陕西马鞍桥金矿矿物学特征研究

Mineralogical Characteristics of Ma'anqiao Gold Deposit, Shaanxi

王学明[1] 冯建忠[2] 陈远荣[3]

（1 中国地质调查局发展研究中心，北京 100083；2 北京矿产地质研究所，北京 100012；3 桂林矿产地质研究院，广西 桂林 541004）

Wang Xueming[1], Feng Jianzhong[2], Chen Yuanrong[3]

(1 Development & Research Center of China Geological Survey, Beijing 100083, China; 2 Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, Beijing 100012, China; 3 Guilin Reasearch Institute of Geology for Mineral Resources, Guilin 541004, Guangxi, China)

摘 要 陕西马鞍桥金矿为一受韧脆性剪切带控制的变质细碎屑岩型层控金矿床。根据矿脉的交切关系，大致可将马鞍桥金矿分为 3 个成矿阶段：Ⅰ.纯白色顺层的石英-磁黄铁矿-黄铁矿阶段；Ⅱ.韧-脆性剪切主成矿形成的细脉状石英-细粒黄铁矿阶段；Ⅲ.横向节理形成偶有石英充填阶段。从深部到浅部存在着黑云母化+磁黄铁矿化→黄铁矿化+硅化+绢云母化→高岭土化+绿泥石化+碳酸盐化的矿物分带。根据石英薄片红外光谱研究和矿床有关地质特征可以推测，香沟、大涯沟、正南沟矿段深部有一定找矿前景；河西矿段的深部矿化空间不大。

关键词 金矿床 矿物学 石英薄片红外光谱 陕西马鞍桥

1 马鞍桥金矿的一般特征

马鞍桥金矿位于陕西周至县沙梁子（乡）地区，构造区划属礼县—柞水华力西褶皱带东段。区域性商丹断裂通过该区沙梁子—双庙子一线。金矿赋存于泥盆系罗汉寺岩群 a 岩段顶部，矿区范围内自下而上（由北向南）可划分为 3 套岩性组合。下部为灰绿色斑点状黑云绢云千枚岩、黑云石英千枚岩夹变质粉砂岩，其顶部断续分布厚层状白色大理岩层或透镜体，厚度大于 500 m；中部为紫灰色黑云绢云千枚岩、斜长黑云千枚岩、钙质绢云千枚岩夹不纯大理岩透镜体，厚度 80~100 m；上部为灰色含碳绢云千枚岩，大部分已被改造为碳质构造片岩，分布不连续，厚 2~44 m。与上覆下石炭统二峪河组变质石英粗砂岩或绢云千枚岩呈断层（F_1）接触(李瑞生，1997)。

中部岩性组合是马鞍桥金矿的主要赋矿层位，受韧性剪切带控制的金矿化带主要发育在中部岩性组合中。下部岩性层至今未发现工业矿体，顶部的碳质构造片岩中局部有矿体产出。金矿化对岩性具有一定的选择性，主要矿体分布于蚀变的黑云千枚（糜）岩中，其次为碳质构造片岩和不纯大理岩，而变砂岩中未见矿体产出。

矿区总体为一向南中等倾斜的单斜构造。矿区控制金矿化带及矿体产出的为一颇具规模的韧脆性剪切带，该带发育于罗汉寺岩群 a 岩段顶部，出露宽度 120~240 m，东西延长达 20 km 以上。

与金成矿有关的香沟花岗闪长斑岩小岩体，侵入于中矿段矿化带南侧 200~300 m 处下石炭统二峪河组中，平面上呈东西延长的椭圆状。

矿床从西到东可分为河西、香沟、大崖沟矿段，正南沟仅有地表探槽控制。

金的矿化表现为微细浸染型矿化。矿石即为破碎蚀变岩、蚀变千枚岩和蚀变碳质（石英）片岩，其中有少许含 Au 石英细脉、网脉分布。金属矿物主要为黄铁矿、磁黄铁矿，其次为毒砂，见少量的方铅矿、

第一作者简介 王学明，男，1961 年生，硕士，高级工程师，主要从事矿床地质及矿物学的研究工作。

闪锌矿、黄铜矿、辉锑矿和自然金等。非金属矿物主要为石英、绢云母、铁白云石、黑云母，其次有方解石、钠长石、菱铁矿、绿泥石、高岭石、白云母、透闪石等。

2 成矿期次的划分

通过井下及地表的实地考察，根据矿脉的交切关系，笔者大致将马鞍桥金矿分为 3 个成矿阶段：Ⅰ.纯白色顺层的石英-磁黄铁矿-黄铁矿阶段；Ⅱ.韧-脆性剪切主成矿形成的细脉状石英-细粒黄铁矿阶段；Ⅲ.横向节理形成偶有石英充填阶段。至于晚期石英方解石脉阶段与矿化关系不大，在此不再划分。

3 矿物的空间分布规律

通过对马鞍桥金矿各矿段的实地及有关矿石光薄片的观察可知：河西的 V_2 和 V_5 颜色较深、蚀变较弱，矿体的规模也较小，而香沟、大崖沟的 V_{18}、V_{19}、V_{20} 等则颜色较浅，糜棱岩化、硅化、黄铁矿化相对较强，矿体的规模也较大。究其原因①从标高来看,河西偏向于较深部位，香沟、大崖沟则相对较浅，深部形成的温度较高，表现为黑云母化较发育，磁黄铁矿较多；②从矿化阶段来看，河西以Ⅰ阶段矿化为主，故可见到较多的早期团块状、透镜状、香肠状石英，而韧性剪切作用相对较弱。而香沟、大崖沟则以韧-脆性剪切石英细脉（Ⅱ阶段形成）为主。早期石英不发育，故香沟、大崖沟矿化富集较好；③从赋矿地层来看，河西的矿化夹于厚度较小的黑云绢云千枚岩之中，而香沟、大崖沟则分布于较厚的黑云绢云千枚岩之中，显然，赋矿千枚岩的厚度大有利于形成较大矿体。通过观察，还可以发现：从深部到浅部存在着黑云母化+磁黄铁矿化→黄铁矿化+硅化+绢云母化→高岭土化+绿泥石化+碳酸盐化的矿物分带。

从本次光片的观察可知：河西矿段中的金属矿物基本为磁黄铁矿。香沟矿段的 1195 m、1150 m 中段的 52 线附近约有 90%以上的金属矿物为磁黄铁矿，以此为中心往东西及上部磁黄铁矿渐少。假定香沟矿段与河西矿段原先在同一水平面上，以上述特征与河西矿段对比，则香沟矿段从 1150 m 中段再往下推 50 m 应尚有一定的找矿空间。大崖沟矿段的 1400 m 中段 88-1 线一带的磁黄铁矿约为 90%左右，以此往上往西则磁黄铁矿逐渐减少而黄铁矿逐渐增加。这与河西矿段相比，往下延伸 70~80 m 应是可能的，往西也有一定的找矿前景。

4 石英的薄片红外光谱研究

众所周知，石英中总存在大量的气液包裹体，其中以水（不同盐度的水，水中及石英晶体中的缺陷羟基 OH^-）为主，常常含 CO_2，有时甚至有有机成分。从理论上讲，含矿与不含矿的溶液成分应有所不同，这种差别可以在含包体石英薄片的红外光谱中得到反映。就目前所获得的资料来看，主要利用包裹体中的水（及 OH^-）、CO_2 以及石英本身（即以石英为内标）的特征谱带，在 3350~2100 cm^{-1} 范围的红外光吸收强度（光密度）来研究石英的含金性。这些谱带的波数范围是 H_2O 及（OH^-）3380~3450 cm^{-1}，光密度为 D_1；CO_2 为 2340~2350 cm^{-1}，光密度为 D_2；石英为 2230~2240 cm^{-1}，光密度为 D_0。不同的石英，其实测各成分的吸收带的波数位置略有不同。由于吸收强度与样品浓度有关，即石英薄片越厚，包体就越多，相应的谱带吸收也就加强，目前无法制得厚度完全相同的薄片，故为了消除厚度差别的影响，现均采用相对光密度值，即 D_1/D_0、D_2/D_0 及 D_2/D_1（王学明，1990））。前苏联学者谢尔❶通过大量的研究后认为：D_1/D_0 小于 0.5 的石英不含金,它是由熔融体或气流体结晶而成的；D_1/D_0 为 0.5~1.0 的石英是从热水溶液中结晶而成的,或者是由于热液阶段的矿化作用叠加在较早期产物上形成的，它们通常不含金或含金很少；D_1/D_0 大于 1 的石英是由热水溶液结晶而成的，对于热液石英来说,随着 D_2/D_0 的强度增大,含金性也有规律地增加。

本次用 IFS25 型傅利叶变换红外谱仪对 37 件石英薄片样品进行了红外光谱测试，结果见表 1。从表 1

❶吴传壁译. 1981. 石英含金性的评价方法. 地质科技动态, (17).

中可以看出：①除样 8835-8 的 D_1/D_0 为 0.925（其含 Au 为 5.49541×10^{-6},可能是样品中具有较多绢云母杂质所致)接近 1 以外，其余 36 件样品 H_2O 的相对光密度值 D_1/D_0 为 1.103~9.535，均大于 1，这一情况比照上述谢尔的研究结果可知，马鞍桥金矿中的石英主要是由热水溶液结晶而成的，且含金性较好。②正南沟地表探槽中所采样品含金虽较低，为 0.00685×10^{-6}~0.57544×10^{-6},平均 0.09512×10^{-6}，比香沟的（含金为 0.04467×10^{-6}~10×10^{-6}，平均为 1.7298×10^{-6}）和大崖沟的（含金为 0.01158×10^{-6}~4.49541×10^{-6}，平均为 1.11631×10^{-6}）要低，但其石英中 CO_2 的相对光密度值 D_2/D_0 为 0.698~1.898，平均 1.064，同香沟石英中 CO_2 的相对光密度值 D_2/D_0 0.190~3.159，平均 0.987 和大崖沟石英中 CO_2 的相对光密度值 D_2/D_0 0.219~0.857, 平均 0.527 相比,要大一些。这表明，正南沟地表样品金偏低可能与金的部分流失有关，而残留的石英其红外光谱特征恰恰能反映原生矿化的特点，又香沟、大崖沟石英薄片红外光谱中 CO_2 的相对光密度值 D_2/D_0 与其含金量成密切的正相关关系。因此，正南沟的深部应有较好的金矿化。

表 **1**　马鞍桥金矿石英薄片红外光谱参数

矿段及样号	D_1/D_0	D_2/D_0	D_2/D_1	$w_{Au}/10^{-6}$	矿段及样号	D_1/D_0	D_2/D_0	D_2/D_1	$w_{Au}/10^{-6}$
大　崖　沟					8693-4	2.240	0.462	0.206	1.99984
8835-8	0.925	0.857	0.926	5.49541	正　南　沟				
8835-9	2.503	0.247	0.099	0.25410	TC128-12	3.499	1.898	0.542	0.00685
6435Y-1	1.820	0.410	0.225	0.61000	TC128-16	1.366	1.528	1.119	0.01443
6435Y-2	1.420	0.434	0.306	0.97000	TC132-7	2.004	0.743	0.371	0.57544
6435Y-3	1.923	0.380	0.198	1.68000	TC112-4	2.109	0.709	0.336	0.01799
6435Y-4	1.657	0.626	0.378	0.76000	TC112-7	1.979	0.709	0.358	0.03126
6435Y-5	1.421	0.841	0.592	0.80000	TC124-62	5.155	1.856	0.360	0.00701
K19E-1	4.258	0.833	0.196	3.58922	TC112-3	1.684	1.081	0.642	0.07413
8600-2	2.136	0.599	0.280	0.19498	TC116-5	1.269	0.698	0.550	0.03388
8600-4	1.493	0.219	0.147	2.43781	香　沟				
8600-5	7.661	0.475	0.062	0.91201	5295-6	1.857	0.497	0.268	2.05000
88-00-4	2.921	0.315	0.108	1.01158	7870-2	2.016	0.350	0.174	0.50699
96-57-3	3.687	0.429	0.116	0.05781	7870-3	3.142	0.895	0.285	5.62341
9657-4	3.463	0.226	0.065	0.60000	7870-4	1.103	0.651	0.590	0.19953
YM72-1	3.090	0.782	0.253	0.58884	58-95-9	4.510	3.159	0.700	10.0000
8665-4	8.746	0.622	0.071	0.15665	58-95-10	3.913	2.299	0.588	0.60000
8665-5	1.351	0.726	0.537	0.05012	78-70-1	3.226	0.190	0.059	0.04467
8665-6	1.328	0.501	0.377	0.01000	78-70-2	9.535	0.413	0.043	0.50699
1430Y-14	3.186	0.986	0.309	0.14791	7670-2	2.084	0.430	0.206	1.66000

注：由红外参数由中国地质科学院矿床所红外光谱室郭立鹤测定;金品位由桂林矿产地质研究院测试中心分析。

5　成矿预测

通过上述研究 ，可以得出如下结论：

（1）根据矿物分布规律，初步认为：香沟矿段从 1150 m 中段往下延伸 50 m，大崖沟矿段从 1400 m 中段往下延伸 70~80 m 应是可能的。

（2）根据石英薄片红外光谱的测定，结合香沟、大崖沟光密度值与石英金含量之间的相关关系，可以推断：正南沟的下部应有较好的找矿前景。

（3）河西矿段深部的矿化空间不大。

参　考　文　献

李瑞生. 1997. 陕西周至马鞍桥金矿床地质特征及成因分析. 陕西地质, 15(2): 31~38.

王学明, 等. 1990. 湘西金矿石英薄片红外谱学研究. 矿产与勘查, (2).