

川西北微细浸染型金矿床石英脉及其特征

王可勇¹ 姚书振² 张保民² 张晓军²

(1. 长春科技大学地球科学学院, 长春 130061; 2. 中国地质大学资源学院, 武汉 430074)

摘要: 川西北地区是我国主要的微细浸染型金矿化集中区之一, 产有马脑壳等 20 余处重要金矿床(点)。研究表明, 区内此类金矿床范围内常发育多种类型的石英脉体, 其中黄铁矿—毒砂—石英脉、石英—辉锑矿脉及石英—雄(雌)黄脉与金矿化关系密切, 是主要金矿化阶段产物, 它们在空间上多分布于矿化带范围, 其发育程度在一定意义上指示金矿化作用的强度, 因而构成区内该类金矿床找矿评价的重要宏观标志。流体包裹体研究表明, 上述类型的石英脉主要形成于温度为 170~210 °C 及盐度 $w(\text{NaCl})$ 为 4%~11% 的热液条件下, 其热液气相成分中 $w(\text{CO}_2)/w(\text{H}_2\text{O})$ 比值一般变化于 0.240~0.491, 石英红外吸收光谱相对光密度 $D(\text{H}_2\text{O})/D(\text{CO}_2)$ 值一般小于 8.0, 与其他类型石英脉具明显区别, 因而上述参数值构成了该区金矿床找矿评价的重要石英脉微观标志。

关键词: 石英脉; 找矿评价标志; 微细浸染型金矿床; 川西北地区。

中图分类号: P612; P618.51

文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2001)02-0118-05

作者简介: 王可勇, 男, 副教授, 1965 年生, 1999 年毕业于中国地质大学资源学院, 获博士学位, 现从事金矿床地质、流体包裹体等方面的研究工作。

近年来, 我们在对川西北地区微细浸染型金矿床研究过程中, 发现矿区范围内均发育多种类型的石英脉体, 其中有些类型的石英脉主要集中发育于矿体部位, 与金的工业富集有直接关系。因此, 该类石英脉的宏微观特点就构成了此类金矿床找矿评价的重要标志。现仅以马脑壳金矿床研究为例, 对此加以讨论。

1 矿床地质特征

马脑壳金矿床地处巴颜喀拉印支冒地槽褶皱系北东部、阿坝地块东侧^[1](图 1)。马脑壳金矿化带主要产于扎尕山组板岩层内发育的顺层劈理构造破碎带内, 其总体走向北西 $310^\circ\sim 320^\circ$, 倾向北东, 倾角 $30^\circ\sim 60^\circ$, 已控制含矿段长度为 4 km。矿体多为顺层展布, 长度一般 80~1 100 m, 矿石品位为 $(1.60\sim 9.64)\times 10^{-6}$ 。主要矿石矿物有黄铁矿、毒砂、辉锑矿及少量雄(雌)黄等, 它们多呈细粒浸染状

分布, 或与石英组成不同类型的脉体产出, 脉石矿物则以石英、方解石等为主。与金矿化有关的热液蚀变类型主要有硅化、绢云母化、黄铁矿化、毒砂化及碳酸盐化等。

2 石英脉类型及其产状和分布

矿区内共发育五种类型的石英脉体, 依矿物共生组合及由其穿插关系所确定的先后顺序分别为:

I. 石英—团块方解石脉; II. 黄铁矿—毒砂—石英脉; III. 石英—(白钨矿)—辉锑矿脉; IV. 石英—雄(雌)黄脉; V. 石英—方解石脉等。其中 I 类石英—团块方解石脉主要由粗粒石英及团块状分布的方解石等组成, 它们的产出具明显的区域性质, 并主要沿板岩层内劈理面发育, 长度一般几十 m, 受构造递进变形作用影响, 该类脉体多发生扭曲及揉皱现象。氢、氧同位素研究表明, 形成该类脉体的热液主要来自变质流体及地层建造水^[2], 故其形成主要为区域地层浅变质作用过程中的产物; II, III, IV 类主要分布于矿化带范围内, 其中 II, III 类石英脉较发育, 而 IV 类石英脉仅局部可见。II 类石英脉规模较小, 一般

表 1 主要矿物含金量测试分析结果

Table 1 Gold-content tested results of main minerals

石英 $w(\text{Au})^*/10^{-9}$				$w(\text{Au})^{**}/\%$			
I 类	II 类	III 类	V 类	II 黄铁矿	III 辉锑矿	II 毒砂	IV 雄黄
11	289	>300	21	0.021~0.223	0.07~0.29	0.049~1.552	0.02~0.17

*. 国土资源部武汉岩矿测试中心化学分析; **. 中国地质大学(武汉)测试中心电子探针室分析; I—V 代表石英脉类型.

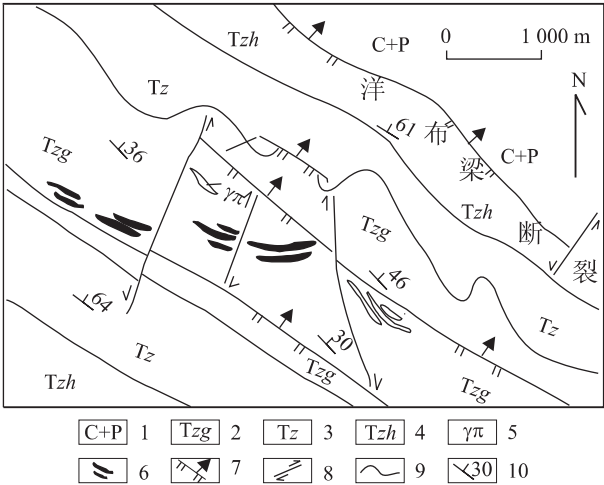


图 1 马脑壳金矿床地质—构造略图

Fig. 1 Geological-structural outline of Ma'naoke gold deposit

1. 石炭—二叠系; 2. 扎杂山组; 3. 杂谷脑组; 4. 侏倭组; 5. 花岗斑岩脉; 6. 矿体; 7. 压—(扭)性断层; 8. 剪切断层; 9. 地质界线; 10. 地层产状

仅几十 cm, 主要由石英、细粒浸染状黄铁矿及毒砂等组成, 多产于板岩劈理面揉皱变形转折端部位; III 类石英脉规模相对较大, 长度一般几十 m 至几百 m, 厚度十几 cm 至几十 cm, 由石英、块状粗粒辉锑矿及不均匀分布的团块状白钨矿组成, 其产出受切割板岩劈理面的次级脆性构造裂隙控制; V 类石英脉分布于矿化带内及其附近, 长度一般几 cm 至几十 cm, 其组成以方解石为主, 含一定量的石英, 其产状杂乱, 受各种微细裂隙控制。氢、氧同位素研究表明, 形成 II、III 及 IV 类石英脉的热液主要来自变质流体、地层建造水及大气降水等混合物, 而形成 V 类石英脉的热液则主要为大气降水^[2]。

3 矿物含金性特点及其地质意义

通过化学及电子探针分析方法分别测定了各类石英脉矿物石英及硫化物矿物的含金量, 结果(表 1)表明, 硫化物含金性明显好于石英, 为金的主要载体矿物。综合各类石英脉发育程度、分布特征及石英

和硫化物含金量特点, 并结合流体包裹体氢、氧同位素组成分析, 不难得出如下结论: (1) I 类石英脉为成矿前产物, 代表了早期区域地层变形变质过程中的热液活动, 伴随这一热液活动事件曾有一期区域性金初步富集作用过程; (2) II、III 及 IV 类石英脉为含矿流体系统金矿化作用的产物, 它们的发育多局限于控矿断裂带范围; (3) V 类石英脉则代表了含矿流体系统消亡而代之以大气降水为主的热液活动, 为成矿后期产物。因此, II、III 及 IV 类石英脉, 特别是常见的 II 类黄铁矿—毒砂—石英脉的发育程度在一定程度上反映了金矿化作用的强弱, 它们对该类金矿床的区域勘查找矿工作起了一定的宏观指示标志作用。

4 石英流体包裹体研究及找矿标志

4.1 流体包裹体特点及其温度盐度参数

各类石英中均发育大量的原生流体包裹体, 其中 I、II、IV 及 V 类石英中流体包裹体均以液相包裹体为主, 同时含少量的纯液相及含有机质包裹体; 而 III 类石英内除发育液相包裹体及少量的纯液相和含有机质包裹体外, 尚发育较多的含 CO₂ 三相及富 CO₂ 相包裹体。上述各种类型的包裹体在石英颗粒内均随机分布, 常成群产出, 其大小一般 5~15 μm; 形态一般较为规则, 多为椭圆状、长条形、菱形及四边形等。故对上述类型流体包裹体研究可以揭示区内成矿流体的地球化学特征与性质。

除 IV 类石英中流体包裹体较小, 不适合测温研究外, 对其他四类石英中发育的液相及含 CO₂ 三相包裹体分别进行了冷冻和均一法测温研究, 结果表明, 形成各类石英脉的热液流体其温度、盐度值有明显差异。在均一温度—盐度关系图上(图 2), 各类石英分布具有一定范围, 其中 I 类石英的热液温度为 200~260 ℃, 盐度 $w(\text{NaCl})$ 为 6%~10%; II、III 类石英的热液温度为 170~210 ℃, 盐度为 4%~11%; V 类石英的热液温度为 110~170 ℃, 盐度为 0.5%~6%。由于 II、III 类石英形成于主矿化阶段,

表 2 流体包裹体气相成分分析结果

Table 2 Analytical results of gaseous phase of fluid inclusions

石英脉类型	样号	矿物	$w_B/10^{-6}$					$w(\text{CO}_2)/w(\text{H}_2\text{O})$
			H_2O	CO_2	CO	CH_4	H_2	
I	MPD ₃ W-4	方解石	780.70	180.81	0.56	0.70	0.08	0.232
	7079	方解石	702.50	100.81	0.44	0.45	0.06	0.144
II	MIID-8-2	石英	1 200.50	305.68	0.35	0.10	0.12	0.255
	LZ-1	石英	920.30	312.42	0.40	1.22	0.14	0.339
	LX-PD	石英	1 120.90	352.62	0.55	8.12	0.10	0.315
III	MMC-1	石英	950.80	228.40	0.25	0.05	0.10	0.240
	MMC-3	石英	1 050.00	515.25	0.50	0.15	0.08	0.491
	MPD ₅	石英	1 000.60	381.75	1.45	3.57	0.11	0.382
	MID-14-4	石英	860.60	285.86	1.25	5.25	0.12	0.332
V	MID-14-5	方解石	670.10	125.33	0.25	0.55	0.06	0.187
	LZ-2	方解石	600.30	120.00	0.30	0.37	0.07	0.199

国土资源部宜昌地矿所矿产研究室测试.

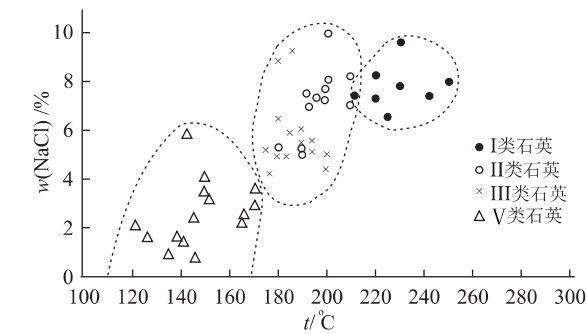


图 2 流体包裹体均一温度—盐度关系

Fig. 2 Relationship between homogenization temperature and salinity of fluid inclusions

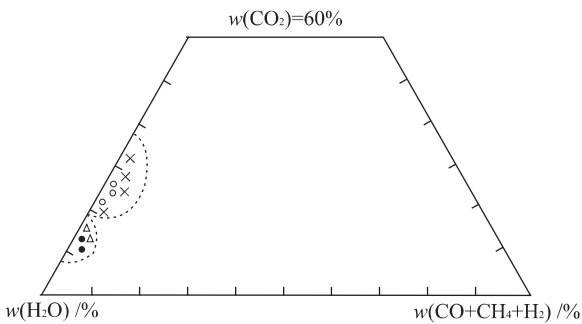


图 3 流体包裹体气相组分 $w(\text{H}_2\text{O})-w(\text{CO}_2)-w(\text{CO}+\text{CH}_4+\text{H}_2)$ 三角图解(图例同图 2)

Fig. 3 Triangle diagram of gaseous $w(\text{H}_2\text{O})-w(\text{CO}_2)-w(\text{CO}+\text{CH}_4+\text{H}_2)$ compositions of fluid inclusions

其热液温度、盐度范围介于 I 和 V 类石英之间,表明金的沉淀受一定的热液物化条件制约,故石英流体包裹体的温度、盐度参数对于金矿化有一定的指示意义,可用来作为找矿评价的热液物化条件标志.

4.2 流体包裹体的气相成分

采用流体包裹体群体成分分析方法研究了形成不同类石英脉热液流体的气相组成(表 2),结果显示,该区金成矿热液中气相成分均以 H_2O 为主,含一定量的 CO_2 及少量的 CO , CH_4 , H_2 等,其中 I, V 类石英脉的热液流体气相组分中 H_2O 质量分数相对较高, CO_2 质量分数相对较低,而 II, III 类石英脉其热液流体气相组分中 H_2O 质量分数相对较低, CO_2 质量分数相对较高(图 3). 因此,该区主要矿化阶段热液以相对富含 CO_2 为特点,而成矿前及晚期 CO_2 质量分数较低,其 $w(\text{CO}_2)/w(\text{H}_2\text{O})$ 比值为 0.144~0.232. 这一特点暗示了金成矿作用与热液中 CO_2 质量分数有一定关系. 其原因可能在于,热液中 CO_2 质量分数的增高将导致流体相分离作用

的发生,其结果分离出盐水溶液及富 CO_2 相两种流体. CO_2 及大量溶于其中的 H_2S 等气相组分的分离逸失,将引起热液体系 pH 值增加, $f(\text{S}_2)$ 大幅降低,造成热液中 AuS^{-1} 、 $\text{Au}(\text{HS})_2^{-}$ 等主要含金络合物分解而使金大量沉淀成矿. 本区金矿床研究已证明了成矿过程中流体相分离作用的存在^[2],而且大量研究已表明它是热液中金沉淀成矿作用的一种主要机制^[3~6]. 因此,流体包裹体气相成分,特别是 $w(\text{CO}_2)/w(\text{H}_2\text{O})$ 比值可作为该区金矿床找矿评价的热液成分标志参数.

5 石英红外吸收光谱研究及找矿标志

对本区各类石英脉矿物石英开展了系统的红外吸收光谱分析,结果表明,各类石英均发育有 5 个特征的吸收谱带(图 4),分别为:(1)3 400 cm^{-1} 位置处的分子水振动吸收谱带,反映的是石英中流体包裹

表 3 石英的红外吸收光谱特征参数统计结果

Table 3 Statistic results of characteristic parameters of infrared absorption spectrum of quartz

类型	样号	$D(\text{H}_2\text{O})$	$D(\text{CO}_2)$	$D(\text{SiO}_2)$	$D(\text{H}_2\text{O})/D(\text{SiO}_2)$	$D(\text{CO}_2)/D(\text{SiO}_2)$	$D(\text{H}_2\text{O})/D(\text{CO}_2)$
I	LX-4-1	0.29	0.03	0.02	14.50	1.50	9.7
	LX-4-2	0.21	0.021	0.03	7.00	0.70	10.0
II	LZ-3	0.51	0.07	0.04	12.75	1.75	7.3
	MIID-8-2	0.30	0.07	0.03	10.00	2.33	4.3
	LE-1	0.28	0.09	0.04	7.00	2.25	3.1
	MPD ₅ W-1	0.25	0.06	0.02	12.50	3.00	4.2
	MPD ₅ W-2	0.20	0.10	0.04	5.00	2.5	2.0
	MPD ₅ W-31	0.54	0.07	0.07	7.71	1.00	7.7
	MPD ₅ W-32	0.38	0.06	0.05	7.60	1.20	6.3
III	W11	0.78	0.11	0.08	9.75	1.38	7.1
	MMC-3	0.32	0.04	0.04	8.00	1.00	8.0
	MPD ₅	0.51	0.11	0.06	8.50	1.83	4.6
V	LZ-PD-IV	0.65	0.04	0.05	12.80	0.80	16.0
	LZ-PD-I	0.65	0.05	0.07	10.47	0.72	14.5

中国地质大学(武汉)测试中心红外光谱室分析. D 为光密度值.

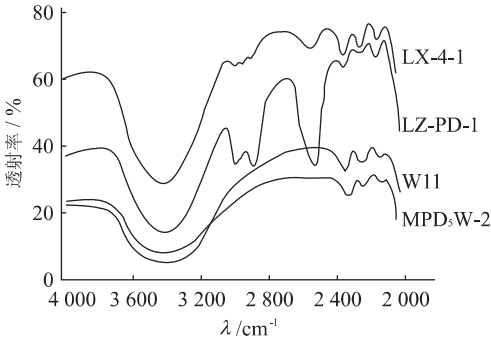


图 4 石英的红外吸收光谱

Fig. 4 Infrared absorption spectrum map of quartz
LX-4-1. I 类石英;MPD₅W-2. II 类石英;W11. III 类石英;
LZ-PD-I. V 类石英

体之 H_2O 成分;(2) $2\,800\sim3\,000\text{ cm}^{-1}$ 位置处的一 CH_3 官能团振动吸收谱带,代表的是石英流体包裹体内存在的有机物质,如 CH_4 等;(3) $2\,500\text{ cm}^{-1}$ 处的碳酸盐类矿物振动吸收谱带,系矿物石英中存在碳酸盐类杂质如方解石等引起;(4) $2\,300\sim2\,400\text{ cm}^{-1}$ 位置处的 CO_2 分子振动吸收谱带,反映的是石英内流体包裹体中 CO_2 成分;(5) $2\,130\sim2\,230\text{ cm}^{-1}$ 位置处的石英晶体固有振动吸收谱带,它在所有石英样品中均发育.

本区四类石英的红外吸收光谱图谱在 H_2O 、 CO_2 吸收谱带形态上存在一定差异,表现为: I, V 类石英其 H_2O 吸收峰相对尖锐,呈明显的“V”字型,而 CO_2 吸收谱带则相对较弱; II, III 类石英则与此相反,它们的 H_2O 吸收峰明显平缓开阔, CO_2 吸收峰则相对较强.

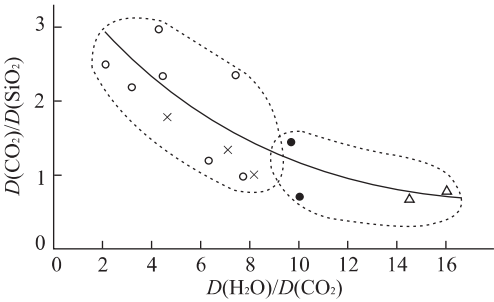


图 5 石英的红外吸收光谱参数 $D(\text{CO}_2)/D(\text{SiO}_2)$ — $D(\text{H}_2\text{O})/D(\text{CO}_2)$ 关系图解(图例同图 2)

Fig. 5 Relationship diagram between $D(\text{CO}_2)/D(\text{SiO}_2)$ and $D(\text{H}_2\text{O})/D(\text{CO}_2)$ of infrared absorption spectrum of quartz

石英的红外吸收光谱 H_2O 、 CO_2 光密度值(表 3)是其内流体包裹体 H_2O 、 CO_2 成分相对含量的定性反映^[7]. 在图 5 上, II, III, I 及 IV 类石英的分布构成一条明显的递降曲线,并以 $D(\text{H}_2\text{O})/D(\text{CO}_2)$ 等于 9.0 为界明显将其分为两群, II, III 类石英位于图左侧,其 $D(\text{H}_2\text{O})/D(\text{CO}_2)$ 值均小于 9.0;而 I, V 类石英位于图右侧,其 $D(\text{H}_2\text{O})/D(\text{CO}_2)$ 值明显大于 9.0.

因此,石英的红外吸收光谱参数 $D(\text{H}_2\text{O})/D(\text{CO}_2)$ 能用于区分不同类石英脉,进而对找矿评价工作有重要的指示标志意义.

6 结论

(1)黄铁矿—毒砂—石英脉、石英—辉锑矿脉及石英—雄(雌)黄脉一般为主矿化阶段热液产物,它

们在空间上多分布于矿化带范围,其发育程度在一定意义上反映了金矿化作用的强度,故可作为该地区此类金矿床找矿评价的重要宏观标志;(2)与早期石英—团块方解石脉及晚期石英—方解石等无石英英脉相比,上述类型石英脉在其形成温度、热液盐度、热液气相成分及石英红外吸收光谱参数如 H_2O 、 CO_2 光密度及 $D(H_2O)/D(CO_2)$ 相对光密度值等方面均存在明显差异,表现在其形成温度一般为 $170\sim 210\text{ }^{\circ}\text{C}$,热液盐度为 $4\%\sim 11\%$;热液气相相对富含 CO_2 ,其 $w(CO_2)/w(H_2O)$ 值介于 $0.240\sim 0.491$ 之间;石英红外吸收光谱参数 $D(CO_2)/D(H_2O)$ 小于 9.0 等;因此,上述参数值可作为此区该类金矿床找矿评价的石英脉微观标志。

参考文献:

[1] 郑明华,周渝峰,刘建明,等. 喷流型与浊流型层控金矿

床[M]. 成都:四川科学技术出版社,1994. 1~255.
[2] 王可勇. 川西北马脑壳金矿床构造—流体系统演化与矿床形成机制研究[D]. 武汉:中国地质大学,1999. 66~80.
[3] Drummond S E, Ohmoto H. Chemical evolution and mineral deposition in boiling hydrothermal systems[J]. Econ Geol, 1985, 80: 126~147.
[4] 徐启东,钟增球,索书田,等. 桐柏—大别地区中温热液金矿床成矿流体性质与沉淀机理[J]. 矿床地质,1995, 14(1): 59~71.
[5] 卢焕章. 从包裹体研究探索太古代一些金矿的成矿机理[J]. 矿物学报,1991, 11: 289~297.
[6] 张文淮,陈紫英. 流体包裹体地质学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1993. 174~240.
[7] 闻轲. 矿物红外光谱学[M]. 重庆:重庆大学出版社,1988. 45~54.

QUARTZ VEINS AND THEIR FEATURES OF MICRO-GRAIN TYPE DISSEMINATED GOLD DEPOSITS IN NORTH-WESTERN SICHUAN PROVINCE

Wang Keyong¹ Yao Shuzhen² Zhang Baomin² Zhang Xiaojun²

(1. College of Earth Sciences, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130061, China; 2. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: The north-western Sichuan Province, one of the main micro-grain disseminated gold met-allogenic zone in China, possesses about twenty important gold deposits (or occurrences) such as Ma'naoke etc. Studies show that several kinds of quartz veins are often developed in the mining districts in this region, among which pyrite-arsenopyrite-quartz, quartz-stibnite as well as quartz-realgar (orpi-ment) veins are intimately related with gold mineralization and their spatial distribution is mainly con-strained in the gold mineralization belts. While the development degree of these three kinds of quartz veins can indicate gold mineralization intensity to some extent, so they are important macroscopic marks for exploration and evaluation of this type of gold deposits in the region. Studies on fluid inclusions show that these kinds of quartz veins formed in a hydrothermal condition with temperature range from $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $210\text{ }^{\circ}\text{C}$ and salinity of fluids range from 4% to 11% , the $w(CO_2)/w(H_2O)$ value of the gaseous com-positions of fluid inclusions is between 0.240 and 0.491 in general, and the relatively light density values of quartz are usually lower than 8.0 . All these are obviously different from other kinds of quartz veins, so these parameters of quartz form the important microscopic marks for exploration and evaluation of gold deposits in the region.

Key words: quartz vein; exploration and evaluation mark; micro-grain type disseminated gold deposit; north-western Sichuan Province.