

刺猬沟金矿石英包体成矿溶液电导度和红外光谱找矿标型

武子玉¹, 吴国学², 刘斌³, 周永昶¹

(1. 吉林大学 地球探测科学与技术学院, 吉林 长春 130026 2. 吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130026 3. 国土资源部沈阳地质矿产研究所, 辽宁 沈阳 110032)

摘 要: 石英是刺猬沟金矿重要的脉石矿物, 也是金的主要载体。借助于成矿溶液电导度和红外光谱方法对刺猬沟金矿石英进行了分析, 结果表明, 成矿溶液电导度和红外光谱测定的 D_{CO_2} 与石英中金含量呈正相关关系, 成矿溶液电导度大于 $35.7 \mu\text{S}$, D_{CO_2} 大于 0.2 矿化好。这对该找矿和矿床评价具有指导意义。

关键词: 电导度 红外光谱 找矿矿物学

中图分类号: P574.1+9

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2004)06-0546-03

刺猬沟金矿位于吉林省延边地区汪清县境内, 产在中生代火山盆地内部的破火山机构及有关的断裂系统中, 是延边地区低温火山热液石英脉型金矿的代表性矿床。在矿区外围及区域成矿带上分布有干河沟、苍林、金沟岭等一批石英脉型金矿及矿化点, 刺猬沟金矿石英的含矿性研究对陆相火山岩区寻找低温石英方解石脉金矿具有理论和实际意义。作者在刺猬沟金矿 I-1、I-3(包括地表、380、300、260、100 m 中段)、II-1 矿脉(地表、540 m 中段)和干河沟、苍林、金沟岭金矿点采集了石英样品, 利用成矿溶液电导度和红外光谱方法测定石英含矿性, 提供矿区及外围找矿信息。

1 矿床地质概述

刺猬沟金矿床矿化类型为少硫化物石英—方解石脉型。含金石英—方解石脉产于中侏罗世第一次喷出形成的安山质凝灰角砾熔岩中, 沿走向和倾向延至二叠系地层时, 脉体迅速尖灭。金矿床主要由 3 条含金石英脉组成, 从西向东编号依次为 I、II、III。3 条脉体走向近于平行, I、II 号脉相距 40~80 m, III 号脉在 II 号脉东侧 400 m 处。脉中的矿体长 140~690 m, 宽 0.7~2.58 m。I-1、I-3 和 II-1 号矿脉平均品位分别为 $(18.18、7.73、5.94) \times 10^{-6}$ 。刺猬沟金矿床的成矿期可划分为热液期和表生期。热液期再分为 5 个成矿阶段: 第一阶段形成冰长

石—石英细脉, 含金 $(0.8 \sim 2) \times 10^{-6}$; 第二阶段形成石英—粗晶方解石脉, 含金 $(0.5 \sim 0.7) \times 10^{-6}$; 第三阶段形成中粒石英—方解石脉, 含金 $\geq 3 \times 10^{-6}$; 第四阶段形成石英少金属硫化物脉, 金品位最高值达 112×10^{-6} ; 第五阶段形成含白云石、蛋白石、重晶石、方解石脉, 几乎不含矿。表生期形成少量褐铁矿、孔雀石和蓝铜矿。矿石中金矿物相对简单, 主要为银金矿、辉银矿、次之为自然金、碲金矿。

2 石英找矿矿物学特征

2.1 刺猬沟金矿床石英的矿物学特征

金矿床中石英的世代较多, 根据野外观察和室内显微镜下的观察, 可分为 5 个世代。第三、第四世代对成矿贡献大, 第三世代石英为中、细粒, 成团块状, 嵌结构, 颜色灰白, 石英颗粒内部点状包裹物较多, 一般沿石英生长方向分布, 粒径 0.3~1 mm。第四世代石英暗灰色, 微粒状, 粒径 0.1~0.2 mm, 脉宽 1~2 mm, 穿切上述各世代石英, 此世代石英脉体中含少量绢云母。与金矿有关的石英呈白色—灰色, 在矿石集合体中为青灰色, 双目镜下观察透明度不好, 断口多为参差不齐。与金矿物关系密切的石英粒度细, 颗粒间结构未达到平衡, 石英与方解石有强烈的交代关系, 接触界线呈“港湾状”。第五世代石英在矿床中很少, 无色透明, 呈显微细脉状, 脉宽多小于 0.1 mm, 往往与晚期方解石共生。

2.2 石英包裹体成矿溶液电导度特征

石英包裹体成分主要是由 K^{+} 、 Na^{+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 F^{-} 、 Cl^{-} 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^{-} 阴阳离子组成的盐水溶液,一般以中—弱酸性为主,是良好的导电溶液,容易获得电导度测量参数^[1]。电导度是溶液导电能力的相对尺度,它的大小取决于溶液中的离子数、离子价及离子迁移速度。利用已测试完石英包裹体爆裂法的试样,加定量蒸馏水,用超声波振荡提取其内涵物,然后用电导仪测定溶液电导度。该参数能直接反映出成矿溶液浓度的高低,用电导度场替代浓度场,用电导度值表征矿体的贫富,评价矿脉的工业价值,指示找矿远景区。

为了更好了解刺猬沟地区金矿床含石英脉的形成温度、不同矿体的成矿物质矿化状况,对刺猬沟金

矿床及外围干河沟、苍林、金沟岭金矿点石英脉中石英进行了爆裂法测温 and 电导度测量。由表 1 知,有工业价值的含金石英脉电导度平均值为 $35.7\ \mu S$,爆裂脉冲平均数为 1 124;干河沟金矿点无工业价值的石英脉电导度平均值仅为 $11.9\ \mu S$,爆裂脉冲平均数为 200。成矿溶液电导度值和爆裂脉冲数可评价石英脉的含矿性。苍林金矿点和金沟岭的石英成矿溶液电导度平均值较高,大于 $22\ \mu S$,爆裂脉冲平均数分别为 513 和 270,可能预示深部有矿体形成。

2.3 包体的红外光谱特征

热液金成矿沉淀时期恰是热液中 H_2O 、 CO_2 高的时期。由于这种热液性能以包裹体形式在石英中保存下来,那么用红外光谱测定石英包裹体(光薄片厚 $0.2\ mm$)中 H_2O 、 CO_2 的相对吸光度 D_{H_2O} 、 D_{CO_2} ,

表 1 刺猬沟地区石英包裹体测试参数

样品号(样品数)	电导度平均值/ μS	爆裂脉冲平均值	爆裂(拐点)温度/ $^{\circ}C$	矿脉含金量/ 10^{-6}	采样地点(石英世代)
DJ-26(11)	33.7	648	266	2.60	刺猬沟Ⅱ-1矿脉地表(3~4)
DJ-27(9)	29.2	1380	257	平均 5.67	刺猬沟Ⅱ-1矿脉 540 中段(4)
DJ-28(9)	49.5	2213	258	平均 5.94	刺猬沟Ⅱ-1矿脉 510 中段(4)
DJ-29(5)	38.5	1077	260	平均 5.46	刺猬沟Ⅰ矿脉 480 中段(4)
DJ-30(7)	27.6	303	263	0.82~2.24	刺猬沟Ⅰ矿脉 440 中段(3)
DJ-15(3)	9.5	433	252 290	0.29	干河沟 2 号脉(2)
DJ-19(3)	7.6	336	290	0.29	干河沟 2 号脉(2)
DJ-20(5)	4.9	161	281 352	<1	干河沟 1 号脉(2)
DJ-31(2)	16.9	48	272 336	<1	大砬子沟 33 槽(2)
DJ-42(3)	20.6	20	300	<1	大砬子沟 21 槽(2)
DJ-1(5)	26.9	756	290		苍林 301 槽(3)
DJ-4(3)	12.5	333	288		苍林 101 槽(2)
DJ-7(2)	27.7	451	247		苍林 02 槽(2)
DJ-11(5)	26.7	347	237	平均 5.0	金沟岭 4 号脉(3)
DJ-12(7)	31.2	423	257	平均 23.7	金沟岭 3 号脉(3)
DJ-13(5)	10.3	39	226 273	平均 3.67	金沟岭 4-1 号脉(3)

注 沈阳地质矿产研究所测试,仪器型号 DD-II A 电导仪

表 2 红外光谱相对吸光度含量关系

样品号	D_{H_2O}	D_{CO_2}	$u(\text{矿石 Au})/10^{-6}$	取样位置(石英世代)	样品号	D_{H_2O}	D_{CO_2}	$u(\text{矿石 Au})/10^{-6}$	取样位置(石英世代)
C380-1	4.17	0.362	18.66	I -380 中段(4)	C19	10.03	0.141	0.514	I -3 地表(2)
C5	6.2	0.368	23.27	I -地表(4)	C30	6.958	0.175	1.824	Ⅱ -地表(3)
C4	6.823	0.180	1.96	I -地表(3)	C5-2	4.178	0.137	1.63	I -3 地表(2)
C3000-1	5.67	0.352	11.71	I -300 中段(4)	C1	4.479	0.157	0.743	I -3 地表(2)
C3000-2	5.89	0.351	10.26	I -300 中段(4)	Zk001-1	1.38	0.11	1.5	干河沟矿点(2)
C3000-3	4.55	0.315	7.24	I -300 中段(4)	Zk001-2	0.39	0.08	<1	干河沟矿点(2)
C260-1	6.77	0.241	5.503	I -260 中段(4)	Zk801-1	1.17	0.12	5.08	干河沟矿点(3)
C260-2	4.64	0.345	13.57	I -260 中段(4)	Zk801-1	1.13	0.11	0.29	干河沟矿点(2)
C260-3	3.89	0.219	3.72	I -260 中段(4)	Te4-1	1.24	0.14	4.29	干河沟矿点(3)
C100-1	5.33	0.213	4.75	I -100 中段(4)	Te4-2	1.07	0.11	2.02	干河沟矿点(2)
C100-2	4.22	0.319	5.11	I -100 中段(4)	Te21-1	1.35	0.15	5.02	干河沟矿点(3)
C100-3	3.38	0.270	3.10	I -100 中段(4)	Te21-2	1.42	0.12	<1	干河沟矿点(2)
C540-1	4.36	0.127	0.239	Ⅱ -540 中段(3)	J-1	1.67	0.11	1.7	金沟岭 2 号脉(2)
C540-9	5.24	0.121	2.4	Ⅱ -540 中段(3)	J-2	2.31	0.21	23.7	金沟岭 3 号脉(3)
C540-13	5.058	0.120	0.400	Ⅱ -540 中段(2)	J-3	2.12	0.23	5.0	金沟岭 4 号脉(3)
C3-2	7.568	0.145	0.275	I -3 地表(2)	J-4	1.18	0.19	3.67	金沟岭 4 号脉(2)

注 吉林大学红外光谱室测试,仪器型号 IR-75 型红外分光光度计。

与石英中 Au 对应分析 ,可评价石英的含矿性^[2]。

由石英包体红外光谱图计算 D_{H_2O} 、 D_{CO_2} 及样品对应 Au 含量值列于表 2。

利用线性回归分析计算各矿脉的石英包裹体 D_{H_2O} 、 D_{CO_2} 值与 Au 的相关关系如下。

I-1 矿脉 14~18 勘探线 D_{H_2O} 与 $\lg[u(Au)]$ n (样品数) = 12 r (相关系数) = 0.41 线性回归方程 $y = 5.153 + 0.06x$; D_{CO_2} 与 $\lg[u(Au)]$ $n = 12$ $r = 0.86$, $y = 80.96x - 14.7$ 。

I-1 和 II 号矿脉 17 勘探线 D_{H_2O} 与 Au $n = 8$ $r = 0.131$; D_{CO_2} 与 Au $n = 8$ $r = 0.85$, $y = 0.123 + 0.29x$ 。

干河沟金矿点 D_{H_2O} 与 Au $n = 8$ $r = 0.176$; D_{CO_2} 与 Au $n = 8$ $r = 0.74$, $y = 74.2x - 6.3$ 。

图 1 为矿区及外围所有样品 D_{CO_2} 与 $\lg[u(Au)]$

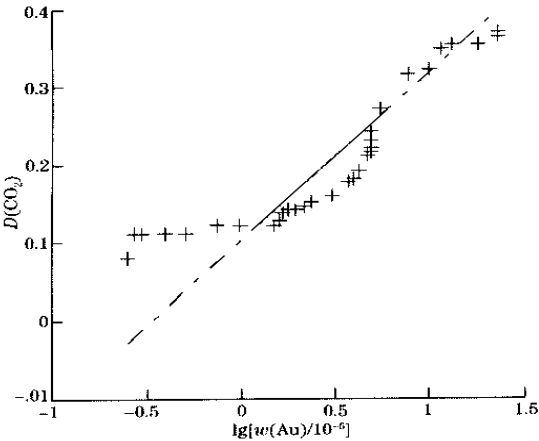


图 1 石英包裹体的 D_{CO_2} 与 $\lg[u(Au)]$ 相关关系的相关图。由上可知 ,刺猬沟金矿及外围金矿点石英包裹体的 D_{CO_2} 值 ,总体上与对应样品的金含量成正比 D_{CO_2} 值与矿化关系密切 ,可作为含金性评价的指标 $D_{CO_2} > 0.2$ 矿化好。不同矿脉的相关程度不同 ,I-1 矿脉的矿体相关性大于 I-3 和 II 号矿脉的矿体。前者样品石英的金品位高 ,是第Ⅲ、Ⅳ成矿阶段形成的。不同成矿阶段石英包裹体化学成分分析表明^[3] :Ⅲ、Ⅳ成矿阶段 c_{CO_2}/c_{H_2O} 为 1.38%~2.4% ,

远高于第 I、II 成矿阶段的 0.4%~0.7% ,说明含金石英普遍存在 CO_2 包裹体 ,金成矿与热液(水)中 CO_2 流体密切相关。 D_{H_2O} 值与 Au 含量无明显相关关系 ,在 I-1 矿脉的矿体上 Au 最大相关系数仅为 0.41。探究矿脉随深度加大而递减。从 I-1 矿脉 14~18 勘探线 100 m 标高 $D_{CO_2} > 0.213$ 推断 ,矿体向深部仍有延伸。II 号矿脉 17 勘探线自地表至 540 m 标高 , $D_{CO_2} < 0.14$,反映矿体向下延伸不大。后经验证 ,与预测结果相符。干河沟金矿点地表及深部 D_{H_2O} 、 D_{CO_2} 值较低 ,表明该矿点石英含不高 ,矿化不好 ,与石英电导度测量结果一致。金沟岭地表 3、4 脉 $D_{CO_2} > 0.2$,成矿溶液电导度值较高 ,显示该区有较好成矿远景 ,有进一步工作价值。

3 结论

刺猬沟型金黄色矿床的石英包裹体成矿溶液电导度及红外光谱找矿标型特征如下。

(1)用电导度评价矿体的贫富、矿脉的工业价值和找矿远景是可行的。含金石英脉电导度值高于 35.7 μS 时 ,具有工业价值。

(2)利用红外光谱方法测定石英包裹体中水和二氧化碳的吸光度 ,进而评价其含矿性的方法避免了直接测金 ,且简便快速。同一矿床不同矿脉其相关程度不同。将不同矿床(点)或同一矿床不同矿段的样品分别计算其相关性 ,有利于矿床外围或深部矿体评价和预测。本区石英的红外光谱找矿标型为 $D_{CO_2} < 0.2$ 时 ,矿化较差 $D_{CO_2} > 0.2$ 时 ,矿化较好。

参考文献 :

[1] 施立达 ,李存有.成矿溶液电导度找金试验研究[J].地质科技情报 ,1998 ,17(增刊) :121-124.
[2] 吴国学 ,刘连登 ,陈国华 ,等.阜山金矿床东风段石英的红外光谱找矿标型[J].长春科技大学学报 ,1999 (3) :238-241.
[3] 孟庆丽 ,周永昶 ,柴社立.中国延边东部斑岩热液型铜金矿床[M].长春 :吉林科学技术出版社 ,2001.

PROSPECTING TYPOMORPHIC CHARACTERISTICS
OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND INFRARED SPECTRA
OF QUARTZ FROM THE CHIWEIGOU GOLD DEPOSIT

WU Zi-yu¹ , WU Guo-xu² , LIU Bin³ , ZHOU Yong-chang¹

(1. College of Geo-Exploration and Technology , Jilin University , Changchun 130026 , China ; 2. College of Earth Science , Jilin University , Changchun 130061 , China 3. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources , MNLR , Shenyang 110032 , China)

[3] Li Y G ,Vidale J E ,Aki K ,et al. Fine structure of the Landers fault zone :Segmentation and the rupture process[J]. Science ,1994 , 256 367 – 370.

[4] Li Y G ,Aki K ,Vidale J E ,et al. Delineation of the Nojima fault ruptured in the M7. 2 Kobe ,Japan ,earthquake of 1995 using fault zone trapped waves[J]. J Geophys Res ,1998 ,103 7247 – 7263.

[5] Li Y G , K. Aki ,John E ,et al. Shallow structure of the Landers fault zone from explosion – generated trapped waves[J]. J Geophys. Res. ,1999 ,104 20257 – 20275.

[6] Li Y G ,Vernon F L. Characterization of the San jacinto fault zone near Anza ,California ,By fault zone trapped waves[J]. J Geophys Res ,2001 ,106 30671 – 30688.

[7] 《国家地震局鄂尔多斯周缘活动断裂系》课题组. 鄂尔多斯周缘活动断裂系[M]. 北京 地震出版社 ,1998.

[8] 国家地震局地质研究所 ,宁夏回族自治区地震局. 海原活动断裂带[M]. 北京 地震出版社 ,1990.

[9] 李松林 ,张先康 ,任青芳 ,等. 西吉—中卫地震测深剖面及其解释[J]. 地震地质 ,2001 23(1) 86 – 92.

[10] 李松林 ,张先康 ,张成科 ,等. 玛沁—兰州—靖边地震测深剖面地壳速度结构的初步研究[J]. 地球物理学报 ,2001 45(2) : 210 – 217.

THE OBSERVATION OF TRAPPED WAVES AND THE WIDTH OF THE SHATTERED ZONE IN HAIYUAN FAULT ZONE

LIU Ming-jun , LI Song-lin , ZHANG Xian-kang , FAN Ji-chang , SONG Zhan-long
(Research Center of Exploration Geophysics ,CSB ,Zhengzhou 450002 ,China)

Abstract :Two linear seismic arrays are deployed across the surface rupture of 1920 M 8.6 earthquake along Haiyuan fault zone near Xianzhou , Haiyuan County , Ningxia , to receive fault zone trapped waves generated by near-surface explosions within the fault zone between the two lines. Each array consists of 14 three-component portable digital seismic stations , with the interval between two stations being 30 ~ 40 m near the fault zone and 230 ~ 250 m away from the fault zone. After filtering in a frequency range of 0.1 ~ 4.0 Hz , vertical component seismograms on Line 1 show fault zone trapped waves with relatively large amplitude , low-frequency and long-duration wave train after the S waves. Since the trapped waves arise from coherent multiple reflection along boundaries between the low-velocity fault zone and the high-velocity surrounding rock , their amplitudes and frequencies are strongly dependent on the fault geometry and physical properties. Thus , fault zone trapped waves can be used to explore inner structures of the fault zone. The study of the fault zone trapped waves reveals that the shattereing width of Haiyuan fault zone near Xianzhou is about 250 m.

Key words :Haiyuan fault zone ; fault zone trapped wave ; width of the shattered zone ; fine structure

作者简介:刘明军(1962 –) ,男 ,江西人 ,1982 年毕业于华东地质学院地质普查勘探专业 ,在职博士生 ,高级工程师 ,已发表论文数篇。



上接 548 页

Abstract :Quartz is an important gangue mineral and a main carrier of gold in the Chiweigou deposit. By means of electrical conductivity and infrared spectra of quartz , it is known that the electrical conductivity and the $I(X\ CO_2)$ of IR are in positive correlation with the Au content of quartz. Where electrical conductivity is higher than 35.7 μS and $I(X\ CO_2)$ higher than 0.2 , gold mineralization is relatively good. Through the study , the authors have obtained some useful prospecting information , which is of guiding significance in the prospecting and evaluating of gold deposits in this area.

Key words :electrical conductivity ; infrared spectrum ; mineralogy for ore prospecting

作者简介:武子玉(1957 –) ,男 ,黑龙江望奎人 ,博士。主要从事地球化学研究工作。