

内蒙古红花沟金矿成矿地球化学模式

李林华 任振湖

(内蒙古有色地勘局第八队·赤峰市)

本文叙述了红花沟金矿的地质地球化学特征,并分析了其成矿作用地球化学,归纳出该矿床的成矿地球化学模式。

关键词 红花沟金矿 成矿作用地球化学 地球化学模式

区域地质背景

红花沟金矿包括红花沟和莲花山两个金矿床。大地构造位置处于华北地台与兴蒙海西地槽交接地带的台区北缘、槽台分界线赤峰—开原大断裂带南侧向槽区的凸出部位,即赤峰弧之弧顶内侧。区域地层主要为太古

代变质岩系,在燕山运动的强烈影响下,产生一系列北北东向、北东向断陷盆地,在其中形成了以火山陆源、火山碎屑沉积为主的中生代地层。断裂构造发育,矿区正处在东西向复杂构造带与南北向断裂的交汇部位。岩浆活动频繁,主要是华力西期和燕山期侵入岩,尤以燕山期为甚(图1)。

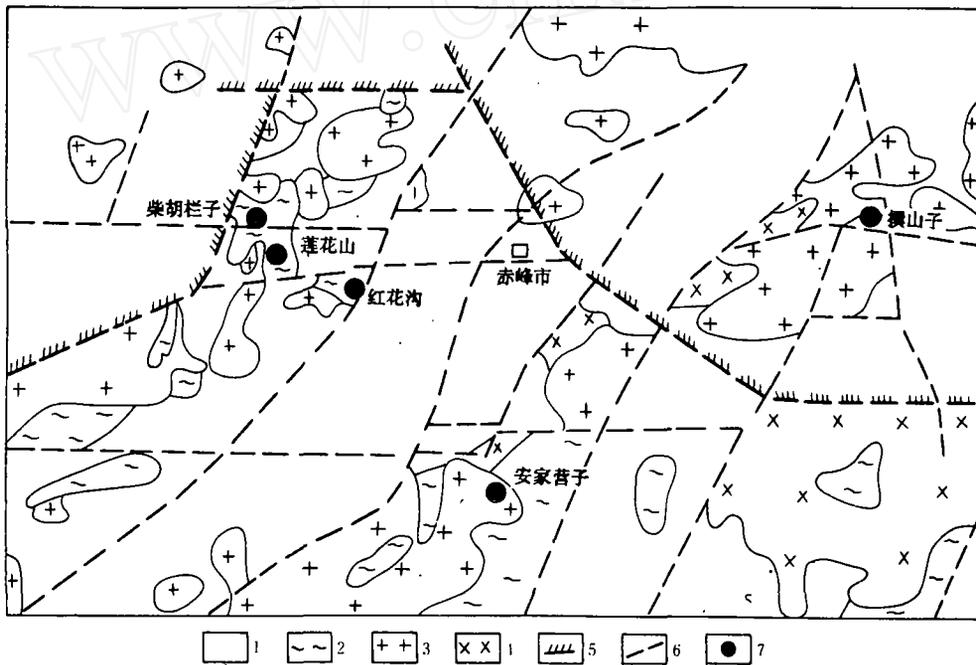


图1 赤峰地区地质略图

1—太古代以后构造层; 2—太古代构造层; 3—燕山期花岗岩; 4—海西期花岗岩; 5—槽台分界线; 6—断裂; 7—金矿

本文1992年9月收到,李春兰编辑。

矿床地质特征

红花沟金矿是产于太古代变质岩中的含金石英脉型金矿。矿田出露地层以太古界建平群变质岩为主,这套地层既是赋矿层,又是矿源层。矿田内侵入岩较少,但脉岩极发育,类型繁多。闪长玢岩与矿化关系密切。矿床受断裂构造控矿明显。北北西向压扭性断裂和南北向断裂为主要控矿构造。

1. 矿体规模与产状

横向上矿脉常呈脉带平行或雁行排列分布;在纵向上,上部为含石英细脉的蚀变带,向下过渡为含黄铁矿的烟灰色石英脉,深部为纯白色粗大石英脉。矿体规模大,如红花沟金矿2号脉延长近1km,控制延深大于450m。矿体在矿区西部一般向东倾,而中部和西部则向西倾,倾角60~80°,矿体常呈脉状、细脉状、透镜状和团块状产于石英脉中或石英脉与围岩的接触带中。

2. 矿石成分与组构

矿石成分简单。金属矿物以黄铁矿为主,其次有黄铜矿、方铅矿和闪锌矿等,仅莲花山51号脉含有较多的磁铁矿。金主要呈自然金产出,其次有银金矿。非金属矿物以石英为主,次有绢云母和方解石等。

矿石以条带状、块状、浸染状构造为主;主要结构有破碎结构(碎斑结构、糜棱结构)、细脉交代及充填结构、斑状结构。

3. 围岩蚀变

围岩蚀变主要有绢云母化、绿泥石化、硅化、碳酸盐化和黄铁矿化等。空间上具有水平分带现象。蚀变强度由矿化带中部向两侧逐渐减弱,由中心向外分为3带:①强烈绢云母化带;②片理化、绢云母化蚀变带;③弱蚀变围岩。

4. 金的富集规律

金的富集程度与围岩蚀变强度、石英脉规模及产状等密切相关。产于强蚀变带中的石英脉含金性好;厚度较大的石英脉金在边

部富集,而中间较贫;较密集平行的石英脉带中,靠近底部的石英脉含金性好;含多金属硫化物的石英脉含金性好;金与黄铁矿化关系密切,特别是具碎裂结构的黄铁矿含金性更好。

矿床地球化学特征

1. 地层中微量元素特征

角闪片岩段中 Au、Ag、Pb、Cr 等主要成矿成晕元素较富,其浓集系数为: Au2.29~2.57; Ag1.07、Pb2.67~3.33、Cr1.27~1.48;变粒岩段中除 Cr、Pb、As、Sb 含量接近克拉克值外,其余均明显偏低;不同岩性段的斜长角闪岩微量元素含量不同,角闪片麻岩段中斜长角闪岩 Au、Ag 含量明显高于变粒岩段中的斜长角闪岩。

2. 岩浆岩微量元素特征

在交代一重熔型钾长花岗岩中,除 Cr、Pb、As、Sb、Au 含量接近或稍高于克拉克值外,其他元素含量均较低。同斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩相比,Ag、Au、Pb 含量明显偏低,而 As、Sb 含量增高。表明在由变质岩演变为花岗岩的地质作用过程中,带出 Ag、Au、Pb 等成矿元素,而带入 As、Sb 等元素。

钾长石脉,伟晶岩脉,长英质脉体中的 Au、Pb、As、Sb 浓集系数较大,平均值为 Au7.05、Pb2.8、As2.18、Sb1.56。表明该类脉岩活动期 Au、Sb、As、Pb 等元素含量高于钾长花岗岩。说明 Au、Pb 等成矿元素自母体活化迁移向残余熔体富集的趋势。

从石英脉中元素含量看,形成石英脉时富集的元素有 Au、Ag、As、Pb、Sb 等,贫化的元素有 Zn、Cu、Ti、Mn、Co、V、Ni 等。

3. 矿体及围岩中微量元素特征

红花沟金矿矿体及围岩中微量元素含量列于表1。由表1可以看出,自围岩至含金

表1 红花沟金矿矿体及围岩中微量元素含量

岩石名称	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	As	Sb	Bi	Hg	Se	Mo	W	Te	Be	Ba
角闪斜长片麻岩	11	1.15	29.75	34.45	77.88	27.15	30.07	1.31	0.44	0.18	15	0.24	0.41	4.1	0.045	8.62	770
蚀变糜棱岩	306	0.99	40.6	20.73	46.63	17.35	17.39	3.46	0.64	0.93	20	0.22	0.21	5.7	0.105	9.29	806
含金石英脉	18744	9.42	26.75	41.82	33.85	24.58	15.20	5.21	0.44	39.57	16	0.086	2.16	3.8	2.78	10.65	619
浅色闪长玢岩	369	0.81	9.98	95.23	35.07	12.49	4.51	3.04	0.52	0.40	20	0.33	1.00	0	0	8.0	325
暗色闪长玢岩	9	1.31	35.34	23.06	79.76	31.54	19.78	1.20	0.23	0.09	10	0.33	2.00	0	0	8.1	1625

注: Au 含量为 10^{-9} ; 其余元素为 10^{-6} 。

石英脉 Au、As、Bi、Te、Be 等含量增高, 为蚀变成矿过程中带入元素; Ag、Pb 等在蚀变岩中含量偏低, 而在石英脉中明显增高; Cu、Sb、Hg 等在蚀变岩中含量较高, 表明在矿体前缘和外围较富集 (田昌烈等)。

成矿作用地球化学

1. Au 的来源

(1) 硫同位素组成特征 含 Au 石英脉中黄铁矿和方铅矿硫同位素测定结果表明

$\delta^{34}\text{S}$ 值在 $+0.828\text{‰} \sim +4.927\text{‰}$ 之间, 多数分布在 $+3.289\text{‰} \sim +4.337\text{‰}$ 。以接近陨石硫和变异小为特征, 反映硫来源于地壳深部, 可能与角闪质片麻岩有关。

(2) 铅同位素组成特征 矿石铅同位素组成为 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 16.025$; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.328$; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 36.523$ 。矿石铅单阶段模式年龄为 $1700 \sim 1800\text{Ma}$, 其年龄大于成矿年龄, 反映铅来源于贫铀区, 并具有多阶段演化特征, 故认为太古代变质岩是金矿原始矿源层。

表2 红花沟金矿莲花山矿区金矿氢、氧同位素组成

样品号	采样位置及地质情况	$\delta\text{D}_{\text{SMOW}}(\text{‰})$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}(\text{‰})$	T(°C)
h15-1-1	15号脉—中氧化矿	-86	-1.8	181
h15-2-2	15号脉二中含矿石英脉	-90	-2.4	169
h15-5-3	15号脉五中含矿石英脉	-99	-3.5	149
h15-8-3	15号脉八中含矿石英脉	-96	-2.1	180
h81-2-2	81号脉二中含矿石英脉	-104	-2.4	169
h81-4-10	81号脉四中含矿石英脉	-98	-2.0	172
h81-6-8	81号脉六中含矿石英脉	-97	-2.8	169
151-2-2	51号脉二中磁铁矿石英脉	-97	-6.4	133
151-6-4	51号脉六中含矿石英脉	-97	-3.0	160
h15-7-9	15号脉七中伟晶岩脉	-90	6.4	4.34

从矿石中硫、铅同位素组成推断, 金主要来源于太古界建平群变质岩。

2. 成矿溶液来源及性质

表2列出了红花沟金矿氢、氧同位素组成。 δD 均呈较大的负值 ($-86\text{‰} \sim -104\text{‰}$), 远离岩浆水和变质水的氢同位素组成, 与大气水相近; $\delta^{18}\text{O}$ 也多数为负值。 $\delta\text{D}\text{‰}$ 和 $\delta^{18}\text{O}\text{‰}$ 值都很低, 接近于雨水线 (图2), 说明红花沟金矿的成矿热液部分来源于大气降水。

值得指出的是, 大量地质事实表明, 成矿热液并非主要源于大气降水: 野外和室内

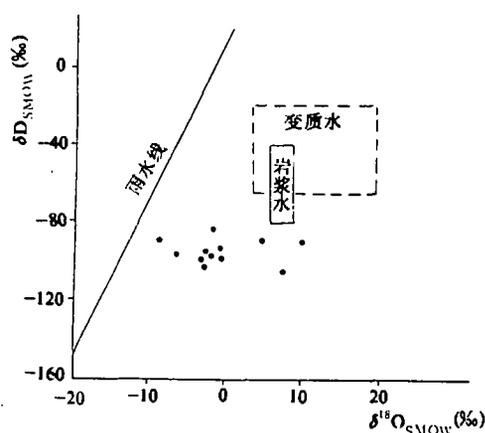


图2 红花沟金矿 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} - \delta\text{D}$ 图

观察各类岩石, 未见大规模面状蚀变现象; 金成矿是在围岩固结之后很晚才发生, 岩石具低孔隙度、不利于地下水大规模渗透的特征; 太古代变质岩和同熔型花岗岩体中 Au 均呈正态分布, 没出现大规模 Au 亏损带(刘纲, 1990)。矿石中 $Na/K=1.26 < 2$, $Na/(Ca+Mg)=8.19 > 4$ 。据 Roedder 等的研究, 应为岩浆热液。因此, 成矿热液主要为岩浆热液, 有部分大气降水混合而成。矿石中 δD 值低, 可能因混入地下水或原始岩

浆热液贫 D 所致。

矿区包裹体成分(表 3)表明, 成矿热液中阴离子以 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 F^- 为主, 其中 Cl^- 含量最高; 阳离子以 Na^+ 、 K^+ 为主, 且 $Na^+ > K^+$, Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量很低, 阴离子含量明显高于阳离子含量。气相成分以 H_2O 为主, 次为 CO_2 、 N_2 、 CO 、 CH_4 和 H_2 。故成矿热液为富 H_2O 和 CO_2 、低盐度、酸—弱酸性还原环境。

3. 成矿物理化学环境及成矿机理

表 3 红花沟金矿包裹体成分($\times 10^{-6}$)

编号	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	F^-	NO_3^-	H_2O	CH_4	CO_2	CO	H_2	N_2
1	3.86	17.73	0.00	0.23	33.39	3.85	0.27	0.91	225.0	0.18	15.0	2.50	0.10	1.20
2	11.68	6.07	0.47	0.23	8.33	12.89	0.57	2.45	225.0	0.08	12.0	2.50	0.10	0.63
3	7.88	8.97	1.90	0.54	12.89	21.45	0.08	1.02	230.0	0.08	12.0	2.50	0.4	5.00
4	3.64	3.16	0.24	0.24	3.68	10.15	0.50	0.00	225.0	0.08	12.0	1.60	0.001	0.63
5	2.75	1.75	0.50	0.25	2.31	5.90	0.60	0.00	230.0	0.08	11.0	1.70	0.10	0.63

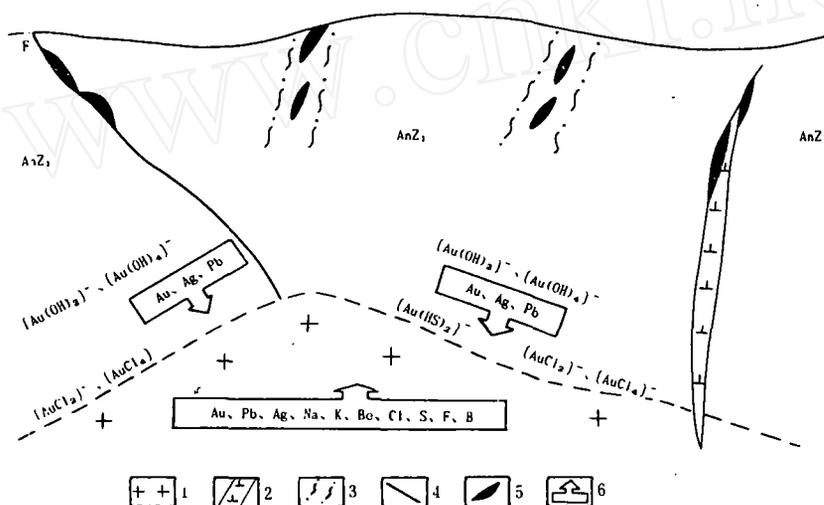


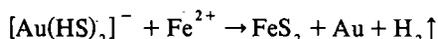
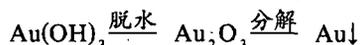
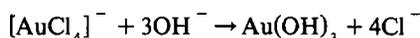
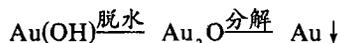
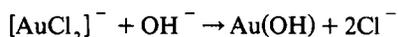
图 3 红花沟金矿成矿地球化学模式示意图

AnZ₁—太古代界; 1—重熔型花岗岩; 2—闪长玢岩脉; 3—硅化、绢云母化蚀变带; 4—断裂; 5—矿体; 6—元素迁移方向

早期成矿热液具高温、酸性—弱酸性还原性质, Au 主要呈 Au^+ 或 Au^{3+} , 以 $[AuCl_2]^-$ 、 $[AuCl_4]^-$ 和 $[Au(HS)_2]^-$ 形式存在。在热液运移过程中, 随着大气降水的渗入, 体系温度不断下降, 溶液由酸性向中性转化。随着 pH 值增大, $[AuCl_2]^-$ 、 $[AuCl_4]^-$ 发生水合作用, 金的主要存在形式转为

$[Au(OH)_2]^-$ 、 $[Au(OH)_4]^-$ 和 $[Au(HS)_2]^-$ 。在弱碱性、 fO_2 约为 $10^{-35} \sim 10^{-41}$ Pa、Eh 约为 $-0.5 \sim 0.6$ V 时, Au 的络合物解体, Au 呈自然金沉淀, 与石英、黄铁矿、褐铁矿(磁铁矿)、黄铜矿、闪锌矿等硫化物一起在构造裂隙中形成含金石英脉。即随着成矿热液温度、pH、Eh 和 fO_2 的变化, 溶液中发

生下列反应而形成金矿。



根据上述地质、地球化学特征及成矿作用地球化学分析, 归纳出该金矿床的成矿地球化学模式(图3), 图中强调以下几个方面:

1. 该模式主要从总体考虑矿床成因, 没

有划分矿化分期。

2. 矿床形成主要与重熔型花岗岩和闪长玢岩脉关系密切。

3. 模式中成矿热液的物质成分主要来自岩浆热液。

参考文献

- [1] 李延河等, 矿床地质, 1990, 第3期, 第257~268页。
- [2] 王真光等, 地质与勘探, 1991, 第7期, 第22~27页。
- [3] 王彦林等, 内蒙古有色地质, 1991, 总第25期, 第22~27页。

Minerogenetic-Geochemical Pattern of the Honghuagou Gold Deposit, Inner Mongolia

Li Linhua Ren Zhenhu

This paper gives a brief account of geological-geochemical features of the Honghuagou Au-deposit and analysis of the geochemical metallogenesis for the deposit. Thus an ore-forming geochemical pattern is established.

(上接第32页)

多赋存在硫化物中。

由此可见, 由于矿床的成矿环境和成矿过程不同, 造成了这两个金矿床的矿物特征存在明显差异。

曹正民老师对本文提出了许多宝贵意见, 在此表示感谢。

参考文献

- [1] 陈光远等, 《成因矿物学与我矿矿物学》, 重庆出版社, 1987年。
- [2] 帅德权, 地质与勘探, 1981, 第9期。
- [3] Y. Endo and I. Sunagawa. Amer. Mineral., 1973. V. 58
- [4] I. Sunagawa, Rept. Geol. Surv. Japan, 1957, No. 175
- [5] 李生元, 山西冶金地质, 1988, 第2期。

A Comparison on Mineralogical Characteristics of Two Gold Deposits in Northeastern Shanxi

Wang Xiaoyan Bi Yurun

A comparison analysis of mineralogical characteristics of the Yixinzai and Gengzhuang gold deposits (both in Northeastern Shanxi) has been made. The pyrite and gold minerals from these two deposits are quite different from each other. The pyrite from the first deposit is complex in crystal form, appeared as distorted crystal or crystal stock. It suggests that the source materials is supplied from a given direction. The pyrite from the second deposit is simple and regular in crystal form, with coarse stripes appeared in the surface and poor in gold content. It shows that the metallogenic conditions are not favourable. It is demonstrated that the crystal form of pyrite is an important basis to determine the metallogenic stages and enrichment zone of gold.