

110-114

东坪金矿控矿地质因素及成矿模式

宋国瑞 郭能霖

(黄金第二总队)

P. 618.510.2

1 区域地质背景

东坪金矿处于中朝准地台北缘, 内蒙地轴与燕山台褶带交界部位的南侧。北距尚义—赤城深大断裂约 8 km。区内岩浆活动、构造变动和区域变质作用都十分强烈。

区内以尚义—赤城深大断裂为界, 以南为中太古界崇礼群, 以北为下元古界红旗营子群。崇礼群以斜长角闪岩片麻岩类为主, 夹有变粒岩和混合岩。红旗营子群以片麻岩变粒岩类为主, 夹有大理岩和石英岩等。侏罗系张家口组发育于断陷盆地内, 为陆源碎屑沉积和火山碎屑沉积, 主要有砂岩、砾岩、流纹质和凝灰质熔岩等。

沿尚义—赤城深大断裂两侧有频繁的岩浆活动, 形成了多期、多类型的侵入岩岩体。较大者有水泉沟碱性杂岩体、红花梁花岗岩体及温泉、谷咀子、响水沟斑状花岗岩体、水栅子、上水泉花岗岩体和小张家口超基性岩体等。以碱性杂岩体南缘与老变质岩系的接触带为界, 南侧为韩家沟背斜的北翼; 北侧则以发育脆性断裂和破裂为特点。据卫片解译, 水泉沟碱性杂岩体内, 北西西向的杨木洼—炮梁断裂控制着杨木洼、下两间房、后沟等金矿的分布; 中山沟—上水泉断裂则控制着中山沟、王子府、东坪等金矿的分布。上述断裂的次一级构造, 即北北东、北东及北西向为储矿构造, 东坪金矿则处于隐伏的北北东和北西向两组断裂构造的交汇部位。

2 矿床地质特征

东坪金矿区共发现大小矿脉70多条, 1号矿脉群为工业意义最大的矿脉, 总体走向为北北东向, 并具有明显的波状弯曲, 倾向北西, 倾角 55° — 35° , 北北东走向者多呈单脉, 北北西走向者则多呈复脉。

矿石属少硫化物型, 矿石矿物仅占 1.3% 左右, 以自然金—金碲化物—多金属硫化物组合为主。矿物成分以黄铁矿为主, 其次有铁的氧化物、自然金以及少量的多金属硫化物。自然金分布不均匀, 主要嵌布于脉石中, 载金矿物除石英外, 还有黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、褐铁矿等。Au 与 Ag、Pb、Cu、K、Rb 成正相关; 与 Ca、Na、Sr 为负相关关系。

金矿物以自然金为主, 其次为碲金矿、铅金矿、含铅碲的金矿物数种。金矿物粒度较粗, 常见明金, 粒径一般为 0.03—0.3 mm, 最大为 1—5 mm。自然金呈枝叉状、角砾状、片状、乳滴状, 还有八面体及其聚晶。自然金以裂隙金、晶隙金和包体金形式出现。

但主要为裂隙金。碲金矿呈片状、枝叉状与方铅矿、黄铁矿和自然金共生或连生。自然金成色为944.4—972.8。碲金矿为405.9—419.5。

矿石结构主要有自形—半自形粒状结构、交代结构、乳滴状结构、包含结构、港湾结构和骸晶结构等。矿石构造主要有脉状、网脉状、浸染状、晶洞状、梳状、角砾状、条带状和团块状等构造。

按矿石物质组成、结构和构造可将矿石划分为八种类型：细脉浸染状含金黄铁矿石英脉型；石英黄铁矿脉型；细网脉状含金多金属石英脉型；含金石英脉钾长石型；含金黄铁矿钾长石型；磁铁—赤铁矿石英脉型；镜铁矿钾长石型；细脉浸染状黄铁矿二长岩—石英二长岩蚀变岩型。

近矿围岩蚀变主要有钾长石化、硅化、绢云母化、黄铁矿化、碳酸盐化、重晶石化、绿帘石化和高岭土化等。强度上依次减弱，前三者与金矿化关系密切。

根据石英脉穿插关系及矿物共生组合等特征可将成矿作用划分成六个成矿阶段：（1）灰白色石英—硫化物阶段；（2）粗粒黄铁矿乳白色石英—砖红色钾长石化阶段；（3）五角十二面体、立方体黄铁矿，灰白色粗粒石英，砖红—肉红色钾长石化阶段；（4）石英—肉红色钾长石化—多金属硫化物、碲化物阶段；（5）石英、黄铁矿、镜铁矿阶段；（6）碳酸盐、重晶石阶段。其中（3）、（4）阶段为原生金矿物主要沉淀阶段。

3 崇礼群与成矿的关系

崇礼群变质岩系自下而上可分为西葛峪组、水地庄组、花家营组和涧沟河组。崇礼地区已发现200多条含金石英脉和含金破碎蚀变带，其中95%分布在花家营组和涧沟河组内。花家营组中、下部以榴辉斜长片麻岩为主，夹有麻粒岩和变粒岩，顶部有角闪二辉岩等，混合岩化发育。涧沟河组可分为3段：1段主要为石榴透辉斜长角闪岩、斜长角闪岩、辉石角闪石岩和角闪斜长片麻岩。2段以透辉斜长角闪岩、斑状含石榴透辉斜长角闪岩为主，夹条带状混合岩。3段以斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩为主，夹角闪变粒岩、混合岩、大理岩和石英岩等。

据岩石化学资料，上述岩石在西蒙南（ $al+fm$ ）—（ $c+alk$ ）—Si图解中的投影点均落于基性火山岩区^①。在AFM图解中，岩系分异趋向线转折向A点演化^①，以及片麻岩 $\delta^{18}O$ 为3.5—7.7‰（5件样品）^②，均显示出崇礼群的原岩为基性拉斑玄武岩。

被水泉沟碱性杂岩体侵位的崇礼群涧沟河组平均含金量为7.0 ppb（表1），为地壳丰度值的2倍。据上述资料推断涧沟河组就是东坪金矿的原始矿源层。

4 水泉沟碱性杂岩体与成矿的关系

水泉沟碱性杂岩体侵入于崇礼群涧沟河组中，呈近东西向带状分布，长约54km，宽4—8.5km，其产状据重力资料向北南两侧倾伏。同位素K—Ar法年龄为226—260Ma，属于华力西晚期。岩体岩性复杂，主要有角闪二长岩、石英角闪二长岩、二长岩、石英二长岩、

① 据王恩富资料；

② 据北京大学刘本立资料

表1 崇礼群各岩组含金丰度表

地 层 层 位	样品数量 (件)	Au (ppb)
中太古界崇礼群		
洞 沟 河 组	31	7.0
花 家 营 组	41	9.3
水 地 庄 组	32	1.1
西 葛 峪 组	38	1.1

据河北地质矿产局第三地质队资料

霓辉二长岩、正长岩、石英正长岩、霓辉正长岩等。各种岩石的主要矿物及其含量见表2。

表2 岩石主要矿物及其含量 (%) 统计表

岩 石 名 称	矿 物 种 类				
	钾长石	斜长石	石 英	辉 石	角闪石
角闪二长岩	30—35	30—50	0—5	0—5	10—30
石英角闪二长岩	30—35	30—50	5—10	0—5	10—30
霓辉二长岩	35—60	35—40	0—10	5—15	1—5
霓辉正长岩	50—65	10—25	0—10	5—15	1—5
正长岩	70—85	10—30	0—5	0—5	少 见
石英正长岩	70—85	10—30	5—10	0—5	少 见
			个别15		
二长岩	30—60	30—55	0—5	0—5	0—10
石英二长岩	30—60	30—55	5—10	0—5	0—10
			个别15		

碱性杂岩体中的角闪二长岩和石英角闪二长岩的 SiO_2 含量为58—60%，霓辉二长岩、霓辉正长岩为60—61%，都属于中性岩类。正长岩、石英正长岩和二长岩、石英二长岩的 SiO_2 含量稍高一些，平均为66.04%，属于中偏酸性岩类（表3）。二长岩和正长岩与中国同类岩石的化学成分比较表明（表4），Ca、Mg、Fe 相对偏低，K、Na 相对偏高，即岩体以偏碱性岩为主。岩体中各类岩石的里特曼指数 σ 值在3.925—5.829 之间属钙碱性系列。

角闪二长岩含金丰度为12.54ppb，二长岩、正长岩类含金丰度为5.44ppb，说明了岩浆在演化过程中，金进入岩浆期后热液，并在适宜的场所沉淀形成金矿体。

5 断裂构造与成矿的关系

东坪金矿产出于碱性杂岩体中段向南凸出部位的西侧，矿化强和规模大的工业矿体多产于多次活动形成的不同方向断裂的追踪构造中，尤以1、2号脉最为突出。而单一方向断裂控制的矿脉往往规模小，矿化弱，一般达不到工业要求。主要矿脉受两个方向断裂的控制，当追踪断裂形成并发生扭动时，引张地段对成矿十分有利。若在引张

表3 岩体不同岩性化学成分含量(%)统计表

化学成分	角闪	石英角	二长岩	石英	霓辉	正长岩	石英	霓辉
	二长岩	闪二长岩		二长岩	二长岩		正长岩	正长岩
SiO ₂	58.29	60.13	63.32	70.84	60.09	63.60	66.43	61.17
Al ₂ O ₃	17.70	15.89	16.97	14.44	18.05	17.32	14.99	17.62
Fe ₂ O ₃	5.73	5.70	2.34	1.86	4.18	2.19	1.47	2.95
FeO	2.46	2.29	1.30	0.85	2.23	1.05	1.08	1.43
MgO	1.21	0.86	0.35	0.41	0.72	0.49	0.13	0.34
CaO	4.14	2.82	1.41	0.86	2.78	1.47	0.31	1.92
K ₂ O	3.42	3.37	4.62	4.08	4.08	6.04	5.39	6.39
Na ₂ O	4.40	4.49	5.41	4.96	5.04	4.97	5.81	4.64
MnO	0.135	0.12	0.05	0.027	0.10	0.05	0.03	0.08
TiO ₂	0.55	0.47	0.17	0.07	0.41	0.13	0.06	0.25
P ₂ O ₅	0.29	0.35	0.12	0.07	0.19	0.08	0.08	0.15
H ₂ O	0.55 (13)	0.70 (4)	0.24 (25)	0.28 (3)	0.38 (2)	0.295 (2)	—	0.295 (4)
样品数	14	4	29	6	3	11	1	7

注：H₂O—栏()中数为分析样个数

表4 水泉沟岩体主要岩性与中国对应岩性化学成分(%)对比表

岩性	SiO ₂	CaO	MgO	FeO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	样品数
中国有关岩体正长岩和石英正长岩	60.62—71.41	1.04—5.12	0.66—3.09	1.13—2.22	1.22—2.98	14.37—17.52	3.27—7.54	3.25—4.99	
水泉沟岩体正长岩和石英正长岩	63.84	1.37	0.46	1.05	2.12	17.13	5.99	5.04	(12)
中国有关岩体二长岩和石英二长岩	56.32—65.74	2.58—6.37	1.09—2.12	1.82—3.83	1.75—3.71	15.11—19.93	2.86—4.293	2.99—5.39	
水泉沟岩体二长岩和石英二长岩	64.61	1.32	0.36	1.22	2.26	16.54	4.53	5.33	(35)

据廊坊黄金地质研究所 邢乃达资料

地段中发育有与之相交的不同方向的断裂时,则往往形成富矿体,如2号脉走向北东 29° 的矿体中出现北西向断裂时矿体变厚变富。成矿各阶段构造活动多次叠加部位和早期形成的石英脉下盘,由于矿化的叠加和石英脉的屏蔽作用,都有利于金矿化的富集。

6 成矿作用探讨

初步研究认为水泉沟岩体属同熔作用和重熔-交代作用生成的,其源岩是崇礼群。

源岩经同熔改造成岩浆过程中,分散的成矿物质逐渐得到聚集,同时分散在岩浆源周围岩层中的成矿物质在岩浆热力场作用下也向岩浆源聚拢,使杂岩体周围及其内外接触带的局部地段出现金及其它成矿元素的相对富集。在构造活动的早期阶段,来自上地幔的物质在上升过程中同化了部分崇礼群,形成角闪二长岩、霓辉正长岩,随着构造活动多次继承和发展,岩浆进一步演化,已生成的角闪二长岩、霓辉正长岩在深部热源作用下发生重熔和碱交代作用,生成重熔-交代型二长岩-正长岩组合。后者分布于东坪-砖楼一带,并使该地带成为金矿化的主要集中区,这表明东坪金矿与水泉沟杂岩体是有成因联系的。

矿物包裹体具多期次,数量多而大,以流体包裹体为主,含盐度低以及均一温度为 $200-410^{\circ}\text{C}$,可见东坪金矿成矿作用具有中高温多期多阶段的特征。包裹体成分: Cl^{-} 7.30—40.70g/l, H_2O 25—600ppm, CO_2 4.5—96ppm, HCO_3^{-} 5.49—132.15g/l, SO_4^{2-} 3—15.3g/l,为简单的 $\text{NaCl}+\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{NaCl}+\text{KCl}+\text{H}_2\text{O}$ 的盐水体系,反映成矿作用晚期演变为单一的低盐度的 $\text{NaCl}+\text{H}_2\text{O}$ 的体系。包裹体成分中氯含量高,在高温条件下,金可以呈 $(\text{AuCl}_4)^{-}$ 络离子形式迁移,随着成矿温度逐渐降低, pH 值呈中性时金可以 $(\text{AuS}_3)^{-3}$ 络离子形式迁移。在一般情况下,成矿溶液中 CO_2 的变化,是酸度的主要调节剂。随着温度下降, CO_2 增加, pH 值降低,部分天水混入改变了成矿溶液的地化性质,使络合物破坏,引起金的沉淀。自然金的成色一般为 944.4—972.8,具高温热液交代型金矿床的特征,以均一法对石英内包体测得压力为 $500-690 \times 10^5 \text{ Pa}$,温度为 $200-410^{\circ}\text{C}$,说明东坪金矿是在中深环境下,中-高温热液充填交代生成的。

7 成矿模式

据前面控矿条件和矿床形成因素的分析,归纳东坪金矿成矿模式如下图解:

