

21-25

王家崴子金矿床中矿物标型特征研究

p618.570.4

郝瑞霞

金成洙 关广岳

(中南工业大学地质系·长沙·410083)

(东北大学地质系·沈阳·110006)

研究了王家崴子矿床的金矿物特征,确定了围岩和不同矿化期的黄铁矿和石英的标型特征,提出了判别围岩和矿石的矿物学标志。

关键词 黄铁矿 石英 标型特征 王家崴子金矿



岩石·矿物

前寒武纪金矿床大都产于太古代绿岩带中。近年来,赋存于元古界地层中的金矿也得以开发,尤其在辽南地区元古界地层中找到了许多金矿床。王家崴子金矿床就是辽南早元古界浅变质岩系中的一种新类型金矿床。

1 地质概况

王家崴子金矿床位于华北地台、辽东台背斜、营口—宽甸隆起、盖县—宽甸基底凹陷、虎皮峪复背斜南翼。下元古宙江河群盖县组是主要赋矿岩层。区内构造线主要由NNW、NW向的褶皱和断裂组成。走向为N60°W的断层和破碎带为主要的控矿和容矿构造,含金石英脉即赋存于该组断裂带内。区内岩体出露很少,只有煌斑岩岩脉和闪长岩岩脉。位于矿床东北部2.5km的卧龙泉岩体与金矿床的形成有着密切的关系。

矿床分布有3个含金矿化带,三者皆赋存于片岩中,且平行产出,在空间分布上具等距性,相距为300m~350m。它们都属于北西西向猫岭成矿带的NNW连续部位。

矿床围岩蚀变发育,矿体主要赋存于蚀变强烈的部位。主要蚀变有硅化、绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化、碳酸盐化、微斜长石化和褐铁矿化等,其中硅化、绢云母化、黄铁矿化以及绿泥石化与金矿床有着密切的关系。

根据野外观察及室内各种研究,将矿床分为热液期和表生期两个成矿期,热液期又分为4个成矿阶段,即绢英岩化阶段、黄铁矿石英阶段、石英多金属硫化物阶段和石英碳酸盐阶段(图1)。

2 矿物标型特征

主要矿物的标型特征分述如下。

2.1 金矿物的标型特征

据电子探针分析结果(表1),金矿物有银金矿和金银矿两种,以银金矿为主。金矿物主要以包体金、裂隙金和间隙金赋存于黄铁矿、闪锌矿、毒砂及石英等矿物中,并可以看到金矿物与闪锌矿、方铅矿、黄铜矿共存于黄铁矿裂隙中。据镜下和手标本观察,金矿物多呈淡黄色、乳白色,其形态主要为浑圆粒状、片状及树枝状,其次为不等粒状和细线状。金矿物颗粒大小不等,据肉眼观察,金颗粒大小约为1mm左右,镜下观察金矿物颗粒多为0.002mm~0.1mm。

据表2分析结果,银金矿含Au为57.49%~74.79%,含Ag为25.03%~41.40%,Au/Ag比值都大于1,变化于1.39~3.00,其成色为581~750;而金银矿含Au为29.67%~46.25%,含Ag为53.75%~70.33%,Au/Ag比值小于1,为0.42~0.86,其成色为297~463。Au/Ag比值决定于金与之伴生的占

矿 物	热 液 期				表生期
	绢英岩化(Ⅱ)	黄铁矿—石英(Ⅲ)	石英—多金属硫化物(Ⅳ)	石英—碳酸盐(Ⅴ)	
黄铁矿	○	○	○	○	
闪锌矿		○	○		
方铅矿			○		
黄铜矿			○		
磁黄铁矿		○			
毒砂		○			
金矿物	—	—	—	—	
石英	○	○	○	○	
绢云母	○	○	○	○	
白云母	○	○			
绿泥石	○				
方解石				○	
褐铁矿					—
形成温度	290℃~389℃ 336℃	278℃~368℃ 314℃	158℃~272℃ 215℃	144℃~269℃ 207℃	

图 1 成矿阶段及矿物生成顺序

表 2 金矿物电子探针分析结果

序号	金矿物	赋存状态	Au(%)	Ag(%)	Au + Ag(%)	Au / Ag	成色	Fe(%)	成矿期
1	银金矿	包体金	74.97	25.03	100.00	3.00	750		
2	银金矿	包体金	73.71	26.29	100.00	2.80	737		
3	银金矿	包体金	71.76	27.88	99.64	2.57	720	0.36	
4	银金矿	包体金	65.06	34.01	99.07	1.91	657	0.39	
5	银金矿	包体金	60.91	36.27	97.18	1.68	627	2.82	
6	银金矿	间隙金	60.06	39.94	100.00	1.50	606		
7	银金矿	裂隙金	62.18	37.07	99.25	1.68	626	0.75	
8	银金矿	裂隙金	57.49	41.40	98.89	1.39	581	1.11	
9	金银矿	裂隙金	46.25	53.75	100.00	0.86	463		
10	金银矿	裂隙金	29.67	70.33	100.00	0.42	297		

分析者:中国地质科学院矿床地质研究所

主要地位的矿石类型。Au / Ag 值最高的矿石往往是毒砂—黄铁矿组合占主要地位的矿石。随着黄铁矿含量增高, Au / Ag 比值降低,而以方铅矿和银矿物占主要地位的矿石为最低^[1]。由于成矿晚期阶段含银的方铅矿、黝铜矿比较发育,所以晚期阶段形成的金矿物的 Au / Ag 比值要比早期阶段形成的金矿物的 Au / Ag 比值小,这与大多数矿床相符合。

Au 的成色在一定程度上反映着金矿床形成的地质条件、成矿时代、成矿深度、矿液的温度、成份和组成。表 2 说明该矿床金的成色变化较大,主要变化于 581 ~ 750 之间,

早世代的金的成色高于晚世代的金的成色。这一特征反映了成矿热液的多次活动及成矿作用的多期性。成色的改变受到围岩和矿液的影响,而且同一个矿床不同的地段的金的成色的变化取决于大部分金得以形成的矿物共生阶段^[2]。

2.2 黄铁矿的标型特征

黄铁矿在矿床中分布广泛,是主要的载金矿物。根据黄铁矿的产出状态及结构构造特点,将其划分为蚀变围岩中的黄铁矿和矿化带中的黄铁矿。围岩中的黄铁矿多呈自形晶浸染状分布于蚀变岩中。矿化带中的黄铁矿又可分为 3 个世代,第一世代的黄铁矿呈

浸染状分布于石英脉中,与石英共生,黄铁矿为浅黄色,晶形完好,多为立方体自形晶,颗粒粗大,含矿性差。第二世代的黄铁矿,与方铅矿、闪锌矿、黄铜矿等多金属硫化物共生于石英中,黄铁矿多为灰黄色、暗灰黄色,多呈聚形,颗粒细小,呈团块状分布。镜下观察黄铁矿为半自形—他形,并受到应力作用发生了破碎,此世代黄铁矿含矿性好。第三世代的黄铁矿与碳酸盐共生于石英脉中,黄铁矿呈细粒浸染状分布于石英中,多为自形—半自形晶,颜色为深黄色,含矿性差,但相对于第一世代的黄铁矿而言含矿性较好。

2.2.1 常量元素特征

黄铁矿主要化学成分低于黄铁矿的理想

成分(S 53.45, Fe 46.55),原子比 S/Fe > 2 表(3),黄铁矿具有从早期到晚期向相对富硫

表3 黄铁矿的常量元素组成 %

序号	形成世代	Fe	S	S/Fe	分子式
1	I	43.90	50.50	2.01	FeS ₂
2	II	41.90	49.63	2.07	Fe _{0.97} S ₂

分析者:辽宁地质勘查局矿产地质研究所

贫铁演化的趋势。从第一世代的黄铁矿到第二世代的黄铁矿, S/Fe 比值分别为 2.01 和 2.07,表明早期黄铁矿形成的温度较高。高温阶段 H₂S 主要呈气态分子存在而不发生电离, S²⁻ 的浓度非常低,晚期阶段温度下降, H₂S 溶于水发生电离, S²⁻ 的浓度逐渐增加,所以晚期形成的黄铁矿相对富集硫。

表4 黄铁矿的主要微量元素含量

形成世代	矿物	Co (%)	Ni (%)	Co/Ni	Co + Ni (%)	Au (× 10 ⁻⁶)	Ag (× 10 ⁻⁶)	Au/Ag	Au + Ag (× 10 ⁻⁶)
I	早期黄铁矿	0.0080	0.0150	0.53	0.0230	6.10	17.80	0.34	23.90
II	晚期黄铁矿	0.0063	0.0086	0.73	0.0149	38.60	28.10	1.37	66.70
II	晚期黄铁矿	0.0063	0.0079	0.80	0.0149	32.00	51.10	0.63	83.10
III	早期黄铁矿	0.0047	0.0039	1.21	0.0086	20.30	63.60	0.32	83.90

分析者:辽宁地质勘查局矿产地质研究所

2.2.2 微量元素特征

不同成因类型的黄铁矿,其 Co、Ni 含量以及 Co/Ni 比值各有差异。该矿床黄铁矿中的 Co、Ni 含量从早世代到晚世代逐渐降低,而 Co/Ni 比值则逐渐升高(表4)。大量实验数据表明,远离侵入体产于片岩、板岩的蚀变岩型金矿及石英脉型金矿中的黄铁矿 Co/Ni 比值变化较大,由于受围岩成分的影响,数值较低,本矿床的含矿地层为绿片岩相的云母片岩,其原岩为粘土岩,而粘土岩的 Co/Ni 比值很低,只有 0.220。由于受其影响,黄铁矿的 Co/Ni 比值相对较低。由此可见,黄铁矿反映围岩成分特征,说明物质来源与围岩有关。另一方面,与深源花岗岩(I型)热源有关的黄铁矿含 Co 高, Co/Ni 比值为 1.9~5,而与浅源花岗岩(S型)热液有关的黄铁矿含 Co 低, Co/Ni 比值近于 1 或小于 1^[3]。从表4可知,黄铁矿中 Co 的含量多数

低于 Ni 的含量, Co/Ni 比值大多小于 1, Co/Ni 比值变化于 0.35~1.21。因而可以认为成矿热液与卧龙泉花岗岩岩体有着一定的联系。晚世代黄铁矿 Co 的含量大于 Ni,是由于受到后期其它热液的叠加而造成的。

黄铁矿中的 Co、Ni 与 Au、Ag 含量成反消长关系。从早世代到晚世代, Co + Ni 值由高到低变化, 0.0230~0.0086, 而 Au + Ag 值则相反, 由低到高, 23.90~83.90。

黄铁矿中的 Cu、Pb、Zn 含量相对较高(表5),这三个元素主要以独立矿物呈包体形式存在于黄铁矿中。Au、Ag 的大量沉淀与 Cu、Pb、Zn 硫化物的沉淀基本是同时的,因此,黄铁矿中 Cu、Pb、Zn 的多少可反映 Au、Ag 的贫富。第二世代晚期黄铁矿的 Cu、Pb、Zn 含量明显高于第一世代早期黄铁矿,并且 Cu、Pb、Zn 总量与 Au、Ag 含量为正相关,可见黄铁矿富含 Cu、Pb、Zn 是指示富矿化的良好标志。

黄铁矿中较高的 As、Sb 含量有利于金矿床的形成,因为有的金在内生作用过程中呈 Au—As—S 络合物或 Au—Sb—S 络合物迁移^[4]。本区黄铁矿的 As + Sb 含量较高,含 As $2400 \times 10^{-6} \sim 3000 \times 10^{-6}$, Sb $< 100 \times 10^{-6}$ 。

由此可见,富矿阶段的黄铁矿以高的 Au、Ag 含量、较高的 Cu、Pb、Zn 总量及贫铁、富硫等特征而不同于贫矿阶段黄铁矿,这些特征可作为富矿阶段黄铁矿的成分标型。

2.3 石英的标型特征

石英是矿床中含量最多的脉石矿物,分布广泛,据其产出状态及矿物组合特点将其分为蚀变围岩中的石英和矿化带中的石英。围岩中的石英主要呈细小的脉体及透镜体穿插和赋存于地层中。矿化带中的石英又可分

为早期石英、中期石英和晚期石英。早期石英与少量自形程度较高的粗粒黄铁矿共生,呈乳白色,油脂光泽,结晶颗粒粗大,自形程度好,纯净而少杂质,并发育有晶洞和晶簇。由于受到后期应力作用,石英发生破碎并具有波状消光现象;还可看到石英颗粒定向拉长排列。中期石英主要与细粒多金属硫化物黄铁矿、方铅矿、闪锌矿和黄铜矿等共生,颜色为灰白色,灰色和烟灰色,透明度差,颗粒较小,以细粒他形晶为主。晚期石英呈细脉状产出,为白色,颗粒细小,主要与方解石等碳酸盐矿物共生。早期石英形成温度较高,含矿性差;中期石英形成温度相对较低,含矿性好;可是对于晚期石英,尽管其形成温度较低,但含矿性不佳。

表 5 黄铁矿的微量元素含量

10^{-6}

矿物	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Cr	Co	Ni	Mn
早期黄铁矿	6.10	17.80	180.00	3800.00	950.00	10.00	80.00	150.00	100.00
晚期黄铁矿	38.10	28.10	550.00	6900.00	4300.00	10.00	63.00	86.00	100.00
矿物	As	Sb	Bi	Mo	Sn	Ba	S	Cu + Pb + Zn	
早期黄铁矿	3000.00	< 100	< 10	1.00	70.00	< 300	< 300	0.493%	
晚期黄铁矿	2400.00	< 100	< 10	1.00	200.00	< 300	< 300	1.175%	

分析者:辽宁地质调查局矿产地质研究所。

表 6 石英的化学成分组成

%

形成期次	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K	Na	Ca	Ba	Sr
早期石英	98.40	0.92	0.037	0.091	0.10	< 0.030	< 0.030
晚期石英	98.20	0.87	0.033	0.095	0.22	< 0.030	< 0.030
形成期次	Co	Ni	Cu	Pb	Zn	Ag	
早期石英	0.0010	0.0010	0.0050	0.0010	0.0050	0.00050	
晚期石英	0.0010	0.0010	0.0050	0.0015	0.00050	0.00010	

分析者:辽宁地质调查局矿产地质研究所。

石英成分变化中最重要的机制是 Si⁴⁺—Al³⁺ 代换,电价不足由碱金属 Na、K 等补偿^[5]。该矿床石英的 SiO₂ 含量有从早期到晚期降低的趋势(表 6),反映出早阶段主要结晶出较纯的石英,随着矿化过程的发展,在从高温到低温迅速冷却条件下,石英中杂质含量增多。一般来说,金的沉淀是在快速冷却的条件下进行的,因而,石英中 SiO₂ 含量越少,杂质越多,可指示金矿化。

石英中 Al、K 的含量与其它石英脉型金

矿床相比,则显示出不同的特点。从早期到晚期,Al 与 K 的含量表现为降低的趋势,Na 和 Ca 的含量则逐渐增加,而 K 和 Na 的总含量却保持不变,可见,K 和 Na 在早、晚期所占比例不同。早期热液中 K 含量高,这与早期绢云母化发育相一致。晚期石英富含 Ca,说明 Ca 易于在成矿晚期阶段富集,晚期碳酸盐化发育证明了这一点。Al 的含量从早期到晚期逐渐降低,这可能与石英的形成温度有关,晚期石英形成低于早期石英,因而其 Al

的含量也低于早期石英。石英中 Al 含量与其形成温度成正比^[6]。

Cu、Pb、Zn 在石英中一般呈微细硫化物机械包裹体存在,其含量与石英结晶时的环境有关。晚阶段形成的石英比早阶段形成的石英所含的 Cu、Pb、Zn 要高。

总之,不同期次的石英具有不同的集合体形态特征和成分组成。与多金属硫化物共生的石英呈灰白色、灰色、烟灰色,低 SiO₂,含杂质多,这可作为找矿标志。

3 结论

(1)王家崴子金矿床的金矿物主要是银金矿,其次为金银矿;金矿物的 Au/Ag 比值及成色反映了成矿热液的多次活动和成矿作用的多期性。

(2)与方铅矿、闪锌矿、黄铜矿等多金属硫化物共生于石英中的黄铁矿,呈灰黄色、暗灰黄色;晶形复杂,多呈聚形,颗粒细小,呈团块状分布;具有高的 Au、Ag 含量,较高的 Cu、

Pb、Zn 总量及贫铁、富硫等特征,这是寻找富矿石的主要矿物学标志。

(3)与多金属硫化物共生的石英,呈灰白色、灰色、烟灰色、低 SiO₂,含杂质多,是金矿的主要找矿标志。

(4)黄铁矿及石英在围岩和不同成矿阶段都具有不同的特点,是区分围岩和矿石的主要标志,为圈定矿体提供了有利的证据。

参考文献

- 1 Koroleva N N. Relation between Ag /Au ratio and mineral associations. *Geochim. Int.*, 1971, 8(2): 200 ~ 205
- 2 Eales H V. Determining fineness variation characteristics in gold ores by reflectometry. *Econ. Geol.*, 1968, 63: 688 ~ 691
- 3 魏明秀. 黄铁矿成因特征研究. *矿产地质研究院学报*, 1986, 3
- 4 博伊尔 R W. 金的地球化学及金矿床. 北京: 地质出版社, 1984
- 5 陈光远, 邵伟, 孙岱生. 胶东金矿成因矿物学与找矿. 重庆: 重庆出版社, 1989
- 6 Dennen W H, Puckett A M. On the chemistry and color of anthyst. *Can. Mineral.*, 1972, 11: 448 ~ 456

TYPOMORPHIC FEATURES OF MINERALS FROM WANGJIAWEIZI GOLD ORE DEPOSIT

Hao Ruixia, Jin Chengzhu, Guan Guangyue

Wangjiaweizi gold ore deposit is a new type gold mineral deposit in lower Proterozoic opimetamorphic rock series. The mineralogy characteristics of this deposit were studied to determine the typomorphic features of pyrite and quartz in wall rock and various mineralization stages, and thereby, the mineralogy marks of distinguishing country rock and ore were obtained.

Key words gold ore deposit, pyrite, quartz, typomorphic feature, Wangjiaweizi

第一作者简介:



郝瑞霞 女, 1966 年生。1988 年毕业于东北大学地质系矿产普查与勘探专业。1991 年与 1995 年在东北大学地质系分别获硕士和博士学位。现在中南工业大学地质系做博士后研究工作。主要从事地球化学和矿床学研究。

通讯地址: 湖南省长沙市 中南工业大学地质系 邮政编码: 410083

(上接 4 页)

第一作者简介:



余中平 男, 1940 年生。毕业于长春地质学院。从事矿产地质勘探 30 年, 现任冶金部地质勘查总局地矿处处长, 高级工程师, 兼中国地质学会副秘书长等职务。

通讯地址: 北京市东四西大街 46 号 冶金部地质勘查总局 邮政编码: 100711