

一个与碱性杂岩体有关的金矿床 ——冀北东坪金矿

宋官祥

(武警黄金第八支队·河北省)

东坪金矿是我国首次发现的赋存于碱性杂岩体中的新类型金矿。金矿化与肉红色钾微斜长石化和硅化有关。矿物组合以自然金—多金属硫化物—金碲化物—氧化物为主。矿床成因为碱性杂岩体重熔、交代,钾长石化蚀变岩型。

关键词: 东坪金矿床; 碱性杂岩体; 钾长石化; 蚀变岩型



地质·矿床

东坪矿区位于华北地台燕山沉降带与内蒙地轴交界部位的南侧。北距尚义—崇礼—赤城深大断裂约10km。区域内太古界变质岩系分布广泛,其次是震旦系、侏罗系和第四系。深大断裂以北为太古界红旗营子群角闪岩相中级区域变质岩系,以南为太古界桑干群角闪岩相—麻粒岩相的中高级区域变质岩系。该深大断裂带为一大型推覆构造带,重力测量资料表明,该构造带已深切至莫霍面以下,主宰着本区的构造格局。伴随这条深大断裂有两条北西西向的次级断裂,分布于水泉沟碱性杂岩体的南北两侧,南倾,倾角陡(图1)。

杨木洼—炮壤断裂(F_1),分布于岩体北侧,控制着后沟、桃沟、北沟、金家庄及杨木洼等矿床、矿点的分布。中山沟—红花背—上水泉断裂(F_2),局部地表有露头,大部据卫片推断,控制着中山沟、王子府、东坪等矿床、矿点的分布。区内岩浆活动频繁而强烈,五台—吕梁期形成一系列小超基性岩体,华力西期岩浆侵入并伴随有强烈的多期次的碱质交代作用,形成与本区金矿化有关的水泉沟碱性杂岩体,燕山期岩浆侵入活动形成了红花梁花岗岩和温泉、谷嘴子、响水沟3个巨斑状花岗岩、北栅子花岗岩、上水泉花岗岩及中酸性岩脉。

水泉沟碱性杂岩体简况

该杂岩体呈长条状侵入到太古界桑干群变质岩系中,西端和中部被侏罗系覆盖,东端被温泉斑状花岗岩所截(见图1)。长轴方向 290° ,向两侧倾斜,南盘倾角 $40^\circ\sim 50^\circ$,北盘倾角 $75^\circ\sim 80^\circ$ 。长54km,宽 $4\sim 8.5$ km,面积 340km^2 。

岩体与围岩的接触关系,因岩石成因不同而有别。辉石角闪二长岩、角闪二长岩与桑干群变质岩系为明显的侵入接触,而二长岩、石英二长岩、正长岩往往存在过渡带,局部也有明显的侵入接触关系。

1. 岩体的岩石学特征

岩性复杂,变化大,各岩性有渐变关系,也有明显的侵入接触关系。主要岩石为角闪二长岩、辉石角闪二长岩、二长岩、石英二长岩、正长岩、石英正长岩、霓辉二长岩、霓辉正长岩,还有零星分布的钾长伟晶岩、石榴二长岩,以及与二长岩、石英二长岩有明显界线呈脉状穿插的细粒石英二长岩等。其中角闪二长岩、二长岩和正长岩构成杂岩体之主体。角闪二长岩、辉石角闪二长岩分布于西北部,其他岩石分布于东南部。

2. 岩体的矿物成分

(1) 岩石的矿物成分 主要是钾长石、斜长石、角闪石、石英、辉石等(表1)。

水泉沟岩体两种成因类型的岩石结构构造特征

表 2

岩石成因类型	主要岩性	矿物粒度	均匀程度		结构	构造	注
			矿物成分	矿物粒度			
同熔型	辉石角闪二长岩、角闪二长岩	中粗粒	均匀	均匀	变晶结构为主, 交代结构为次	似片麻状、条纹状和条痕状构造	脉岩不发育
重熔-交代型	二长岩、正长岩、石英二长岩	粗、中、细粒均有, 以中粒为主	不均匀, 变化大	粗、中、细粒均有, 分布不均匀	以净边、蚕食、残留、蠕虫、条纹等交代结构为主	斑杂状构造为主, 局部为块状	脉岩较发育, 尤其巨晶钾长石脉局部发育

种类一致, 主要为磁铁矿、榍石、锆石、褐帘石、钙铁榴石和磷灰石, 反映岩石具有同源性和继承性。

3. 岩体岩石化学特征

(1) 岩体中主要岩石的属性 角闪二长岩类(包括辉石角闪二长岩、石英角闪二长岩) SiO_2 含量为 56.79~63.51%, 霓辉二长岩、霓辉正长岩 SiO_2 含量为 60.80~61.58%, 属中性岩, 而二长岩、石英二长岩、正长岩、石英正长岩 SiO_2 含量为 63.51~70.84%, 属中偏酸性岩, 与我国同类岩石比较, Ca、Mg、Fe 偏低, K、Na 偏高。据邱家骥(1985) 对中性岩里特曼指数(σ) 三分原则, 岩体各类岩石 σ 值在 3.925~5.829 之间^①, 应归入碱性岩。

(2) 岩石的化学成分特征 ①角闪二长岩类与二长岩、正长岩类相比, 含 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 MgO 、 CaO 、 MnO 、 TiO_2 、 P_2O_5 、 H_2O 较富, 而 K_2O 、 Na_2O 、 SiO_2 较贫, 反映了二者成因上的差异。②除辉石角闪二长岩样品少, 代表性不强外, $\text{Fe}^{3+} > \text{Fe}^{2+}$, 氧化系数为 0.576~0.713, 表明岩石是在氧化性较强的环境下生成。③二长岩与正长岩大部分元素含量相似, 仅 K_2O 与 Na_2O 高低有别。④与正常岩浆岩相比, H_2O 含量均较低。

4. 岩石结构构造特征

岩体不同成因类型的岩石结构构造见表 2。从中可见, 不同成因类型岩石, 从矿物粒度、均匀分布程度、结构和构造上都有明显差异。

5. 稀土 (TR) 配分模式

角闪二长岩中稀土丰度高, REE 为 198.34ppm, $\text{LREE}/\text{HREE} = 6.18$, 具同熔性特点。二长岩中稀土丰度值明显比角闪二长岩低, REE = 26.15ppm, LREE/HREE 为 2.64, 二长岩符合变质成因

岩石中 REE 丰度较低的特点。

关于岩体成因, 经岩石学、地球化学、成因矿物学、稀土配分模式、同位素特征、副矿物特征、岩石结构, 以及岩体与围岩接触关系等方面的研究, 认为该杂岩体是由同熔型角闪二长岩经多次重熔、碱质交代作用, 演化为二长岩、石英二长岩、正长岩组合, 最终形成由多种岩性组成的碱性杂岩体。

成矿地质条件

1. 岩性对矿床的控制作用

东坪矿区位于水泉沟碱性杂岩体中段向南凸出部位之内侧。出露的主要岩石为该杂岩体重熔、交代作用形成的二长岩、石英二长岩, 以及零星分布的正长岩、霓辉二长岩、石榴二长岩及呈脉状产出的细粒石英二长岩和中性脉岩。岩体南侧有太古界桑干群变质岩系, 岩体内有零星分布的变质岩捕虏体。

矿区已发现大小金矿脉 60 余条 (图 2), 主要矿脉分布于二长岩、石英二长岩中, 较晚的呈脉状产出的细粒石英二长岩, 不利于金矿化, 岩性控矿十分明显。中、粗粒二长岩和石英二长岩类, 由于矿物颗粒较粗, 分布不均匀, 有利于断裂、裂隙的形成, 特别是在有巨大压力存在的部位, 这种脆性、韧脆性的岩石在减压扩容地段可形成比较宽的断裂、裂隙发育带, 产生较宽的钾化蚀变带和金矿化带。这说明处于封闭环境下的裂隙发育带, 有利于热液活动和充填交代作用的进行。它既是含金热液活动迁移的通道, 又是含金物质沉淀的场所, 为热

^①据武警黄金指挥部黄金地质研究所邓乃达等 (1988), 下同。

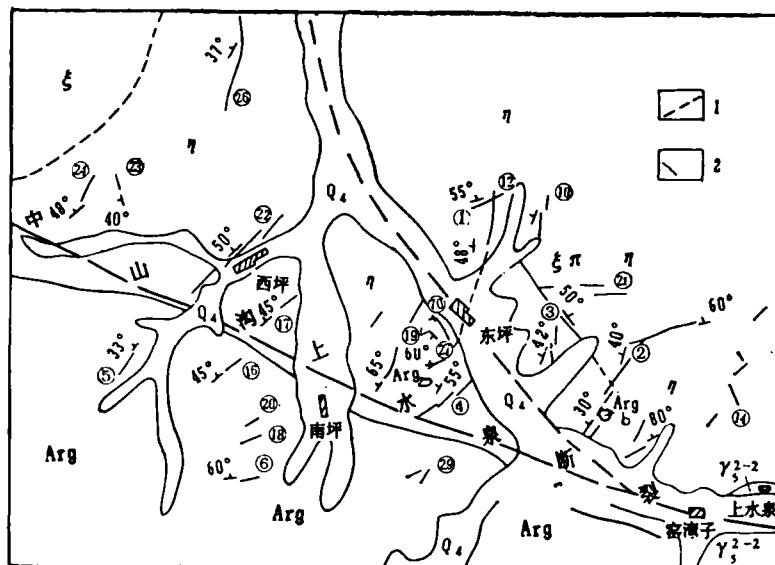


图 2 东坪矿区地质略图

Q₄—第四系; Arg—太古界桑干群; γ₅²⁻²—花岗岩; η—二长岩; ξ—正长岩; ξπ—正长斑岩;
1—推测断层; 2—含金石英脉

水泉沟杂岩体内不同岩性、蚀变围岩和矿体的微量元素含量*

表 3

元 素	克拉克值	杂 岩 体 元 素 含 量			1 号脉元素含量		1、2 号脉元素含量	
		角闪岩体	角闪二长岩	二长岩、正长岩	蚀变围岩	矿 体	蚀变围岩	矿 体
Au	4	7.49	12.54	5.44	195	54070	837.04	36837.0
Pb	12.5	11.4	11.1	11.4	26.2	420.9	22.5	306.1
Cu	55	11.3	12.5	10.7	15.9	31.9	14.1	32.2
Bi	0.17	0.07	0.07	0.07	0.024	0.855	0.05	1.23
As	1.8	0.74	0.80	0.70	0.62	1.19	0.59	1.23
Sr	375	1453.2	1571.8	1404.8	531	64	518.4	82.0
Ba	425	1745.2	1508.5	1841.7	838	255	1003.2	321.8
V	135	62.1	98.6	47.2	20	8	21.6	11.0
样品数		221	64	157	42	53	57	81

* 含量单位: Au为ppb, 其它均为ppm。

(据武警黄金地质研究所资料综合)

液充填交代、成矿物质沉淀提供了极有利的空间。反之, 呈脉状穿插的细粒石英二长岩, 由于自身致密、矿物分布均匀, SiO₂含量高, 在应力作用下, 不易形成断裂和裂隙, 不利于交代、充填作用的进行, 蚀变减弱, 矿化轻微, 矿体变贫变薄, 甚至尖灭。因此二长岩、石英二长岩中的断裂、裂隙发育地段是找金的重要部位。

据中国地质大学(武汉, 转引自河北地质学院资料)和北京大学地质系资料, 本区石英脉δ¹⁸O分别

为11.3‰和11.19‰, 说明矿液主要为重熔、交代作用产生的岩浆热液。

岩体两种成因类型岩石微量元素分析结果列于表3。从角闪二长岩含Au丰度为12.54ppb、二长岩+正长岩类含Au丰度为5.44ppb这一现象说明, 角闪二长岩类在重熔、交代作用中, 不仅产生二长岩、正长岩, 也使易活化的Au解析出来进入热液而被搬运, 准备了丰富的成矿物质。因此, 可以说二长岩、正长岩、石英二长岩是控矿的主要条件之

一。

2. 赋矿构造特征及其对矿床的控制

本金矿主要矿脉均分布于碱性杂岩体向南凸出部位的内接触带。该段岩体界线呈北西西向,走向的变化部位是构造应力集中区,断裂、裂隙十分发育,形成矿区内呈线性构造的密集区。据重力测量资料分析,该段岩体向南倾斜,倾角 $45^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 。接触带上的不透水片理化带,对成矿热液起屏蔽作用,利于含金热液在沿断裂运移至近地表岩体内断裂、裂隙系统中富集成矿。

赋矿断裂、裂隙构造按走向可分3组,即北西向、北北东向和北东向。北西向断裂(或裂隙)与北北东或北东向断裂组成共轭扭性断裂系统。由于构造的继承性活动,沿早期形成的菱形格子状构造,形成追踪断裂(裂隙)构造。含矿构造受两个方向断裂控制,因此,走向局部北北东(或北东)、北西,总体近南北向,矿脉规模很大,达 $700\sim 1000\text{m}$ 。由于扭动作用,处于引张地段形成北西向张扭性和扭性断裂、裂隙带,矿体厚大呈囊状;处于挤压部位时,形成单一的北北东或北东向断裂,矿体较薄。当上述两组断裂、裂隙构造发育时,矿体规模很大,如1号脉。当北西向断裂、裂隙构造不发育时,则形成幕状排列的断裂带,如2、22号脉。若北北东向断裂不发育时,则形成一定宽度的裂隙密集带,如70号脉。主要矿脉均受控于上述共轭构造,只不过由于两组断裂构造在不同矿脉上发育程度不同,而使各矿脉形态、规模有所差异。

成矿阶段构造活动叠加部和含矿构造切穿早期形成的北东向石英脉时,由于构造的复活和石英脉所起隔档作用,都有利于金矿化的富集。

3. 围岩蚀变及其与金矿化的关系

(1) 钾长石化 由成矿热液沿断裂、裂隙对二长岩、石英二长岩强烈地进行钾质交代所生成,中粒结构为主,由微斜长石组成。与石英脉关系密切,分布于石英脉两侧或复脉之间。尤其在石英脉呈复脉、网脉、构造裂隙发育部位,或有早期形成的北东向石英脉与含矿构造相交时,在早期石英脉下盘局部形成囊状体,厚可达 10m 以上。钾长石化有两期,第一期砖红色致密状,含 $\text{Au} 3.92\text{g/t}$;第二期为肉红色中粒钾长石,含 Au 达 48.99g/t 。钾长石化越发育,矿体厚度越大。

(2) 硅化 主要沿断裂和裂隙形成规模不等的石英脉,其次为伴随钾长石化交代二长岩、石英

二长岩。灰白色油脂光泽或多期穿插的石英脉金矿化强烈。

(3) 绢云母化 一般不甚发育,在钾长石化带外侧或深部伴随石英细脉或网脉产出。

(4) 黄铁矿化 黄铁矿是重要的载金矿物,在石英脉中呈浸染状或不规则条带状分布;在裂隙发育处呈细脉浸染状分布。单矿物分析含 $\text{Au} 2750.2\text{g/t}$ (据宋瑞先),氧化带形成褐铁矿,与黄铁矿同为重要的找矿标志。

以上4种蚀变,为本区重要的找矿判别标志,尤其在多种蚀变叠加处,对矿化更为有利。

矿床地质特征

1. 矿脉形态、规模和产状

矿区共发现含金地质体60余个,主要为1、2、3、22、70号等5条脉体。长数十至数百米,最长近千米。北北东—北东向石英脉呈单脉,几乎没有分枝,厚度仅 $n\sim 30\text{cm}$,走向延长由浅部的 $40\sim 90\text{m}$,逐渐变为深部的 $5\sim 15\text{m}$ 。就北北东—北东向脉体而言,总体上呈左侧幕状(1、2、3号脉)或右侧幕状(22号脉)排列。北西向一组,如以单脉产出,则厚度增大,达 $0.7\sim 2\text{m}$;如以复脉形式产出时,则水平面上呈右侧幕排列,倾向上呈后侧式排列。单脉厚 $0.n\sim 30\text{cm}$,走向上延长由浅部 $20\sim 30\text{m}$ 逐步变为深部 $50\sim 70\text{m}$ 。脉体总体走向近南北向,局部北北东或北西,倾向为北西或南西,倾角 $30\sim 50^{\circ}$ 。

2. 金矿体特征

断裂、裂隙构造和钾长石化为主的围岩蚀变及中粒斑杂状二长岩、石英二长岩有机的结合,对金矿体的控制作用至关重要。金矿体由含金硫化物石英单脉、侧幕状排列的石英复脉、羽毛状支脉、细脉带或密集平行排列的裂隙带,以及与之伴生的钾长石化蚀变带、细脉浸染状黄铁矿化中细粒斑杂状二长岩和石英二长岩组成。矿体没有明显的自然边界,要靠化学分析圈定。

矿体呈似层状,局部呈囊状或有分枝复合现象。长 $100\sim 700\text{m}$,厚 $1\sim 10\text{m}$,最厚 40m ,沿倾斜延深 $100\sim 460\text{m}$,由多层矿组成(图3)。各矿脉矿体含 Au 一般为 $5\sim 20\text{g/t}$,单样最高品位达数百 g/t 。较薄的矿体 Au 品位一般以石英脉为中心,向外依次降低;中心一般为 $10\sim n\times 10\text{g/t}$,较厚的矿体多有几层是高品位的,边部与高品位层位之间为低

品位地段。

矿物组合，从全区来看，1400m标高以上，矿物组成复杂，由多金属硫化物、氧化物、碲化物及金属物组成；1400m 标高以下，矿物组成则较简单，以黄铁矿为主，少量赤铁矿及自然金组成。

矿体产状因脉而异。1、3号脉总体走向近南北，倾向南或北西，倾角35~50°；2、22号脉体走向20~35°，倾向北西，倾角30~55°；70号脉走向320°，倾向南西，倾角45~50°。

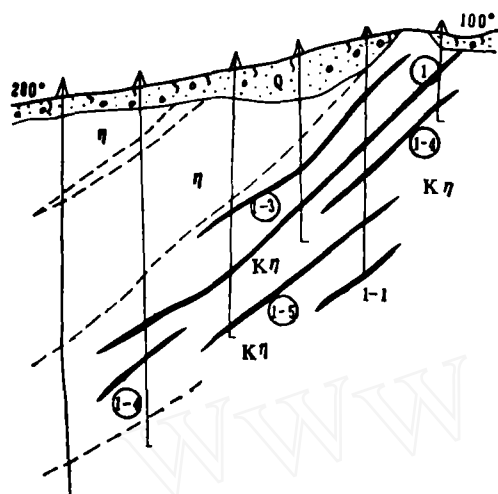


图 3 东坪矿区Ⅱ号勘探线地质剖面图

Q—第四系；η—二长岩及石英二长岩；

Kη—钾长石化；①—矿脉及其编号

3. 矿物物质组成及金矿物特征

(1) 矿物组合 以自然金—金碲化物—多金属硫化物为主并含有较多铁氧化物；且有表生自然金和铅锌碲的金矿物。该矿区矿石属少硫化物型，金属矿物仅占1.3%（据长春黄金研究所），脉石矿物占98.7%，但金属矿物组成复杂（表4）。

金矿物主要为自然金，其次为碲金矿、铅金矿、含铅锌碲的金矿物（矿物尚未定名，据邓乃达等，1988）。载金矿物有石英、微斜长石、黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、褐铁矿等。

(2) 矿石元素组合 常量元素主要为SiO₂、Al₂O₃、K₂O、Na₂O、FeO、Fe₂O₃。微量元素有Au、Ag、Cu、Zn、Pb、Te、S，以及稀有、稀散元素等约30余种。除Au外，其他元素含量均较低。Au与Ag、Pb、K、Rb、Cu呈正相关，与Ca、Sr、Na呈负相关（图4）。

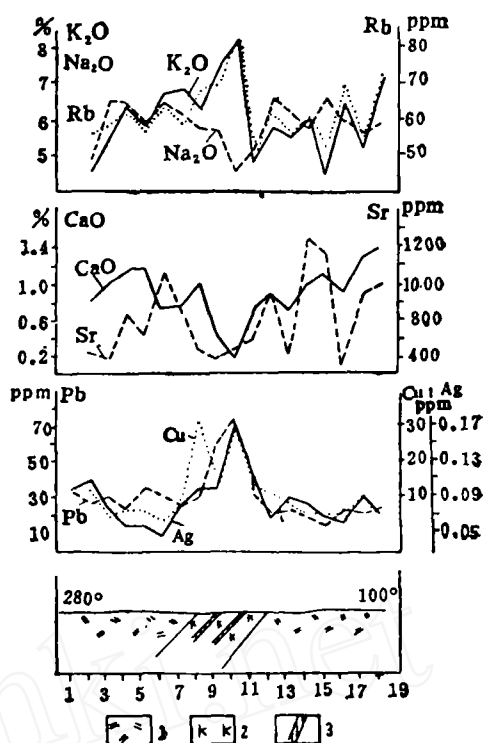


图 4 1号脉 YD6 坑附近微量元素含量变化曲线

1—钾长石化蚀变二长岩；2—钾长石化蚀变带；3—石英脉

(3) 金矿物特征 金矿物以自然金为主，其次为碲金矿、铅金矿及少量含铅锌碲的金矿物。

①自然金。原生者粒度较粗，>0.037mm的占86.6%，多为不规则粒状、枝叉状及片状，还可见八面体及八面体与立方体的聚形，Au成色达934.8~969.7。氧化带还有少量呈片状、粒状、粉末状、蜂窝状的次生金。

②碲金矿。呈片状、枝叉状、乳滴状，与方铅矿、黄铁矿、自然金共生或连生，氧化带被次生自然金和含铅锌碲的金矿物交代。

4. 矿石的结构和构造

结构主要有自形一半自形粒状、交代、包含、乳滴状、港湾状、骸晶结构等；构造主要有浸染状、条带状、角砾状、细脉状构造等。

5. 矿石类型

主要有黄铁石英脉型、多金属石英脉型、黄铁石英复脉钾长石型、黄铁矿钾长石型、氧化物石英脉型和细脉浸染型等。

矿石中各种矿物相对含量 (%)

表 4

	矿 物 名 称	含 量
矿 石 矿 物	黄铁矿、磁黄铁矿	0.167
	黄铜矿、斑铜矿、黝铜矿、蓝辉铜矿、蓝铜矿、孔雀石	0.067
	方铅矿、辉锑矿、白铅矿、铅矾、碲铅矿、碲铋矿、自然碲	0.016
	闪锌矿	0.009
	自然金、碲金矿、铅金矿、含铅碲的金矿物、淡红银矿、亮红银矿	数 量
	赤铁矿、镜铁矿、磁铁矿、褐铁矿	1.050
脉石矿物	石英、钾微斜长石、斜长石、绢云母、绿帘石、高岭土、重晶石、方解石、	98.691
	白云石、磷灰石、铅石、榴石	

6. 地球化学特征

对围岩、蚀变围岩及矿体中的 Au、Pb、Cu、Bi、As、Sr、Ba、V 等微量元素分析 (表 3) 表明, 从围岩→蚀变围岩→矿体, 各元素变化不同。Au 升高近万倍, Cu 升高数倍, Pb 升高数十倍, Sr、Ba、V 则明显下降, 表现为负异常。

从矿体走向看, 各元素含量变化与 Au 含量变化有关, Au 呈锯齿状变化, Pb、Cu、Bi 与 Au 呈正相关。As 变化很小, Sr、Ba、V 与金呈负相关。元素的水平分带不明显, 上、下盘变化不大。元素的垂直分带明显, 前缘元素为 As, 近矿元素为 Cu、Pb、Bi, 尾部为 Sr、Ba、V。由于矿化叠加作用, 元素在分带序列上有移动, 与多层矿特点相吻合。

7. 成矿阶段的划分

成矿期分为热液期和表生期。热液期可分为 6 个阶段: ①粗粒黄铁矿乳白色石英脉阶段; ②磁铁矿、赤铁矿灰白色石英脉阶段; ③五角十二面体、细粒黄铁矿灰白色中粗粒石英脉阶段; ④多金属硫化物、碲化物石英脉阶段; ⑤黄铁矿、镜铁石英脉阶段; ⑥碳酸盐、重晶石阶段。其中第③、④阶段为最重要的成矿阶段, 第⑥阶段已为热液活动的尾声。表生期为氧化带, 对金的富集起重要作用。

8. 金的富集规律

①多金属硫化物石英脉较其两侧钾长石化蚀变带金品位高; ②多阶段矿化叠加处金品位高; ③五角十二面体黄铁矿、立方体细粒集合体黄铁矿发育处富金; ④厚石英脉中, 底板比顶板金品位高; ⑤角砾状矿石富金; ⑥石英脉下盘钾长石化带比其上盘钾长石化带富金; ⑦钾长石化强烈处金品位高; ⑧灰白色石英脉比乳白色石英脉富金, 灰黑色半透明石英脉、玉髓状石英脉含金最少; ⑨矿脉由北北东—北东向北—北西时和由陡变缓处富金; ⑩以石英

脉为中心, 向其两侧金品位逐渐下降; ⑪成矿温度 >350~450°C 地段, 金品位变化很大, 矿体不连续, 常产窝子金; 成矿温度在 260~300°C 地段, 金品位稳定, 矿体也连续; ⑫褐铁矿发育处富金; ⑬由北西向密集的裂隙带控制的矿体, 一般金品位低; ⑭矿体由侧幕状排列的石英细脉带、裂隙带及钾长石化带构成时, 比由石英单脉及其两侧钾长石化带构成矿体时, 厚度明显增大。

矿床成因讨论

1. 矿质来源

许多地质工作者现已基本肯定, 桑干群顶部花家营组、涧沟河组为本矿床的矿源层。前者含金 9.3 ppb, 后者含金 7ppb。来自上地幔的物质, 同化了部分花家营组和涧沟河组变质岩, 形成角闪二长岩类岩石, 使金进一步富集。经微量金分析, 角闪二长岩含金 12.54ppb, 二长岩、石英二长岩、正长岩类含金 5.44ppb。这说明角闪二长岩类岩石, 在发生重熔、交代作用生成二长岩、石英二长岩和正长岩的过程中, 使角闪二长岩中易活化的金被激发活化, 萃取出来进入重熔、交代过程中产生的热液内, 为成矿准备了丰富的物质条件。

2. 矿液成因

成矿热液是 Au 和其他元素迁移、富集的主要因素。杂岩体中二长岩、石英二长岩、正长岩组合分布区是含金石英脉、含金钾长石化蚀变带集中区。从区域上, 东坪、后沟、桃沟、北沟、中山沟、小赵家沟等大中型金矿床均分布于上述三种岩石中。这说明重熔、交代作用不仅生成二长岩、石英二长岩、正长岩并析出大量 Au 和其他成矿元素, 而且生成富钾的硅质热液, 对 Au 和其他成矿

元素迁移富集于上述岩石的构造有利部位,以充填和交代形式成矿起决定性作用。二长岩氧同位素值为8‰,矿石氧同位素值为11.19~11.30‰。有人归纳,一般岩浆水 $\delta^{18}\text{O}$ 为5~10‰,变质水 $\delta^{18}\text{O}$ 为10~25‰,因此可以认为本区成矿热液主要为重熔、交代作用产生的岩浆水,也有变质水的加入。

3. 矿液性质

研究发现,本区矿物包裹体具有多期次、多数量和大体积($>2\mu\text{m}$)的特点,主要为气液和沸腾包裹体,多相和含子晶者罕见。含盐度较低,均一温度为200~450℃。可看出,成矿为多期、多阶段的特征。包裹体含大量 H_2O 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 CO_2 、K、Na以及Ca、Mg、F、 N_2 、CO、 CH_4 、 H_2 等组分。主要成分变化范围是: H_2O 25~1363.10ppm, CO_2 4.50~29.20ppm, Cl 2.68~40.70g/l, HCO_3 5.49~182.15g/l, SO_4 1.30~15.30g/l, K2.30~124.70g/l, Na5.20~34.70g/l, Ca1.40~18.57g/l, Mg0.60~1.81g/l。pH=4.92~8.62, Eh=-0.46~-0.935, f_{O_2} =30.75~31.36,表明热液为简单的Na+ H_2O 和NaCl+KCl+ H_2O 盐水体系,结合矿体围岩蚀变特征,推断矿液为富含 SiO_2 的碱质热液,晚期成矿溶液为弱酸至弱碱性。这种热液有利于Au呈Au、Cl络合物和Au、S络合物及 $\text{KAuCl}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NaAuCl}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 等稳定络合物迁移。

4. 矿床形成深度和成矿温度

用均一法进行矿物包裹体测温,2号脉成矿温度为320~350℃和365~450℃两期;1号脉主要为280~300℃;22号脉为235和319℃。成矿属中高温,且自东向西逐渐降低。测得压力为500~690 bar,经压力换算深度为22km。自然金成色高达934.8~969.7,并有完整的八面体和八面体与立方体的聚形及生长阶梯,均反映成矿温度为中高温和

在中深环境下成矿。

5. 硫同位素特征

据16件样品测定, $\delta^{34}\text{S}=-5.50\sim-13.50\%$,平均-7.63‰,与矿区南部老地层中小营盘金矿硫同位素值($\delta^{34}\text{S}=-6.9\sim-14.36\%$,平均-10.65‰)较接近,故认为硫来自桑干群上部。

6. 成岩成矿时代

岩体采用钾-氩法测定年龄为2.26~2.44亿年(分别据邵济安和中国地质大学)。由于岩体受多次变质作用和重熔交代作用,上述年龄只代表最后一次热事件的年龄,显然这是偏小的。成岩应在华力西期或更早。据3件矿石样品测定的钾-氩法年龄为1.772~2.0417亿年(分别据刘本立和宋瑞先),表明成矿时代为印支-燕山期。

7. 矿床成因

本金矿的形成,是长期多种地质作用使Au和其他元素不断活化、迁移、集中、叠加成矿的漫长过程。华力西期来自上地幔物质沿东西向深断裂带上侵过程中,同化了部分桑干群,形成同熔岩浆,冷凝生成角闪二长岩岩基。在深部热源作用下发生重熔和K、Na的交代作用,生成二长岩、石英二长岩、正长岩,同时产生富碱富硅热液。角闪二长岩中的Au,被激发活化富集到热液中,生成Au与Cl、Au与S和 $\text{NaAuCl}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{KAuCl}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 等稳定络合物,在热动力和地应力驱使下随矿液贯入赋矿构造中。由于温度、压力、酸碱度、氧化还原电位、氧逸度等的改变,热液溶解度降低, SiO_2 在断裂、裂隙构造中沉淀生成石英脉。钾质交代围岩生成钾微斜长石蚀变带。Au的稳定络合物发生分解生成自然金等金矿物和其他金属矿物,经多次成矿叠加,完成成矿过程。故认为东坪金矿床应属于重熔、交代中高温热液钾长石化蚀变岩型金矿床。

A Gold Deposit Associated with Alkali-Complex Rocks

Song Guanxiang

Being a new deposit type first found in China, the Dongping gold deposit occurs in alkali-complex rocks, with its mineralization related to yellowish pink-kali-microcline linization and silicification. Mineral assemblage consists of mainly native gold, polymetallic sulfides, tellurides of gold and oxides. The origin of the deposit belongs to the altered rock type bearing a relationship with the anatexis, metasomatism and kali-feldsparization alkali complex rocks.