

河北崇礼一带层控金矿床

雷 国 伟

(中国黄金总公司)

提要 崇礼一带晚太古代桑干群含金地层,系由一套中—基性火山—沉积岩系组成,其含金丰度高出地壳平均丰度的2~5倍。金矿化主要赋存于桑干群上部变质岩中,具有明显的层控特征。根据成矿特点,提出了四个找矿远景区。

关键词 崇礼 层控金矿床 变质岩

广泛分布在崇礼一带的含金地层,主要是由含金丰度高的下太古界桑干群组成。它们普遍遭受不同程度区域变质和混合岩化作用成为角闪岩相—麻粒岩相中—高级变质岩系。该地层中产有丰富的金矿和铁矿。金的成矿作用比较复杂,矿化类型主要是含金石英脉和含金构造蚀变岩。它们具有明显的“层控”特征。矿源层是桑干群的火山—沉积岩系。构造和混合岩化程度是金局部富集的控制因素。

一、区域地质背景

1.地质概况:崇礼含金地层空间上分布在中朝准地台燕山沉降带,崇礼—赤城大断裂的南侧,东起张北县西到赤城县长约80公里,北起崇礼县南至宣化,宽约55公里。大体呈东西向展布。所述的范围内,已发现含金矿脉数百条,大小金矿床十余个,探明储量近百吨,平均品位5—20g/t。

含金地层为下太古界桑干群,总厚度大于8,000米。为一套火山岩夹沉积岩建造,上部发育着程度不同的硅铁建造。其同位素年龄为2500(±100)Ma。

本区地层因受强烈的挤压多半形成紧密线性同斜褶皱,局部倒转,轴向近东西,之后又迭加了北西向波状褶皱,相应地东西、北西向断裂构造规模最大,明显控岩、控矿。金矿床被局限在崇礼—赤城区域性深大断裂带以南(图1)。金多富集在上述二大断裂构造的次一级断裂之中,NW、NE、NNW、NNE四组断裂为主要含金构造。

本区岩浆活动相当强烈,沿东西大断裂带两侧分布有太古界花岗岩,海西期花岗岩、辉石岩,燕山期花岗岩。区内还分布着多种脉岩,辉绿岩(9.7亿年)、混合伟晶(9.1亿年)、闪长玢岩(9.6亿年)、长石石英斑岩(2.4亿年)、钾长石英脉(2.4亿年),其相互切穿关系遵循上面的顺序。

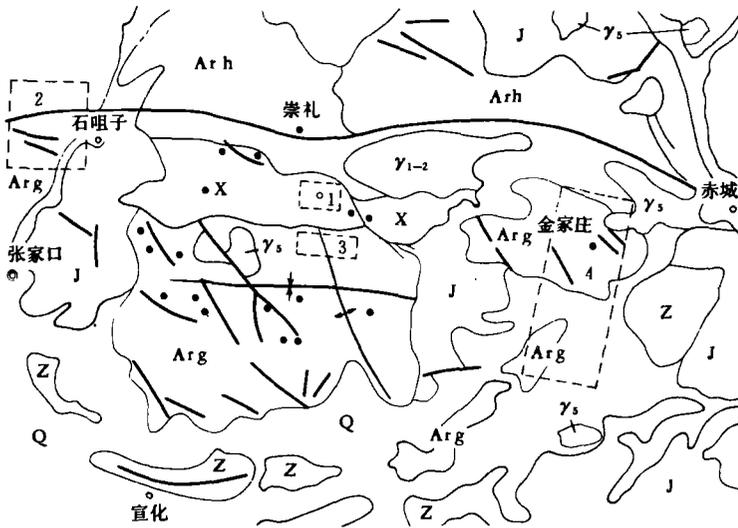
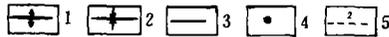


图1 崇礼一带地质简图 (据河北地质三队资料)



1—背斜轴； 2—向斜轴； 3—断裂带； 4—金矿点； 5—远景区及编号； Q—第四系；
 J—侏罗系； Z—震旦系； Arh—上太古界； Arg—下太古界； γ_{1-2} —太古界花岗岩；
 γ_s —燕山期花岗岩； X—混合岩

2. 地层与金矿床的关系：桑干群变火山—沉积岩系中，金的丰度比地壳的平均丰度高2~5倍，后者为3.5 ppb。铜、铅、锌等则低于克拉克值。不同岩性其金的丰度有明显差别，麻粒岩（7个样）金的丰度4.9 ppb，变粒岩（17个样）8 ppb，混合岩化变粒岩金的丰度明显提高（38个样）约为12 ppb。磁铁石英岩金的丰度为5 ppb。

黄铁矿含金达38 ppb。不同地段金明显相对集中，上部花家营组地层中斜长角闪岩（7个样）金的丰度为65 ppb，角闪斜长变粒岩（5个样）49 ppb，混合岩化斜长角闪岩（3个样）95 ppb。可见金在桑干群地层内趋于集中。桑干群变火岩—沉积岩系（变质后的角闪、透辉）斜长变粒岩、斜长角闪岩、二辉麻粒岩和部分片麻岩等）是金矿床的矿源层。矿源层金含量很不均匀，局部地区有北西高，南东低的变化趋势。地层的硫同位素组成特征与陨石类似 $\delta S^{34} = +2.5$ ，属幔源硫。

桑干群原属一套拉斑玄武岩、安山岩、粗石岩、流纹岩、火山碎屑岩、沉凝灰岩、化学沉积岩系，本区上部拉斑玄武岩与辽西、舞阳、巴伯顿绿岩带的拉斑玄武岩有相似之处（表1）。

上述变质岩石受到程度不同混合岩化作用，可见区域性注入交代、顺层交代作用产生的条带状、条痕状眼球状混合岩。局部地区的云雾状、阴影状、均质混合岩也分布广泛。混合岩化过程中，老变质岩系与混合岩组分带出与带入十分显著，主要表现是 K、Na、Si 等元素的带入与 Ca、Mg、Fe 等元素的带出（表2）。

桑干群地层中各种变质岩的同位素地质年龄相差悬殊。从400 Ma 到2400Ma，其中多集中在600，700，1100，1500，1700，1900Ma。尽管存在测量上的误差，但是它们反映该地层形成后经受过多次区域变质—混合岩化作用。

崇礼桑干群拉斑玄武岩与其它同类岩石化学成份对比表

表 1

编 号	样 数	化 学 成 分 (%)										
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
1	10	52.11	1.03	13.57	11.80		0.27	6.85	9.34	3.07	0.36	0.69
2	5	49.01	1.02	13.99	4.86	8.16	0.22	7.93	10.09	2.2	1.02	0.15
3	36	50.37	0.77	12.68	4.90	5.81	0.18	7.42	8.67	3.59	1.47	0.15
4	8	51.49	1.78	14.53	4.37	6.26	0.15	5.87	7.46	3.15	1.77	0.35

注: 1—巴伯顿绿岩带下部拉斑玄武岩; 3—大华绿岩带拉斑玄武岩

2—辽西绿岩带拉斑玄武岩; 4—本区拉斑玄武岩

1.据 Viljoen 等1969; 2.据王汉霞1984; 3.据欧超人1984;

不同岩石化学成分K, Na, Si, Ca, Mg, Fe 对比表

表 2

岩石名称	样 品 数 目	化 学 成 分 (%)					
		SiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	FeO
角闪斜长变粒岩	8	51.49	1.78	3.15	7.46	5.87	6.26
麻 粒 岩	6	51.23	1.21	2.87	7.93	5.78	7.48
混合岩化麻粒岩	6	60.04	4.34	3.54	3.64	2.54	5.43
物质混合岩	7	70.08	6.01	3.34	1.12	0.17	1.81
马叉子混合岩	9	62.12	6.38	6.65	2.13	0.39	1.19

3. 构造与岩浆活动: 本区处于内蒙地轴、燕山褶带与山西断隆的交汇部位。2400Ma 年前, 大规模地壳运动波及本区, 第一期构造运动使本区太古界地层由南向北倒转, 形成紧密的复式同斜褶皱, 轴向近东西。崇礼—赤城东西向大断裂规模最大。这期褶皱成为本区的总体构造格架。第二期构造运动产生一系列北北西向复式背向斜。第二期构造运动所产生的一系列 NW—NWW 向断裂构造迭加在第一期褶皱之上。这些断裂常成群分布、雁行排列, 规模较大, 可达7000m, 它们是本区的主要控矿骨架。前寒武纪之后, 这些断裂多次复活, 先压扭后张扭, 是金富集的有利场所。含金石英脉呈现出的沉淀充填—压碎—胶结, 沉淀充填反复作用过程, 反映了构造活动的多期性和复活性。

岩浆活动分四期。1. 强烈间歇性海底火山喷发、喷溢, 以拉斑玄武岩、安山岩等为代表(变质后为斜长角闪岩, 二辉麻粒岩、角闪斜长变粒岩等), 遍布于桑干群地层。同位素年龄为2500 Ma。2. 黑云母花岗岩 (γ_{1-2}) 约2300 Ma (?), 含金丰度(13个样) 1.47 PPb。3. 海西期花岗岩和基性、超基性岩体群, 约260 Ma。4. 燕山期斑状花岗岩, 约170 Ma, 含金丰度3.4 PPb。区内多种脉岩分布广泛。本区岩浆岩含金丰度较低, 花岗岩比一般酸性岩含金丰度(4.5 PPb) 低1.2—3 PPb 左右。金矿体一般产在岩浆岩体之外, 它们与岩体

不存在规律性的时、空关系。然而这并不排除岩浆岩侵位之后，固结之前可能为周围含金岩石提供巨大的热能，促使金活化，转移有利金矿床的形成。

二、金矿的地质地球化学特征

1. 金矿化类型及其地质特征:

本区金矿化有两个类型，一是含金金属硫化物石英脉充填型，二是含金钾化、硅化蚀变岩型，二者空间关系密切，后者位于前者的二侧及上下部，有的地段后者常常形成高品位（约58 g/t）的富矿块段。在同一矿体中，二者可同时存在。多数矿床以前者为主要工业矿体。混合岩化强烈的矿床，二者常常共同构成工业矿体。含金硫化物石英脉在空间上成带成群产出，规模相差悬殊，长100~3000m不等。一般数百米，脉幅0.1~15m不等。金矿体多赋存在NW、NE、NNW、NNE四组断裂构造之中。平面上，剖面上常成雁列式排列，分枝复合，复脉、网脉，尖灭再现以及局部膨胀缩小现象常见。矿体常呈波状延伸，产状多力陡倾斜，也有时陡时缓现象，显示前期压性、压扭性断裂的特征。含金石英脉体显示的压碎，虚脱，胶结充填的现象，说明了后期张扭性断裂特征及构造活动的多期复合性。含金石英脉体多受NW向构造断裂控制，这些规模较大、较开放的断裂起着导矿作用（地貌上往往形成NW向大沟，沟两傍断层三角石十分清楚），而次一级规模较小，封闭性较好断裂则是良好的容矿空间。含金石英脉的形态，产状，规模及其变化情况，均与所赋存的断裂构造一致，具有明显的“构控”特征。

金矿体或者金矿化主要产生于桑干群上部的变火山—沉积岩系，各种角闪岩，变粒岩，麻粒岩及混合岩之中。层位上多在花家营组与涧沟河组的接合部附近。空间上表现出明显的层控特征。

局部上，混合岩化愈强烈，金矿体规模愈大，混合岩化作用也是构成金富集的因素。

矿石组份较复杂，金属矿物主要有黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、自然金、磁铁矿、镜铁矿、赤铁矿、次为闪锌矿；脉石矿物有石英、钾长石、钠长石、斜长石、绢云母、绿泥石、绿帘石、黑云母、萤石、铁白云石、方解石，以及少量锆英石。金银系列矿物，自然金、银金矿、辉银矿、碲金矿、碲银矿等。氧化带中次生矿物有褐铁矿、孔雀石、白铅矿、铜兰等。载金银矿物主要有黄铁矿（细粒黄铁矿含金达328 g/t）、方铅矿、磁铁矿、褐铁矿、镜铁矿、赤铁矿、黄铜矿、石英、钾长石等。金银系列矿物多呈粒状、细脉状、片状、针状分布在载金矿物的裂隙或颗粒间。石英脉及钾化、硅化蚀变岩中，金银矿物又以粒状、细脉状、片状等充填于裂隙和孔洞之中。金的成色多在800~900之间，显示变质矿床的特征（900）。矿石的化学成分复杂，已知有20多种元素。Au、Ag、Fe、Cu、Zn、Pb、Co、Ni、Mo、Mn、Sr、Zr、Ba、Te、Al、K、Na、Ca、F、S、Si等。其中Au、Ag、Pb、Te可作综合利用。

矿石的结构有自形、半自形、他形、粒状，交代残余、交代熔蚀，等。构造有浸染状、团块状、脉状、角砾状、蜂窝状构造。

金品位变化很大 $2 \sim 526 \text{ g/t}$ 。多数矿床的平均品位在 $5 \sim 18 \text{ g/t}$ 。金在氧化带有进一步富集的趋势。

近矿围岩蚀变有钾化、硅化、黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化等。本区钾化至少可分为两期，第一期为鲜肉红色粗大伟晶岩型钾化，不是金主要成矿期钾化。第二期钾化为肉红色—浅黄肉红色，是金富集阶段的钾化。

这种复杂的矿石组份及其结构构造，显示了成矿过程的复杂性、长期性，多期多阶段的特点。其中混合热液—金及金属硫化物石英脉是主要的成矿阶段。

2. 稳定同位素:

据 2 个矿区 7 个样品 (宋端先等, 1983), $\text{Pb}^{206}/\text{Pb}^{204} = 17.29 \sim 17.83$, 平均 17.65; $\text{Pb}^{207}/\text{Pb}^{204} = 15.05 \sim 15.72$ 平均 15.39; $\text{Pb}^{208}/\text{Pb}^{204} = 37.02 \sim 38.50$ 平均 37.61。铅模式年龄集中在 2.5、5、7、9 亿年。铅同位素变化比较稳定, 说明矿石铅在同一个 U—Th—Pb 系统中演化。铅同位素年龄值分散, 反映了这一地区构造运动的多次性, 当出现断裂和热液活动时才发生铅脱离 U—Th—Pb 体系, 而周围地段的铅仍在该系统中继续演化, 直到更晚的运动才逐渐分出, 此时铅的折出仅类似侧分泌的作用。这时铅是否代表成矿年龄是一个需要继续探讨的问题。 μ 值为 8~9, 其同位素类型为高 μ 值的古老弱异常铅。

据 4 个矿床 13 个样 (宋端先等, 1983), 矿石中硫化物的硫同位素 $\delta\text{S}^{34} = -5.1 \sim 14.36$ 平均 -10.3 , 地层 $\delta\text{S}^{34} = +1.2 \sim +4.4$ 平均 2.5, 以富集轻硫 (S^{34}) 为特征。该区产状不同的矿石硫化物的 δS^{34} 值具有规律性, 黄铁矿 (δS^{34} 平均 -7.54) > 黄铜矿 (δS^{34} 平均 -9.90) > 方铅石 (δS^{34} 平均 -10.95)。表明不同矿物的硫同位素分馏已基本达到平衡状态。硫同位素值稳定地偏向负值, 说明硫不能直接来源于地幔。结合地质条件分析, 矿床位于侵蚀面以上, 硫化物可能遭受溶蚀, 风化, 矿石硫同位素组成不随距离岩浆岩体的远近而发生变化, 因此成矿作用中硫的来源依赖于地层。

3 个地层氢氧同位素组成 (王时麒, 1985) $\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}} = -101.6 \sim -111.3$, 平均为 -107.85 , 变化很小, 4 个矿脉 $\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}} = -107.1 \sim -115.0$ 平均 -109.95 , 变化很小。矿脉与围岩 $\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$ 接近, 说明矿液来源于周围地层的变质水。三个矿区 14 个矿脉样 $\delta\text{O}^{18} = 11.39 \sim 13.71$ 平均 12.64, 典型变质水 $\delta\text{O}^{18} = +5 \sim +25$ (Teylor, 1971), 本区成矿热液的主体水是变质水。其次, δO^{18} 其值变化范围狭窄, 表明了它们物质来源和成因类型的同一性。元素同位素特征反映出矿床层控性。

3. 成矿温度及成矿流体性质:

流体包裹体爆裂温度为 $270 \sim 380^\circ\text{C}$, 大多数样品在 $290 \sim 320^\circ\text{C}$ 之间 (10 条脉 52 个样) 这些测温数值近似地代表成矿温度的上限。从矿石矿物组成来看, 有富温矿物 (磁铁矿), 也有中温矿物 (方铅矿, 黄铜矿、闪锌矿、方解石等), 还有低温矿物 (碲金矿、辉银矿), 且多以中温矿物普遍和量多。围岩蚀变主要是中温硅化、钾化、绿泥石化, 绢云母化, 碳酸盐化。据此可以认为本地区金矿床主要是在中温条件 (约 300°C) 下形成的。

成矿热液主要是 H_2O (6900 ppm) *, 气相成分以 CO_2 (22 ppm) 为主。液相成分中

Ca^{2+} 离子 (17.4ppm), Na^+ (11ppm), K^+ (7.7 ppm), Mg^{2+} (3.6 ppm) Cl^- 离子 (30 ppm), SO_4^{2-} 根离子 (29 ppm)。显然阴离子和阴离子团以 Cl^- 和 SO_4^{2-} 为主, 它们与 Au、Ca、Na、K 一道形成络合物, 对金的迁移起了重要的作用。据此, 成矿流体属 $\text{Ca}^{2+}-\text{Na}^+-\text{K}^+-\text{Cl}^- - \text{SO}_4^{2-}$ 型²。PH 值约为 7.4, 弱碱性, 盐度 9.9%。流体中阳离子特点与一般层控矿床相似 ($\text{Ca} > \text{Na} > \text{K} > \text{mg}$)。

4. 微量元素地球化学特征:

黄铁矿 (3 个样) $\text{Co} / \text{Ni} = 0.52$ (胡小蝶等, 1984), 明显区别于岩浆期后热液成因黄铁矿 ($\text{Co} / \text{Ni} > 1$), $\text{S} / \text{Se} = 520000$ 显示了沉积变质混合岩化的特征。微量元素 Pb 和 Mo 有以下关系、变粒岩 (Pb 0.0008%, Mo 0.0008%) 蚀变岩 (Pb 0.0029%, Mo 0.001%) ; 含金石英脉 (Pb 1.247%, Mo 0.0023%)。微量元素 Pb、Mo 从围岩到含金石英脉具有递增关系。矿区内金矿床和围岩含砷量低是一特征 (0.0003~0.0006%)。这些显示了矿床物质来源与地层具有同源性和继承性。

三、成矿演化过程与找矿方向

①成矿演化过程: 25 亿年前华北地台北缘海槽发生了间歇性海底火山喷发, 形成一套火山—沉积物堆积, 铅进入高 μ 值体系的壳层演化。经成岩作用, 特别是成岩分异作用, 使分散在地层中的金属物质逐步浓集, 形成后期成矿的物质基础—矿源层。桑干群地层沉积之后, 达到了角闪岩—麻粒岩相的区域变质作用使成矿物质发生短距离迁移, 重新分配。约 23~24, 19 亿年 (相当于五台—吕梁期), 大规模的地壳运动波及本区, 使桑干群发生褶皱, 断裂、形成减压扩容带, 并伴随变质、混合岩化作用。在这个过程中, 矿源层中金初步活化, 转移进入减压扩容带, 在原来的基础上进一步富集, 但未形成工业堆积。约 10、7、5、2.5 亿年本区构造, 岩浆多次活动。原有的断裂多次复活、新的断裂不断产生。本区基性岩群, 花岗岩体不断上侵。这个过程中, 变质—混合岩化作用不断发生, 形成典型的变质水—包括区域变质, 混合岩化过程形成的变质热液, 在变质水作用下, 矿源层中金等呈易溶络合物大量活化, 铅与铀—钍系分离活化, 形成含金、铅的成矿溶液向减压扩容带迁移, 在适当的物理化学条件下 (PH=7.1 左右, 中等盐度等), 金不断沉淀充填形成矿体。矿床形成后又经印支、燕山期的多次改造, 某些矿体以后还经受表生氧化期改造, 这就使本区金矿床呈得十分复杂。

由此不难得出以下结论: 1. 成矿物质来自桑干群火山—沉积岩系。2. 成矿溶液的水来自上述岩系中的变质水。3. 矿床经受了多次变质—混合岩化作用, 最后形成于海西期。4. 控矿因素是矿源层、断裂扩容带和混合岩化强度。据此提出四个有利的成矿地区 (图 1)。

文中引用宋端先, 胡小蝶等同志资料, 在此一并致谢。

*: 宋端先, 1983, 胡小蝶, 1984。

参 考 文 献

- ① 南京大学地质系, 1979, 地球化学, 科学出版社, pp 373 ~ 431。
- ② E. Roedder, 1984, 流体包裹体, 中南工业大学出版社, pp 245 - 251。

STRATABOUND GOLD DEPOSITS IN CHONGLI AREA, HEBEI

Lei Guowei

(*China National Gold Corp.*)

Abstract

The Sangang auriferous formation in Chongli area of Hebei Province is located at the north margin of the North China platform, consisting chiefly of late Archean intermediate and basic volcanic-sedimentary series, with an isotopic age of 2600 m. y. This series of rocks has been metamorphosed into hornblende and granulite facies, with rich abundance of Au-Ag, formed a tight linear fold, in which fractures were well developed. Magmatite is mainly composed of basic volcanic rocks and granite. Magmatic eruption is developed in three epoch: Archean; Hercynian movement; and Yenshan movement. Gold deposits are controlled by NW and NNW fracture structures. Two types of gold deposits are recognized: auriferous quartz (simple vein and compound vein) and gold-bearing altered rocks.

Gold mineralizations occur in metamorphic rocks underlying the Sangang group with distinct stratabound feature. The gold mineralization is of multi-stage. The lead isotope of ores is the ancient weak anomalous lead with a model age of 2.5 - 7 m. y. The sulfur isotope ratio being as a mean value of -10 per mil indicates that the ore deposits have undergone erosion and weathering and that the mineralization is associated with the surface water. The source material is derived from the Sangang group. The metallogenic pattern is volcanic-sedimentary-regional metamorphic; migmatitic-dilatancy-magmatitic. Four prospects have been suggested by the author.