6194	0.3782	0.0503	0.2880	0.5954	Zn
				1	−0.2990	0.3498	0.1692	0.4162	0.8456	0.2621	0.6763	0.4433	Be
					1	−0.3389	0.2147	0.3744	−0.2717	0.4253	−0.3885	−0.0019	Cu
						1	0.6117	0.4560	0.6127	0.0968	0.8130	0.6628	Mn
							1	0.7936	0.5475	−0.1251	0.5657	0.8496	Co
								1	0.5755	0.2339	0.4497	0.7014	Ni
									1	0.0738	0.8847	0.7612	Cr
										1	−0.0548	−0.0146	Pb
											1	0.7043	Mo
												1	V
													1

图 3 表明,对于 V507 (20 个样品)若以 R = 0.3 分类,14 种元素可分成三大类、Cu、Ag、Pb 为一类,它们主要是多金属硫化物矿化作用阶段带入围岩的成分;Mn、Ti、V、Cr、Ni、Co 等主

要与围岩原有成分有关; Au 与其他元素相关性很差, 可能与 V. 507 的金矿化作用复杂有关。对于 V. 501 (19 个样品), 也以 $R = 0.3$ 分类, 13 种元素可分成两组: Ag、Pb、Cu 与 Au 为一组, 代表矿化作用带入围岩的成分; 其他元素为另一组, 代表围岩原有的微量组分。V. 501 与 V. 507 不同, Au 与 Ag、Pb、Cu 关系密切, 为同一矿化作用的产物。表 3、表 4 为相关矩阵。

〈二〉矿化蚀变作用的因子分析

用前述微量元素分析数据 527 个, 分别对 V. 507 (280 个数据) 和 V. 501 (247 个数据) 进行了 R 型因子分析。

表 5 V. 507 近矿蚀变岩初始因子载荷矩阵
Table 5 Factor loading matrix of altered rocks near V. 507

因子 变 量	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	公因子方差
Au	0.3202	-0.3079	0.8317		0.9329
Ag	-0.5456	0.6400			0.7609
Cd	0.5531	0.4817		-0.6086	0.9114
Zn	0.8076				0.7220
Be	0.8108				0.7470
Cu		0.6568	0.5896		0.8073
Mn	0.7746			-0.4764	0.8482
Co	0.8507				0.7541
Ni	0.9507				0.9498
Cr	0.9299				0.9067
Pb	-0.4839	0.7985			0.9198
Mo	0.9413				0.8899
V	0.9636				0.9603
Ti	0.9368				0.8903
方差贡献	8.0477	1.8978	1.2053	0.8520	12.0028
方差贡献 累积百分比	57.5%	71.0%	79.7%	85.7%	

注: 因子载荷绝对值小于 0.30 者未列入此表

1、V. 507

表 5 为 V. 507 近矿蚀变岩微量元素数据 R 型因子分析的初始因子载荷矩阵。从公因子方差可看出, 主成矿元素 Au、Pb 的成矿信息几乎全被提取出来, 分别为 93% 和 91%, Ag 被提取了 76% 的信息。因 F₁、F₂、F₃ 三个主因子的方差总贡献累计已达 80%, 故可得三组关联:

$A_1 (V、Ni、Mo、Ti、Cr、Co、Be、Zn、Mn、Cd、-Ag、Ag、(-Pb)、(Au))$

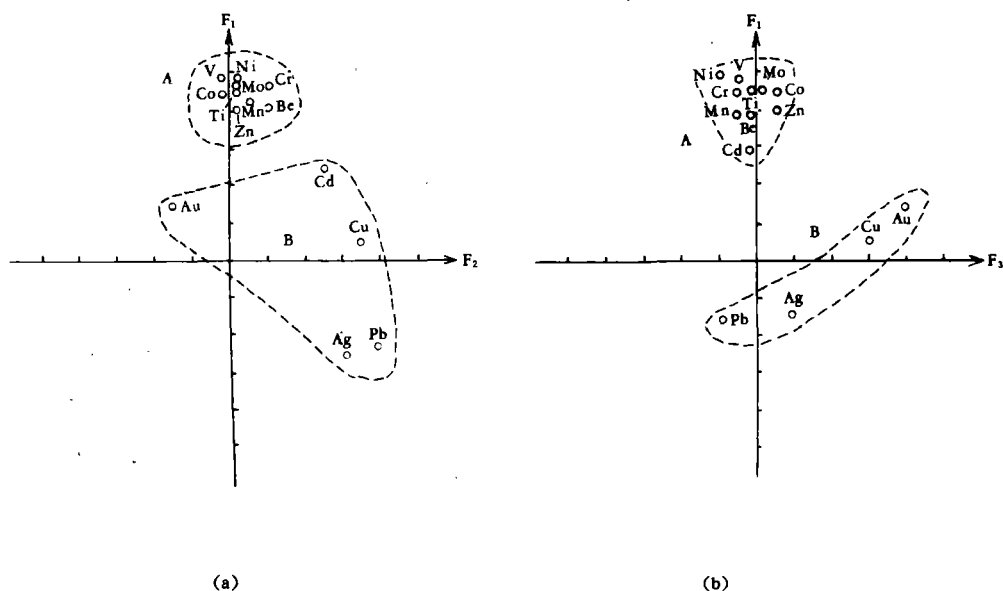


图4 V. 507 蚀变围岩微量元素R型因子分析初始因子载荷座标平面图

Fig. 4 Coordinate diagram showing factor loading of minor elements in altered rocks near V. 507

A_2 (Ag, Cu, Pb, Cd, (-Au))

A_3 (Au, Cu)

由这三组关联解释三个主因子 F_1 、 F_2 、 F_3 的地质意义如下:

(1) F_1 的正端反映围岩原有组分, 负端代表以 Ag、Pb 为主的矿化作用。由前述 V. 507 的围岩特点可知, 围岩中铁镁矿物含量较高, 斜长石也远比碱长石多, Mn、Ti、V、Cr 等主要以类质同像赋存于这些造岩矿物中。因此 F_1 说明了围岩原有组分比例越大, 矿化蚀变作用越弱。另一方面, 在不同类型岩石中, Au 倾向于在较基性的岩石中富集^[6]。因此, 围岩中 Cr、Co、Ni 等比例越大(即岩石基性程度越高), Au 含量也越高, 这可解释 Au 较弱地参加了本关联的正端。

(2) F_2 的正端代表了金属矿化的强度, Ag、Cu、Pb、Cd 是矿化蚀变作用带入围岩的组分, 负端较弱地反映 Au 的矿化。如前所述, V. 507 的 Au 矿化和以 Pb 为主的多金属矿化发生于不同的阶段, 因此 F_2 的两端可能分别代表了这两种矿化作用。

(3) F_3 较好地代表了 Au 的矿化作用, 同时也反映了与 Cu 的关系。据单矿物微量元素分析^①, 富 Au 黄铁矿 (Au 72.9ppm) 含 Cu 大于 1000ppm, 而贫 Au 黄铁矿 (Au 2.03ppm) 含 Cu

①北京科技大学地质系, 豫西小秦岭东闯铅金矿床成矿规律与找矿方向研究, 1988。

仅 69ppm。

从因子载荷座标平面图(图 4)也可看出: A 区元素组合代表了围岩原有微量组分; B 区代表了成矿元素组合,但 Ag、Pb、Cu 特别是 Au 比较离散,表明矿化作用较复杂,与成矿多阶段性有关。图 5-b 还显示 Au、Cu、Ag、Pb 的演化特点。

表 6 V. 501 近矿蚀变岩初始因子载荷矩阵
Table 6 Factor loading matrix of altered rocks near V. 501

变量	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	公因子方差
Ag		0.7842	-0.4245			0.8280
Au	-0.3950	0.4620		0.6706		0.167
Cd	0.8802					0.8995
Zn	0.6105				-0.6329	0.9455
Be	0.7099		-0.6432			0.9435
Cu		0.8326				0.9413
Mn	0.7647			0.4474		0.8720
Co	0.7575		0.5528			0.9625
Ni	0.7529	0.4608				0.8692
Cr	0.9132					0.9299
Pb		0.7286	-0.4768			0.8021
Mo	0.8668					0.9388
V	0.8981					0.8860
方差总贡献	5.9662	2.5535	1.6588	0.8597	0.6975	11.7357
累积百分比	45.9%	65.5%	78.3%	84.9%	90.3%	

注:因子载荷绝对值小于 0.30 未列入此表。

综上所述,三个主因子不同程度地与 Au 矿化有一定的关系,它们的主要地质意义解释为: F₁ 反映围岩原岩特征、蚀变强度与铅矿化关系; F₂ 主要反映多金属硫化物矿化作用; F₃ 表示 Au 的矿化作用。

2、V. 501

V. 501 的因子分析的初始因子载荷矩阵(表 6)说明, Au、Ag 等元素已有 80% 以上的信息被揭示出来,其中 Au、Ag 公因子方差分别为 92% 和 83%。因 F₁、F₂、F₃、F₄ 四个主因子的方差贡献已累积达到 85%,故得到四组关联:

- A₁ (Cr、V、Cd、Mo、Mn、Co、Ni、Be、Zn、(-Au));
- A₂ (Cu、Ag、Pb、(Au)、(Ni));
- A₃ (Co、-Be、(-Ag)、(-Pb));
- A₄ (Au、(Mn))。

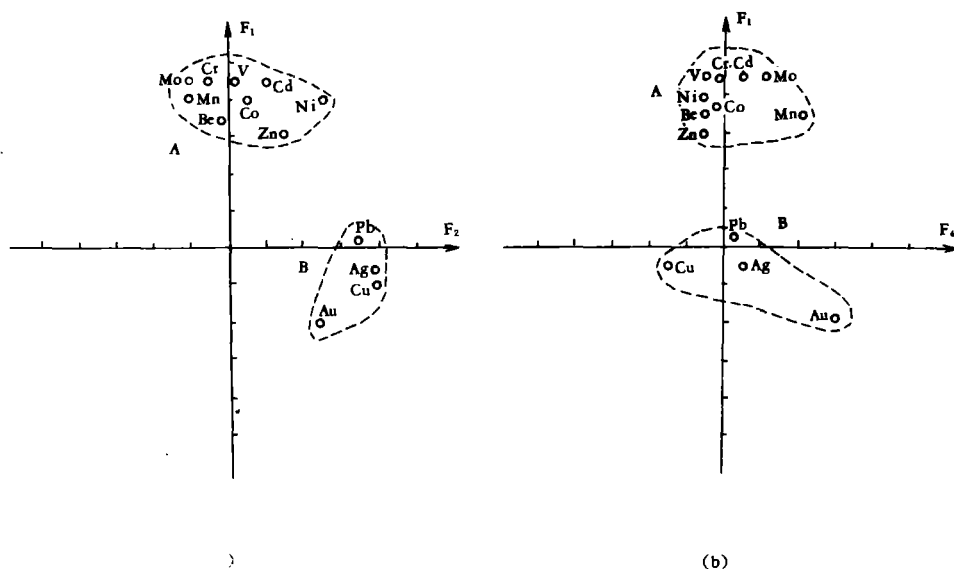


图 5 V. 501 蚀变围岩微量元素 R 型因子分析初始因子载荷坐标平面图

Fig 5 Coordinate diagram showing factor loading of minor elements in altered rocks near V. 501

这些关联代表的主因子地质意义解释如下:

(1) F_1 主要反映围岩原有组分。因 V. 501 与 V. 507 不同, 围岩中铁镁矿物很少, 故 Au 主要由矿化蚀变中带入围岩。因此 F_1 正端围岩原有组分比例大, 蚀变矿化弱, 负端反之。

(2) F_2 代表金属矿化作用。与 V. 507 不同, Au 显示了与 Cu、Ag、Pb 有密切关系, 和聚类分析结果相似。因 V. 501 铅矿化很不发育, 所以 Ag 主要与银金矿有关。Ni 可能与含金黄铁矿有关, Cu 代表黄铜矿。

(3) F_3 主要反映 Au 的矿化作用, 同时也显示 Au 与 Mn 的关系。因 V. 501 围岩的 Mn 含量很低, 故这里 Mn 主要与菱铁矿、铁白云石, 或者与黄铁矿有关。据单矿物微量元素分析, 富 Au 黄铁矿含 Mn 达 232ppm, 而贫金黄铁矿含 Mn 小于 20ppm。

F_3 含义尚不太清楚, 可能与不发育的铅矿化有关。

从因子载荷坐标平面图 (图 5) 可知: A 区元素组合与围岩原有组分有关, B 区代表主成矿元素组合。与 V. 507 比较, B 区范围较小, Au、Ag、Pb、Cu 分布较集中, 可解释为 V. 501 多阶段成矿作用不明显, 矿化较简单。

综上, V. 501 的几个主因子可概括为: F_1 反映围岩原有组分及蚀变强度与 Au 矿化关系; F_2 反映 Au 和其他金属矿化关系; F_3 表示 Au 矿化与 Mn 的关系, F_3 含义尚不明确。

方差极大旋转因子载荷矩阵所揭示的信息与上述结果基本一致,但效果尚不如初始因子理想,故不再作分析。

四、结论

1. 东闯金矿床围岩蚀变类型众多,蚀变分带较明显。由围岩向含矿石英脉方向,Au、Ag和Pb的含量急剧增加。黄铁矿化,绢云母化,硅化普遍发育,是重要的找矿标志。

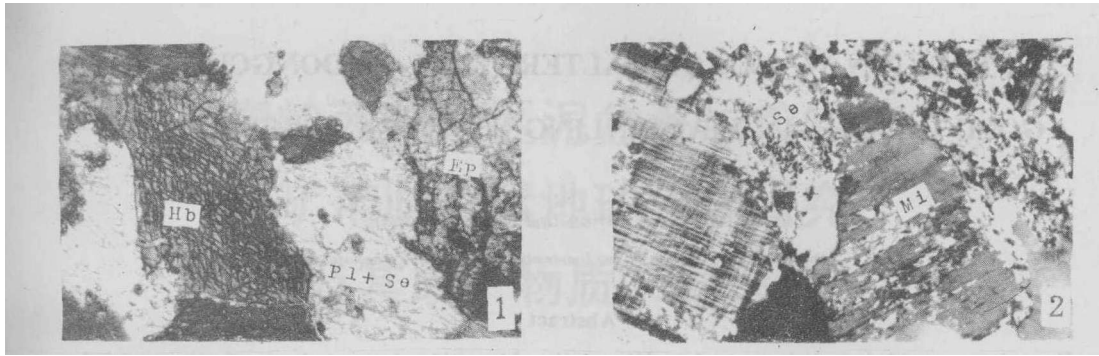
2. 围岩蚀变的温度范围大致为 $210^{\circ}\sim 310^{\circ}\text{C}$,压力范围为570~1900巴,与前人所确定的矿床形成温度和压力大致相当。

3. 聚类分析和R型因子分析结合基础地质资料表明,矿区主脉V.507和V.501除围岩类型及其蚀变作用、矿物共生组合方面有区别外,在成矿作用方面也有较大差别。V.507主要的Au矿化和Ag、Pb等的多金属矿化发生于不同的阶段,Au的矿化作用复杂,而V.501Pb矿化不发育,Ag、Cu、Pb等元素与Au矿化关系密切。

本文有关工作曾到何知礼教授、刘正杲教授和侯景儒副教授指教。野外工作承蒙中国人民武装警察部队黄金九支队祝延修、佟权和仇相国三位高工,四连的苗建华等大力支持,也得到杨振林、杨先光、孙为人和向永生同学的帮助。谨此致谢!

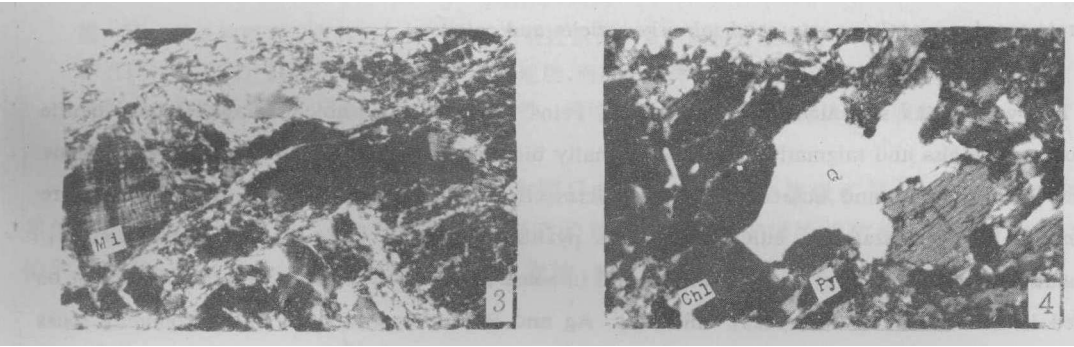
参考文献

- [1] 栾世伟等,小秦岭金矿床地球化学,矿物岩石,(1) 1985
- [2] 武汉地质学院地球化学教研室,《地球化学》,地质出版社,1979
- [3] Takenouchi, S. and Kennedy, G. C., The binary system $\text{H}_2\text{O} - \text{CO}_2$ at high temperatures and pressures, Am. Jour. Sci., V, 262, 1964
- [4] 余金生、李裕伟等,《地质因子分析》地质出版社,1985
- [5] Boyle, R. W., The geochemistry of gold and its deposits, Geological Bulletin 280, Canada, 1971



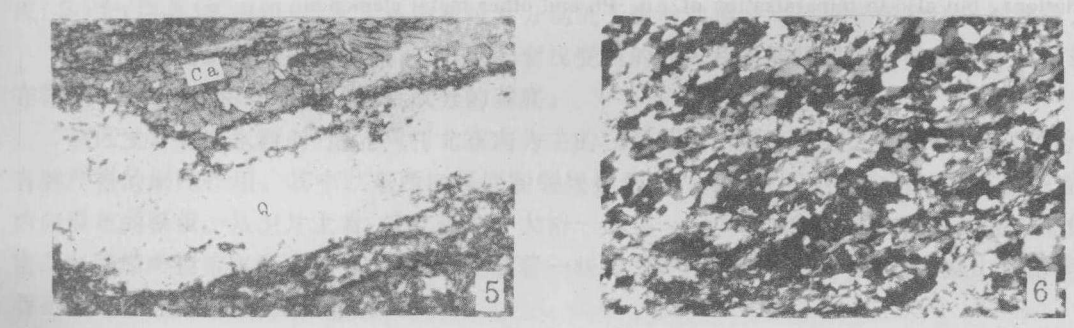
照片1 斜长角闪岩中斜长石的钠黝帘石化和绢云母化(D18-1号样)。
单偏光 40×

照片2 V.502 下盘微斜长石的边缘绢云母化和硅化(22-8号样)。
正交偏光 40×



照片3 V.507 糜棱岩中石英和微斜长石碎斑、碎粉重结晶形成绢云母和细粒石英,并呈脉状交代碎斑(Y-8号样)。正交偏光 40×

照片4 V.502 斜长角闪岩中角内石蚀变为绿泥石、绿帘石,在其边缘形成黄铁矿(3-8号样)。
单偏光 40×



照片5 V.507 构造片岩中的方解石绿泥石(Y-5号样)。
单偏光 40×

照片6 V.501 压碎绢英岩,在压应力作用下,已被切成菱形小块(Y-10号样)。正交偏光 40×

A STUDY ON WALL ROCK ALTERATION AT DONGCHUANG GOLD DEPOSIT IN XIAOQINLING MT. AREA, WEST HENAN

Xu Jiuhua, Ni Wen and Zhao Yanshen

(Department of Geology, Beijing University of Science & Technology)

Abstract

Dongchuang gold deposit is located in Xiaoqinling Mountain Area at the border between Henan and Shanxi province. The gold deposit consists of a series of hydrothermal veins emplaced in the faults striking east to west within the Precambrian metamorphic strata. The main metallic minerals associated with gold are pyrite, electrum, chalcopyrite, galena, sphalerite and native gold. Gangue minerals are dominantly quartz, and minorly sericite and calcite.

The wall rocks surrounding ore — bearing veins are mainly hornblend plagioclase, biotite plagioclase — gneiss and migmatite, and occasionally biotite granite and orthoclase porphyry at some veins. Field geology and observation from microsections showed that wall rock alteration were dominated by sericitization, silicification and pyritization, and chloritization, epidotization, carbonatization and biotitization were also found in some area. Four to five alteration zones can be divided in the different wall rocks, and Au, Ag and Pb concentration in the surrounding rocks decrease with the distance from the veins.

The results of the cluster analysis and the factor analysis indicate that two of the largest ore — bearing veins, V. 507 and V. 501, are different not only in alteration types and mineral associations, but also in mineralization of Au, Pb and other metal elements.