

赵家堡子金矿矿床成因及其找矿标志

徐庆华¹, 王延隆¹, 赵海权¹, 乔玉兰²

(1. 辽宁省冶金地质勘查局四〇二队, 辽宁 鞍山 114001;

2. 中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054)

摘 要:赵家堡子金矿位于猫岭-卧龙泉金矿化集中区, 是典型的中低温热液矿床。通过区域变质作用, 使岩层中的 Au、Ag 等成矿元素活化, 随着变质热液运移到有利的构造部位初步富集; 通过应力作用, 使岩石发生塑性变形, 形成了北西向的韧性剪切带。同时, 使 Au、Ag 等成矿元素再次活化转移、富集; 通过后期构造岩浆的大面积侵入, 形成了叠加在韧性剪切带之上的北西向韧-脆性断裂和北东向的脆性断裂, 同时宏大的热源使地层中的 Au 再次活化、迁移、富集, 同岩浆所带来的大量成矿物质一起在有利的构造部位富集成矿, 是本区金矿的主要成矿阶段。

关键词:赵家堡子金矿; 中低温热液矿床; 找矿标志

中图分类号: P618.51

文献标识码: A

文章编号: 1009-6248(2014)02-0164-08

Genesis and Prospecting Marks of Zhaojiapuzi Gold Deposit

XU Qing-hua¹, WANG Yan-long¹, ZHAO Hai-quan¹, QIAO Yu-lan²

(1. No. 402 Team, Metallurgical Geological Exploration Bureau of Liaoning Province, 402 teams, Anshan of liaoning, Anshan 114001, China; 2. Xi'an Center of Geological Survey, China Geological Survey, Xi'an 710054, China)

Abstract: Situated in cat RidgeMaoling~and Wolongquan gold mineralization concentration area, Zhaojiapuzi gold deposit is a typical mesothermal-of the epithermal deposits. Through Regional metamorphism of rocks activated metallogenic elements such as while Au, and Ag ore-forming elements such as activation, who migrated with metamorphic hydrotherm and enriched initially in favorable tectonic settingswith metamorphic hydrothermal favorable structural parts migrated preliminary enrichment. Under the effect of stress, Through stress, so that the plastic deformation of rocks, was aroused to forming a NW-trending ductile shear zone, whileand the ore-forming elements such as Au, and Ag again ore-forming elements such as remobilizationed again, and enrichmented; . Then through a large area of the late magmatic intrusion, forming formed a NW-trending ductile-brittle fracture and a NE-trending brittle fault superimposed on top of the ductile shear zones superimposed on top of the NW-trending ductile-brittle fracture and the North East to brittle fracture. Meanwhile, the while ambitiouenormouss heat sources formations gold acoused another gain activation, migration, and accumulation of the minerals, enriched and mineralized at favorable structural positions with a large number of metallogenic material brought by magma, whichtic minerals brought together into a large number of favorable structural positions in enrichment and mineralization, this area is a major stage of mainly intothe gold mineral phasedeposit mineralization in this area.

收稿日期: 2014-01-15; **修回日期:** 2014-04-15

基金项目: 辽宁省国土资源厅基金项目“赵家堡子金矿普查报告”(辽国土资发[2003]第 27 号)

作者简介: 徐庆华(1965-), 男, 高级工程师, 长期从事地质勘查及技术管理工作。E-mail: xuqinghua0218@163.com

Key words: Zhaojiapuzi gold deposit; low middle-temperature liquid mesothermal-epithermal deposits; prospecting marks

赵家堡子金矿区位于华北地台辽东台隆之营口-宽甸古隆起西部(潘贵馨,2004)。古元古代辽东古裂谷的形成、发展与演化以及其后叠加的多期构造岩浆活动控制了辽东金及多金属的成矿,具有良好的成矿地质条件(伊有昌,2006;张德全等,2007;王靖华等,2002;任涛等,2007),构成了丹东-营口金及多金属成矿系统,形成了丹东五龙-四道沟金矿化集中区、猫岭-卧龙泉金矿化集中区、青城子多金属矿化集中区和牧牛-东胜多金属矿化集中区(张复新等,2004;王伟涛等,2004;陈衍景等,2004;毛景文,2001;丰成友等,2004)。赵家堡子金矿区位于猫岭-卧龙泉金矿化集中区。该金矿集中区产出猫岭大型金矿、王家崴子中型金矿等一系列金矿床(点)。

1 变质作用

本区变质作用以区域变质作用为主,局部可见动力变质作用和接触变质作用现象。

本区古元古宙地层均受到不同程度的区域变质作用。变质岩石主要有十字(石榴、矽线)二云片岩、片岩、变粒岩、石英岩、千枚岩、板岩及变质石英砂岩等,属中、低级区域变质产物,变质相为绿片岩相-低角闪岩相。动力变质作用主要表现为形成构造角砾岩、碎裂岩、糜棱岩、千糜岩、构造片岩(千枚状绢云石英片岩,千枚状十字石榴绢云石英片岩)。接触变质作用表现为侵入岩与围岩的接触变质作用,形成的主要岩石为角岩,接触带宽度不大,一般在1~3 m 范围以内。

2 围岩蚀变

矿区内围岩蚀变强烈,主要分布在断裂带内及其附近,主要的蚀变有:黄铁绢英岩化、绢云母化、白云母化、硅化、绿泥石化、碳酸盐化。现将各蚀变作用分述如下。

(1)黄铁绢英岩化:当黄铁矿化、绢云母化和硅化都很强烈时称为黄铁绢英岩化,主要由热液蚀变而成,与金矿化关系密切。

(2)硅化:石英呈微粒集合体交代岩石,使岩石硅质增多,硬度增大,或者石英沿裂隙进行充填交代,呈细脉或网脉状,局部呈团块状产出。硅化和黄铁矿化相伴,与金矿化关系密切。

(3)绢云母化和白云母化:由云母类矿物及其他矿物蚀变形成,单一的绢云母化和白云母化与金矿化关系不密切。

(4)绿泥石化:呈脉状、薄膜状局部团块状产出,其沿黄铁矿裂隙、白云母裂隙等穿插,属后期热液作用产物;或沿着糜棱理、劈理、片理渗透交代,属动力变质作用产物。

(5)碳酸盐化:呈细脉或网脉状,局部团块状充填于岩石的裂隙中,同时伴有硅化、绿泥石化,多为晚期蚀变产物。

(6)褐铁矿化:呈薄膜状、团块状产出,充填于岩石的裂隙中,同时伴有硅化、绿泥石化碳酸盐化,多为晚期蚀变产物。

3 地球物理化学特征

3.1 地球物理特征

矿区内出露地层主要为辽河群盖县组,主要由二云石英片岩夹变粒岩和千枚岩组成,是北西向含金矿化带直接围岩。通过电法勘查工作,围岩电阻率一般为1 000~1 500 $\Omega \cdot m$,矿化带中因含多金属硫化物,如黄铁矿、磁黄铁矿、方铅矿和闪锌矿等,电阻率变低,一般为300~500 $\Omega \cdot m$;矿化带中由于多金属硫化物的富集,使极化率呈高值反映,其值可达7%~10%,而围岩仅为4%~5%;自然电场梯度在矿化带附近出现零值。凡是视电阻率呈低值,极化率呈高值,并伴随自然电场梯度有零值反映的地段,一般应为矿化带。

I 矿化带视电阻率变化较大,最大值为1 900 $\Omega \cdot m$,最小值为100 $\Omega \cdot m$,用400 $\Omega \cdot m$ 圈定异常;极化率最大值为8%~10%,用7%圈定异常;自然电场梯度变化较大,最大值为70 mv,最小值为-60 mv。

从I 矿化带上所做的物探成果可以看出,存在ZH_I、ZH_{II}、ZH_{III} 3个综合异常,其中ZH_I和ZH

Ⅱ是查找与金属硫化物有关金矿的有利地段。

3.2 地球化学特征

(1)测区共采集岩石样品 341 件,为钻孔、坑道和槽探样品,分析元素有 Au、Ag、As、Cu、Pb、Zn、Hg、Sb、W、Mo、Co、Ni。用岩石数据(不包括 Mo 元素)制作赵家堡子测区岩石地球化学元素相关系数谱系图。从图 1 看出,指示元素大致为 3 个组,Au、As 以 0.5 的水平紧密结合在一起,与本地区的金矿化有关;Pb、Zn、Cu、Ag、Sb 元素以 $R=0.73$ 水平紧密结合在一起,表明该组合与该地区有明显的 Pb、Zn 等有色金属的矿化;Pb、Zn 2 元素以 $R=0.92$ 水平结合在一起。由此表明,该地区同时存在 2 种不同类型的矿化作用,即金矿化和铅锌矿化。Co、Ni、W 元素与本区成矿没有关系。

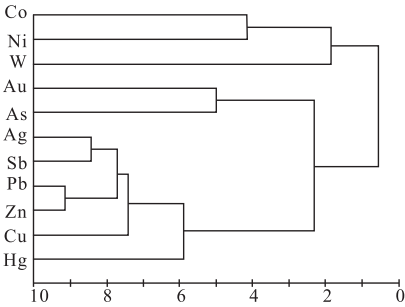


图 1 赵家堡子测区岩石地球化学元素相关系数谱系图
Fig. 1 Zhaojiapuzi area measured geochemical correlation coefficient spectrum

(2)测区共采集土壤样品 979 件,分析元素有 Au、Ag、As、Cu、Pb、Zn、Hg、Sb。表 1 为全区土壤中元素的含量,采用了一步剔除法(算术平均值加减 2 倍标准差)。从统计结果分析:①变化系数大于 0.5 的元素有 Ag、Hg。②富集系数除 Sb 以外均大于 0.5,大于 1.2 的元素有 Ag、As、Hg,其中 Hg 元素富集系数在 2.0 以上,为显著富集。综合分析认为,赵家堡子地区存在金矿化和铅锌矿化 2 种类型的矿化作用。在金矿化区,从地表土壤中元素含量特征来看,存在前缘晕特征。

背景值及异常下限的确定:数理统计采用了土壤测量样品 979 件。首先对各分析元素进行了分布类型检验,检验结果多数元素呈对数正态分布,只有 Ag、Hg 元素呈非对数正态分布。背景值及异常下限的确定采用柯尔基洛夫-斯米尔诺夫非参数统计检验方法,首先对所有元素取对数,经两步剔除平均

值加减两倍标准差的离群样品后,求得平均值($\bar{x}$)和标准差(S),背景值 C_0 为平均值($\bar{x}$)的反对数;异常下限 T 为平均值加减两倍标准差($\bar{x}+2S$)反对数,具体统计结果见表 2。

表 1 赵家堡子测区土壤中元素含量特征表
Tab. 1 Zhaojiapuzi measured characteristics of element content in soil

元素	样本	平均值	标准差	变化系数	富集系数	中国平均土壤
Au	907	1.295	0.581	0.45	0.93	1.4
Ag	592	0.111	0.076	0.68	1.39	0.08
As	901	15.640	6.936	0.44	1.56	10
Cu	916	23.238	8.473	0.36	0.97	24
Pb	920	19.857	5.843	0.29	0.86	23
Zn	934	65.375	12.505	0.19	0.96	68
Sb	610	0.886	0.284	0.32	0.11	0.8
Hg	346	0.192	0.113	0.59	4.80	0.04

注: Au 含量单位为 $\times 10^{-9}$; 其他为 $\times 10^{-6}$; 中国平均土壤采用焉明才(1996)。

表 2 指示元素背景值及异常下限表
Tab. 2 Indicates the element background values and threshold

元素	Au	Ag	As	Cu	Pb	Zn	Sb	Hg
S	0.103	—1.068	1.213	1.337	1.278	1.806	—0.075	—0.552
Co	0.251	0.218	0.195	0.135	0.109	0.070	0.116	0.346
T	1.03	0.086	16.33	21.73	18.97	63.97	0.841	0.301
S	2	0.25	25	50	35	90	1.4	1.4

注: Au 含量单位为 $\times 10^{-9}$, 其他为 $\times 10^{-6}$ 。

异常特征及评价:该区土壤中元素含量较低,但是能够明显反应下伏矿(化)体的位置。土壤测量以 Au 元素异常为主,共分为 11 个综合元素异常,分别为 TR1、TR2、TR3、TR4、TR5、TR6、TR7、TR8、TR9、TR10 和 TR11。As 异常在Ⅰ矿带 Ft_1 、 Ft_2 、 Ft_3 和 V 矿带上比较发育,Ag 异常在 V 矿带的中段比较发育,Sb 异常在矿带上都有反应,说明该区的金矿前缘晕发育。Pb、Zn 元素异常强度较低。可见本区化探异常规模较大,与矿化带吻合较好,As、Sb 前缘晕异常明显。因此,该区具有较大的找矿潜力。

4 矿(化)体地质特征

4.1 矿(化)体特征

本区金矿主要赋存于含 Au 石英脉和含 Au 蚀变岩中,以充填注入和热液交代方式呈脉状、细脉状和扁豆状展布。全区共发现含 Au 矿(化)体 10 条,

分别产于辽河群盖县组片岩与印支期似斑状二长花岗岩和燕山期黑云二长花岗岩之中,严格受断裂构造控制。现就 I 矿(化)体的规模、产状和矿化特征为例进行叙述,其他详见表 3。

表 3 赵家堡子金矿矿(化)体特征一览表
Tab. 3 Zhaojiapuzi gold deposit (mineralization) feature list

金矿化带编号	延长(m)	延深(m)	宽度(m)	容矿围岩	控矿构造	产 状			矿化特征(×10 ⁻⁶)	备注
						走 向(°)	倾向	倾角(°)		
I	2 400	>370	20~100	石墨、绿泥绢云石英片岩	韧、脆性断裂	280~310	北东或南西	55~78	20.5(探槽) 80.3(钻孔) 5.56(钻孔) 5.32(钻孔) 3.95(坑道)	由三条近于平行的矿脉组成,由探槽、坑道、钻孔、控制
II	1 100	不详	10	二云石英片岩	韧、脆性断裂	295	北东	57	见矿化	由地表露头及探槽控制
III	380	不详	10	二云石英片岩	韧、脆性断裂	310	南西	40	见矿化	探槽控制
IV	1 400	>200	10~100	二云石英片岩	韧、脆性断裂	310~330	南西	30~40	35.2(钻孔) 6.20(钻孔) 5.78(槽) 2.70(槽) 1.19(槽)	由三条雁行排列矿脉组成,由探槽、坑道、钻孔控制
V	3 300	>50	100~200	二云石英片岩	韧、脆性断裂	310~330	南西	30~50	2.05(槽) 7.71(坑道) 14.708(坑) 19.45(坑)	探槽、坑道控制
VI	1 800	>150	1~5	似斑状二长花岗岩	脆性断裂	60	南东	45~75	4.05(槽) 1.33(槽) 4.54(坑道)	探槽、坑道、钻孔控制
VII	1 200	不详	1~5	似斑状二长花岗岩	脆性断裂	60	南东	75		探槽控制
VIII	500	不详	100	似斑状二长花岗岩	脆性断裂	60	南东	75	2.92(探槽)	探槽控制
IX	500	不详	60	千枚岩	韧、脆性断裂	310	北东	75~80	1.93(探槽)	坑道、地表露头
X	100	不详	50	黑云二长花岗岩	脆性断裂	315	南西	20	75.40(捡) 12.8(槽) 4.28(槽)	探槽控制

I 矿(化)体:位于矿区南部,为王家崴子金矿和独甸金矿的北西延续部位。由 3 条性质相同,走向近于平行的 Ft₁、Ft₂、Ft₃ 含 Au 破碎蚀变带构成,破碎蚀变带间距 30~40 m,单条含 Au 破碎蚀变带宽 0.80~4.50 m。

Ft₁ 含 Au 破碎蚀变带:位于 I 矿化带的北侧,赋存于含石墨、绿泥绢云石英片岩中,由 TC40、PD363、ZK13、ZK16 等 24 个工程控制,工程间距为 40~320 m,带宽 0.8~3.0 m,控制延长 2 400 m,最大控制延深 388 m。其产状为走向 280°~310°,倾向北东,倾角 55°~78°,由含 Au 石英脉、含 Au 蚀变角砾岩、断层泥、煌斑岩等组成。具硅化、黄铁矿化、绢英岩化、碳酸盐化、褐铁矿化等蚀变。该带中控制了 I₁₋₁ 和 I₁₋₂ 2 个金矿体。

Ft₂ 含 Au 破碎蚀变带:位于 I 矿化带的中部,由地表露头和 TC480-1、TC640、TC680、TC39-2 控制,工程间距 40~160 m,带宽 1.0~6.0 m,延长大于 1 000 m,其产状为走向 295°~320°,倾角 78°,倾向南西,由含 Au 破碎蚀变岩、含 Au 石英脉、断层泥组成。最高品位可达 80.3×10⁻⁶。该蚀变带控制了 I₂₋₁ 金矿体。

Ft₃ 含 Au 破碎蚀变带:位于 I 矿(化)体西南部,走向 305°,倾向南西,倾角 78°,宽 1.4~3.2 m,延长 600 m 左右,由 TC640、TC39-2 控制,由含 Au 石英脉和蚀变角砾岩构成。

4.2 矿石质量

4.2.1 矿物成分

通过对本区金矿体采集的矿石样品显微镜下观

察及电子探针分析研究,发现本区中矿石矿物成分有近 30 余种。金属矿物有银金矿、自然银、辉银矿、硫铁银矿、自然铋、辉钼矿、黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿、方铅矿、黝铜矿、胶状黄铁矿、磁铁矿等;非金属矿物有石英、碳酸盐矿物、绢云母、石墨、萤石、绿泥石、白云母、电气石,表生氧化矿物有白铅矿、铜蓝、褐铁矿、斑铜矿等。

黄铁矿:黄铁矿是金矿体中分布最广、数量最多的金属矿物,也是本区含 Au 石英脉中的重要找矿标志之一。矿石中主要呈细脉状、中细粒浸染

状、团块状产出。早期黄铁矿晶体多有碎裂现象,裂隙发育,并被后期黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、石英、碳酸盐类矿物充填交代。早期黄铁矿 Au 含量较低,特别是由单一粗粒黄铁矿组成的致密块状黄铁矿集合体,经显微镜下观察未发现一粒可见金粒,但在个别矿石中见早期黄铁矿被晚期黄铁矿、方铅矿、闪锌矿等叠加的金粒含量较多。根据矿石中矿物之间互相穿插关系及其共生组合、结构、构造等特点,可将黄铁矿大致划分为 4 个世代,主要特征见表 4。

表 4 黄铁矿在各世代主要特征对比表
Tab. 4 Different generations of pyrite in the comparison of main features

黄铁矿世代	I	II	III	IV
矿物组合	黄铁矿-绢云母	石英-黄铁矿	石英-多金属硫化物	黄铁矿-碳酸盐类矿物-石英
晶形	全自形晶立方体	自形-半自形立方体	半自形-自形晶立方体及五角十二面体	全自形晶立方体
粒径 (mm)	2~5,个别大于 5	1~3,个别大于 3	1~3,个别小于 0.5	小于 1~3
颜色	浅黄色	绿黄色	绿黄色	浅黄色
共生矿物	与烟灰色致密块状石英、绢云母共生	与灰白色及白色石英,极少量闪锌矿、方铅矿、自然金共生	与乳白色石英及方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、自然金共生	与石英、碳酸盐类矿物、绿泥石、萤石等共生
产出特征	呈浸染状产于石英脉上部及上盘围岩中	呈致密块状、条带状、细脉状产于石英脉上盘及脉体膨胀部位	呈致密块状、条带状产于石英脉中部或脉体膨胀部位	呈浸染状、细脉状及网脉状产于石英脉裂隙中及下盘部位

方铅矿:区内方铅矿出现 2 期。一期分布在磁黄铁矿型金矿石中;另一期分布在多金属硫化物型金矿石中,成为金矿物的主要载体矿物,与金矿物密切共生。方铅矿分布在各类含 Au 矿石中,分布特点见表 5。

表 5 方铅矿在各类金矿石中的分布特点对比表
Tab. 5 Galena in various types of gold ore distribution table

金矿石类型	磁黄铁矿型金矿石	多金属硫化物型金矿石
构造特点	多数呈细脉状	浸染状、团块状、致密块状
矿石中的含量	1%~5%	2%~5%
晶形	细粒状	粗粒立方体
粒度	0.1~0.5 mm	0.5~5 mm
方铅矿颜色	银灰色	银灰色
金矿物在方铅矿载体中嵌布	呈不规则粒状	呈规则粒状及细脉状
矿物组合类型	沿磁黄铁矿裂隙呈细脉状展布	沿黄铁矿及闪锌矿裂隙呈细脉状展布

4.2.2 矿石结构构造

矿石结构:本区矿石结构可分为 4 种:结晶结构、交代结构、固溶体分离结构(黄铜矿在闪锌矿中呈乳

滴状包体)和受压结构(磁黄铁矿在压力作用下形成聚片双晶)。结晶结构和交代结构是构成矿石的最主要结构类型,其中结晶结构中的半自形粒状结构、他形粒状结构以及交代结构中的粒间充填交代结构、裂隙充填交代结构及交代残余结构最为发育。

矿石构造:浸染状构造、脉状构造、团块状构造,不同矿石类型的矿物组合、结构构造及产出特征见表 6。

4.2.3 矿物组合特征

各类型矿石按其主要矿物的共生关系,可划分出不同的矿物组合类型,其中磁黄铁矿型矿石中包括:银金矿-磁黄铁矿-方铅矿;银金矿-磁黄铁矿-方铅矿-黄铁矿-石英;黄铁矿型矿石中包括:自然金-黄铁矿-石英;自然金-黄铁矿-闪锌矿-磁黄铁矿组合;多金属硫化物型金矿石中包括:银金矿-黄铁矿-闪锌矿-方铅矿-石英;银金矿-方铅矿-闪锌矿-黄铜矿-黄铁矿-黝铜矿-石英;氧化矿石中包括:自然金-石英-褐铁矿;自然金-石英-褐铁矿-黄铁矿-方铅矿-白铅矿组合。

4.2.4 金矿物赋存状态

本区金矿物均属金-银系列矿物亚类,根据矿相

镜下观察及电子探针分析确定为银金矿,其分析结果见表 7。

表 6 矿石类型、矿物组合及结构特征表
Tab. 6 ore types, mineral assemblages and textural characteristics table

矿石类型	矿物共生组合	金属矿物	脉石矿物	贵金属矿物	氧化矿物	矿石结构	矿石构造	产出部位
磁黄铁矿型	银金矿-磁黄铁矿-方铅矿;银金矿-磁黄铁矿-方铅矿-黄铁矿-石英;银金矿-磁黄铁矿-方铅矿-黄铁矿-闪锌矿-黄铜矿-石英	磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿、磁铁矿	石英、碳酸盐矿物、绿泥石	银金矿	褐铁矿	他形粒状、半自形粒状,充填细脉状交代结构,压碎结构	浸染状、团块状、致密块状	磁黄铁矿型金矿脉中
黄铁矿型	金-黄铁矿-石英;金-黄铁矿-闪锌矿-石英;金-黄铁矿-方铅矿-闪锌矿-石英	黄铁矿、闪锌矿、方铅矿	石英	金矿物	褐铁矿	细粒至粗粒自形及半自形粒状结构,压碎结构	浸染状、致密块状、团块状	黄铁矿型含金石英脉
多金属硫化物型	银金矿-闪锌矿-方铅矿-石英;银金矿-闪锌矿-方铅矿-黄铜矿-黄铁矿-石英;银金矿-黄铁矿-方铅矿-闪锌矿-黄铜矿-黝铜矿-石英	黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、黝铜矿	石英	银金矿	褐铁矿、白铅矿、铅矾、斑铜矿、铜蓝	细粒-粗粒自形及他形粒状,细脉充填交代,各种交代残余结构,压碎结构	团块状、条带状、致密块状、细脉状	多金属硫化物含金石英脉
氧化-半氧化型	金-石英-褐铁矿;金-石英-褐铁矿-白铅矿-铜蓝	黄铁矿、黄铜矿	石英	金矿物	褐铁矿、白铅矿、斑铜矿、铜蓝	交代残余结构,网格状结构	蜂窝状	产于表生氧化带中

表 7 金矿物电子探针分析结果表
Tab. 7 Electronic microprobe analysis result of gold mineral

探针分析点	Au(%)	Ag(%)	Au/(Au+Ag)	金矿物
1	78.53	21.47	785	银金矿
2	78.36	21.64	784	银金矿
3	78.85	21.15	789	银金矿
4	78.78	21.22	788	银金矿
5	78.07	21.93	781	银金矿
6	79.58	20.42	796	银金矿
7	78.81	21.19	788	银金矿
8	78.21	21.79	782	银金矿
9	77.26	22.74	773	银金矿
10	79.48	20.52	795	银金矿
11	77.09	22.93	771	银金矿
12	77.72	22.28	777	银金矿
13	77.66	22.34	777	银金矿
14	79.21	20.79	792	银金矿
15	78.87	21.13	789	银金矿
16	77.65	22.35	777	银金矿
17	77.56	22.44	776	银金矿

银金矿:反射色为金黄色,均质,在正交偏光镜下具不完全消光现象。银金矿形态可分为等轴状(粒状、乳滴状、不规则粒状)和延伸状(蠕虫状、长粒状、细脉状、树枝状),据 178 粒金矿物形态初步统计,等

粒金矿物占 32%,延伸金矿物占 68%。金矿物粒度大小变化范围为 0.001~0.08 mm,一般以 0.02~0.05 mm 最多。在不同种类金矿石中各载体矿物内嵌布的金粒数量也各不相同,其统计结果见表 8。

从表 8 可以看出,在磁黄铁矿型金矿石中发现金粒数为 46 粒,占 26%,赋存金矿物最多的是方铅矿,其次是磁黄铁矿;多金属硫化物型金矿石中金粒数为 132 粒,占 74%,赋存金矿物最多的是黄铁矿,其次是方铅矿、石英;而黄铁矿型及氧化物型金矿石显微镜下未发现有金粒。金矿物在矿石中的赋存状态有 3 种类型:包体金、间隙金、裂隙金。

包体金:在不同类型矿石中嵌布特点也不一样,磁黄铁矿型金矿石中包体金主要出现在磁黄铁矿及方铅矿晶体中。特别在方铅矿中金粒极细小呈尘点状展布,晶出时间比方铅矿稍早或同时,形成似出溶结构的现象。在多金属硫化物型矿石中包体金主要出现在中期阶段黄铁矿晶体及石英中,金矿物呈浑圆粒状为主,个别也有成椭圆状,与载体黄铁矿接触边界圆滑平整,显示出包体金比黄铁矿晶出时间稍早,并被随后晶出的黄铁矿包围有一定溶蚀现象。

间隙金:在磁黄铁矿型金矿石中主要嵌布在磁黄铁矿晶体边缘与方铅矿晶体的间隙缝中,有时有若干金粒围绕磁黄铁矿晶体分布或成环形脉状围绕磁黄铁矿晶体展布。间隙金多成粒状为主,边界圆

表 8 各种矿石类型载体矿物中的金粒数统计表
Tab. 8 Gold grain number statistics of various ore types in the carrier minerals

矿石类型 载体矿物	磁黄铁矿型		多金属硫化物型		黄铁矿型		氧化物型	
	金粒数	%	金粒数	%	金粒数	%	金粒数	%
黄铁矿	1	0.56	76	42.7				
磁黄铁矿	8	4.49						
闪锌矿	1	0.56	2	1.12				
方铅矿	36	20.22	18	10.11				
黄铜矿			1	0.56				
石英			35	19.66				

滑整齐。似脉状间隙金两壁特征不同,内侧壁较平直,外侧成锯齿状,显示出有内向外聚集的特点。在黄铁矿型矿石中可见到间隙金在黄铁矿晶体边缘晶出,显示出黄铁矿中分散金充分析出聚集呈半自形较规整大金粒。

裂隙金:在磁黄铁矿石及黄铜矿石中分布普遍,主要沿各种硫化物晶体裂隙充填,多呈不规则状及细脉状。在黄铁矿型矿石中,金赋存早期黄铁矿裂隙中。在磁黄铁矿型矿石中金主要沿磁黄铁矿裂隙充填。

上述 3 种类型金,包体金一般晶出时间稍早,裂隙金形成时间比载体矿物晚,而间隙金其形成时间还无法确定。

4.3 矿石类型

本区矿石的自然类型,按氧化程度、成因、矿物组合和矿石结构构造等特征划分为氧化-半氧化矿石和原生矿石 2 大类。

(1)氧化-半氧化矿石。本区氧化矿石和半氧化矿石数量很少,仅在地表或近地表氧化作用比较强的部位,矿石遭到局部氧化,形成氧化-半氧化矿石,呈现出蜂窝状、胶状、土状等特征。氧化-半氧化矿石中金属含量一般为 1%~5%,主要为褐铁矿、半假像及假像褐铁矿,其次为赤铁矿、针铁矿、磁赤铁矿、磁铁矿、铜蓝、白钨矿等。非金属矿物含量为 85%~95%,主要由石英、绢云母、绿泥石、白云母、碳酸盐矿物等组成。

(2)原生矿石。本区原生矿石根据矿物组合又可划分为金-黄铁矿型、金-多金属硫化物型和金-磁黄铁矿型 3 类。金-黄铁矿型和金-多金属硫化物型为本区主要的矿石类型,分布于各矿化带中,而金-磁黄铁矿型少见,仅见于Ⅸ号矿化带中。

5 矿床成因及找矿标志

5.1 矿床成因

赵家堡子金矿属于多来源、多阶段、多成因的中低温热液矿床,可分为 3 个成矿阶段。

(1)区域变质成矿阶段:辽河群盖县组片岩的原岩建造为含碳质、泥质的陆源碎屑沉积建造,在沉积岩形成的同时已经相对富集了 K、Na、Mg、Au、Ag、As、Cu、Pb、Zn、Fe、S、Si、Sb 等成矿成岩元素。在吕梁期经过广泛的区域变质作用同时使岩层中的 Au、Ag 等成矿元素活化,随着变质热液运移到有利的构造部位初步富集。

(2)韧性剪切作用成矿阶段:在吕梁运动晚期该处又处于高应力集中区,使岩石发生塑性变形,形成了北西向的韧性剪切带,同时,使 Au、Ag 等成矿元素再次活化转移、富集。

(3)岩浆作用成矿阶段:中生代随着构造岩浆的大面积侵入,形成了叠加在韧性剪切带之上的北西向韧-脆性断裂和北东向的脆性断裂,同时宏大的热源使地层中的金再次活化、迁移、富集,同岩浆所带来的大量成矿物质一起在有利的构造部位富集成矿,是本区金矿的主要成矿阶段。

5.2 找矿标志

(1)化探异常,特别是 Au、As、Pb 元素异常具有直接的找矿价值。

(2)物探低视电阻率、高极化率、自然电场零值异常呈带状分布,异常之间有较好吻合的地段。

(3)石墨、绿泥绢云石英片岩带中的断裂带是矿化富集的有利场所,所以寻找石墨、绿泥绢云石英片

岩带成为找矿的主要线索。

(4)片理化发育的地段中常有中基性岩脉侵入,在其侵入的部位边缘或附近构造带内是金成矿的有利部位。

(5)石英脉呈灰白色,节理、裂隙发育,裂隙中充填有细粒、团块状的黄铁矿、方铅矿、闪锌矿时金的品位较高。

(6)矿区内围岩蚀变强烈,主要分布在断裂带内及其附近,主要的蚀变有:黄铁绢英岩化、绢云母化、白云母化、硅化、绿泥石化、碳酸盐化。其中黄铁绢英岩化和硅化与金矿化关系尤为密切

6 结论

(1)区域上富含碳质、泥质的辽河群盖县组片岩是重要的矿源层,中生代大面岩浆侵入使地层中Au元素再次活化、迁移、富集,同岩浆所带来的大量成矿物质一起在构造的有利部位富集成矿,是本区金矿的主要成矿阶段。

(2)区域上北西向岩浆岩接触带受韧性剪切带控制,是主要的成矿带,矿体规模大,Au品位较高;北东向矿体规模较小,Au品位相对较低。

参考文献(References):

潘贵馨. 辽宁省营口市赵家堡子金矿普查报告[R]. 辽宁省冶金地质勘查局地质勘查研究院, 2004.

张复新, 肖丽, 齐亚林. 卡林型一类卡林型金矿床勘查与研究回顾及展望[J]. 中国地质, 2004, 31(4): 406-412.

Zhang Fuxin, Xiao Li, Qi Yalin. Exploration and study of Carlin and Carlin-like type gold deposits: review and prospect[J]. Geology in China, 2004, 31(4): 406-412.

王伟涛, 肖丽, 周铁锁, 等. 南秦岭夏家店卡林型金矿床构造特征与成矿关系[J]. 西北地质, 2004, 37(3): 61-66.

Wang Weitao, Xiao Li, Zhou Tiesuo, et al. Tectonic and mineralization of Xiajidian Carlin-type gold deposit in South Qinling, Shaanxi[J]. Northwest Geology, 2004, 37(3): 61-66.

陈衍景, 张静, 张复新, 等. 西秦岭地区卡林一类卡林型金矿床及其成矿时间、构造背景和模式[J]. 地质论评, 2004, 50(2): 134-152.

Chen Yanjing, Zhang Jing, Zhang Fuxin, et al. Carlin and Carlin-like gold deposits in western Qinling mountains

and their metallogenic time, tectonic setting and model [J]. Geology Reviews, 2004, 50(2): 134-152.

任涛, 樊忠平, 原莲肖, 等. 南秦岭东段早寒武世黑色岩系金钼成矿特征与找矿方向-以夏家店矿床为例[J]. 西北地质, 2007, 40(2): 85-94.

Ren tao, Fan Zhongping, Yuan Lianxiao, et al. Metallogenic Characteristics and Prospecting target of Au-V deposits in early cambrian black rock series in the eastern South Qinling: a case study of the Xiajidian deposit [J]. Northwest Geology, 2007, 40(2): 85-94.

毛景文. 西秦岭地区造山型与卡林型金矿床[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2001, 20(1): 11-13.

Mao Jingwen. Geology, distribution and classification of gold deposits in the western Qinling belt, central China [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2001, 20(1): 11-13.

丰成友, 张德全, 王富春, 等. 青海东昆仑复合造山过程及典型造山型金矿地质[J]. 地球学报, 2004, 25(4): 415-422

Feng Chengyou, Zhang Dequan, Wang Fuchun, et al. Multiple orogenic processes and geological characteristics of the major orogenic gold deposits in east Kunlun area, Qinghai province[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2004, 25(4): 415-422.

伊有昌, 陈树云, 文雪峰. 青海北祁连松树南沟造山型金矿床地质特征及矿床成因[J]. 黄金, 2006, 27(10): 16-19.

Yi Youchang, Chen Shuyun, Wen Xuefeng. Geological characteristics and metallogeny of the Songshugou orogenic deposit in northern Qilianshan, Qinghai [J]. Gold, 2006, 27(10): 16-19.

张德全, 王富春, 余宏全, 等. 柴北缘-东昆仑地区造山型金矿床的三级控矿构造系统[J]. 中国地质, 2007, 34(1): 92-100.

Zhang Dequan, Wang Fuchun, She Hongquan, et al. Three-order ore-controlling structural system of orogenic gold deposits in the northern Chaidamu-east Kunlun region [J]. Geology in China, 2007, 34(1): 92-100.

王靖华, 张复新, 于在平, 等. 秦岭金属矿床成矿系列与大陆造山带构造动力学背景[J]. 中国地质, 2002, 29(2): 192-196.

Wang Jinghua, Zhang Fuxin, Yu Zaiping, et al. Mineralogical series of metallic ore deposits in the Qinling mountains and tectonodynamic background of the continental orogenic belts[J]. Geology in China, 2002, 29(2): 192-196.