

# 中国条带状铁建造金矿 地质特征和成矿条件分析

骆辉, 陈志宏, 沈保丰

(天津地质矿产研究所, 天津 300170)

**摘要:** 我国条带状铁建造金矿主要分布在华北地台和佳木斯地块, 分硫化物相、碳酸盐相、碳酸盐-氧化物混合相、硅酸盐-氧化物混合相和氧化物相条带状铁建造金矿五种类型。成矿经历火山沉积作用和区域变质作用两个阶段, 形成于裂谷盆地, 火山活动环境, 受条带状铁建造层位、薄层、贫铁、沉积相和褶皱、剪切变形构造控制。成矿物质源于深部, 直接来自条带状铁建造。成矿时代最老  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  同位素年龄为  $(2\ 416 \pm 64)\text{Ma} \sim (2\ 317 \pm 63)\text{Ma}$ 。

**关键词:** 条带状铁建造; 条带状铁建造金矿; 沉积相; 裂谷盆地; 同位素年龄

**中国分类号:** P618.51 **文摘标识码:** A **文章编号:** 1007-6956(2002)02-0080-06

## 1 铁建造金矿的分布

条带状铁建造金矿是指产于前寒武纪条带状铁建造中并与条带状铁建造有密切成因联系的金矿, 它是世界金矿重要类型之一, 广泛分布于世界各地前寒武纪克拉通, 产有一系列大、中、小型金矿床, 甚至特大型和超大型金矿床。在我国佳木斯地块的东风山、华北地台的歪头山、南龙王庙和五台山、扬子地块的新余、华夏地块的云开大山、秦岭造山带的庄房里以及塔里木地块的布琼和阿特斯等都发现了此类金矿。东风山和五台山金矿可作为条带状铁建造金矿的典型代表。余者主要是与条带状铁建造有关的金矿, 主要产于条带状铁建造的围岩或含铁岩系中。如歪头山棉花堡子金矿主要产于鞍山群茨沟组条带状磁铁石英岩底板斜长角闪岩中; 南龙王庙金矿床产于清源群红透山组含铁岩系的磁铁黑云角闪石英岩、黑云变粒岩、浅粒岩类和薄层条带状磁铁石英岩中; 新余金矿产于震旦系中统杨家桥组含铁岩系的含磁铁绿泥石英片岩、含黄铁绢云千枚岩、

含磁铁绿泥绢云千枚岩和条带状磁铁石英岩中; 云开大山金矿主要与震旦纪云开群中亚群的铁矿层有关, 容矿岩石主要为角闪岩、斜长角闪岩和变粒岩; 布琼、阿特斯和庄房里金矿化分别产于铁克里克前震旦基底条带状磁铁石英岩系和碧口群含铁石英岩内。这些金矿的地质特征和成矿作用与典型条带状铁建造金矿有一定差别, 可识为与条带状铁建造有关的金矿或统称铁建造金矿。但是这些铁建造金矿的发现, 可能寓示着相应地区条带状铁建造金矿的成矿潜力, 是发现条带状铁建造金矿床的重要地质依据。

## 2 条带状铁建造金矿床地质特征

我国前寒武纪条带状铁建造金矿床主要分布在华北地台五台山地区和佳木斯地块东风山地区, 全部产于条带状铁建造之中, 成矿与条带状铁建造沉积相关系密切。按金矿产出的条带状铁建造沉积相类型特征, 可分为硫化物相、碳酸盐相、碳酸盐-氧化物混合相、硅酸盐-氧化物混合

收稿时间: 2002-03-17

基金项目: 国家计委科研专项 (95-01)

作者简介: 骆辉, 1937-男, 研究员, 主要从事前寒武纪矿床地质研究工作。

相和氧化物相金矿五种类型。以前四种为主, 后一种只形成矿化。

### 2.1 硫化物相条带状铁建造金矿床

我国著名的东风山金矿床为前寒武纪硫化物

相条带状铁建造金矿床, 产于佳木斯中间地块, 分布在黑龙江省东部小兴安岭—老爷岭地区。刘静兰等<sup>[1]</sup>对该矿床进行了详细研究, 对硫化物相铁建造金矿床作了深入论述。

表 1 条带状铁建造沉积相的化学成分平均值 (%)

Table 1 The average chemical compositions of different sedimentary faces BIF's

沉积相	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	S	总和
硫化物相 (8)	46.32	0.44	8.38	21.40	11.75	3.26	5.42	1.91	0.36	0.63	0.37	1.37		3.26	
碳酸盐相 (1)	9.49	0.03	0.33	0.95	10.71	0.92	11.76	25.51	0.09	0.02	0.05	0.82	38.88		99.76
硅酸盐相 (1)	30.79	0.20	4.48	37.09	11.53	0.14	1.95	1.34	0.15	1.07	0.17	6.54	2.75		99.84
碳酸盐-氧化物混合相 (5)	37.64	0.03	1.22	16.78	13.43	0.21	2.25	6.94	0.16	0.02	0.14	1.39	10.53		99.93
硅酸盐-氧化物混合相 (2)	35.73	0.04	1.06	39.37	17.04	0.19	2.50	2.17	0.14	0.01	0.16	1.28	0.16		100.16

资料来源: 硫化物相: 刘静兰等<sup>[1]</sup>; 其他: 骆辉等<sup>[1]</sup>。

金矿床产于古元古代东风山群下部岩组的中部条带状铁建造。自下而上, 条带状铁建造分为硫化物相、碳酸盐相、硅酸盐相和氧化物相四层, 金矿床赋存于硫化物相条带状铁建造之中。硫化物相条带状铁建造主要由黄铁矿闪锰榴岩, 磁黄铁锰榴铁闪岩和铁闪黑云石英锰榴岩组成, 条带状构造, 富含锰铝榴石、锰铁闪石和磁黄铁矿和少量毒砂、辉钴矿等砷化物和硫化物, 富硫、锰、铁、金, 硅含量中等 (表 1)。

矿床由 9 个矿体组成, 矿化为浸染型, 与钴矿化共生, 形成浸染型钴金矿层, 与硫化物相条带状铁建造整合产出。矿体产状、形态受褶皱构造控制, 褶皱翼部形成层状、似层状、扁豆状、透镜状矿体, 褶皱轴部为鞍状或透镜状矿体。矿体长度 50 ~ 250 m, 厚度 1.73 ~ 9.01m, 褶皱转折端处矿体明显加厚。

矿石自然类型主要有贫硫钴金矿石、硫化物钴金矿石和铁钴金矿石, 条带状—浸染状构造。矿物成分比较复杂, 主要矿物有锰铝榴石、锰铁闪石、尤莱辉石、铁橄榄石、铁闪石、磁黄铁矿、辉钴矿、红砷镍矿、辉砷钴镍矿、磁铁矿、黄铜矿、毒砂、电气石、磷灰石和自然金。载金矿物主要是硅酸盐、硫化物和砷化物, 与锰铝榴石、锰铁闪石、毒砂、辉钴矿和磁黄铁矿最为密切。自然金多为包裹金和晶隙金, 成色 843 ~ 990, 平均 918。矿石 Au 品位变化较大, 铁钴金矿石 Au 品位较低, 最高  $13.97 \times 10^{-6}$ ; 硫化物钴金矿石

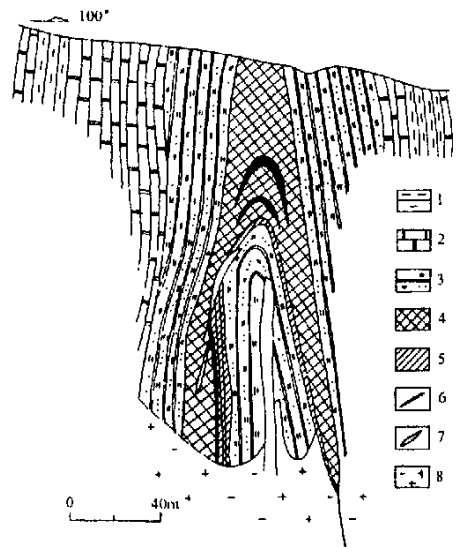


图 1 硫化物相条带状铁建造金矿东风山矿床地质剖面图<sup>[1]</sup>  
Fig.1 Geological section of Dongfengshan sulphur faces BIF-hosted gold deposit

1-东风山群中部岩组石墨片岩; 2-中部岩组石墨大理岩; 3-下部岩组硅质层; 4-下部岩组条带状铁建造层; 5-下部岩组钴矿层; 6-金矿体; 7-“加里东期”脉岩; 8-“加里东期”黑云母花岗岩。

Au 品位变化较大, 但品位较高, 最高  $65 \times 10^{-6}$ ; 贫硫钴金矿 Au 品位稳定, 含量较高, 最高  $60 \times 10^{-6}$ 。

### 2.2 碳酸盐相条带状铁建造金矿床

碳酸盐相条带状铁建造金矿床产于华北地台五台山区五台群柏枝岩组条带状铁建造之中, 矿区柏枝岩组由变火山岩和变沉积岩组成。变沉积

岩主要为大理岩、硅质岩和条带状铁建造。类似东风山群中、下部岩组。林枫等<sup>[3]</sup>对这套变沉积岩进行了详细研究,并识为喷气沉积岩,似层状或透镜状整合产于变火山岩中,厚数米至数十米,走向延长几十米至几百米。大理岩富含电气石和金云母。硅质岩由燧石和石英岩组成,含少量铁白云石、菱铁矿和赤铁矿,条纹条带状构造,实为条带状铁建造的组成部分。条带状铁建造包括含铁碳酸盐(石英)岩、磁铁石英岩和赤铁石英岩。含铁碳酸盐(石英)岩在金矿区比较发育,与磁铁石英岩薄层呈互层产出,显示含铁碳酸盐的连续沉积过程,含铁碳酸盐明显多于氧化物,属于碳酸盐-氧化物混合相条带状铁建造,富钙、镁、铁和二氧化碳(表1)。含铁碳酸盐矿物以铁白云石为主,含少量菱铁矿。部分碳酸盐条带状铁建造赤铁矿化,形成块状赤铁石英岩,保留了含铁碳酸盐的氧化交代残余结构。康家沟金矿床已发现8个矿体,整合产于条带状铁建造中(图2)。

矿体长 50~200 m, 厚度 0.28~4.4 m, 深 15~200 m, 矿石主要为碳酸盐石英岩型和赤铁矿型, 条带状和块状构造, 碳酸盐矿物主要为铁白云石、部分方解石。矿石 Au 品位一般  $1.10 \sim 7.54 \times 10^{-6}$ 。最高  $130 \times 10^{-6}$ 。

### 2.3 碳酸盐-氧化物混合相条带状铁建造金矿床

矿床产于华北地台五台山绿岩带五台群柏枝岩组条带状铁建造之中, 分布在繁峙县和五台县地区, 主要有小板峪和殿头两处金矿床, 矿床地质基本相似。

矿区柏枝岩组主要由绿泥片岩、绢云绿泥片岩和条带状磁铁石英岩组成, 小板峪矿区还含有炭质硫化片岩和铁闪片岩。绿泥片岩和绢云绿泥片岩原岩为拉斑玄武岩, 与条带状铁建造为渐变过渡接触关系, 数量上互相消长, 即绿泥片岩或绢云绿泥片岩逐渐减少, 条带状铁建造逐渐增多, 最终绿泥片岩或绢云片岩消失而转变成条带状铁建造。条带状铁建造主要为磁铁石英岩, 主要由碳酸盐、磁铁矿和石英组成, 磁铁矿含量约 30%, 碳酸盐含量 5%~30%, 有时达 40%, 呈条纹条带或迷散状分布, 构成条带状碳酸盐磁铁石英岩, 碳酸盐和氧化物共生, 为碳酸盐-氧化物混合相条带状铁建造, 明显低硅富钙和二氧化碳(表1), 全铁含量低, 平均 21.59%~22.68%, 为贫铁建造,

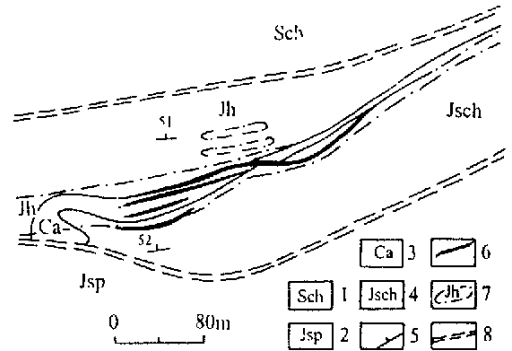


图2 碳酸盐相条带状铁建造金矿康家沟金矿床地质略图(据陈平, 1996)

Fig.2 Geological sketch map of Kangjiagou carbonate facies BIF-hosted gold deposit

1-绿泥片岩; 2-菱铁绢英片岩; 3-条带状铁建造; 4-糜棱岩化绢云绿泥片岩; 5-产状; 6-矿体; 7-矿化带; 8-剪切带

并发生强烈褶皱、剪切变形和透镜体化。矿体产于碳酸盐磁铁石英岩中或碳酸盐磁铁石英岩与绿泥片岩的层间接触带, 容矿岩石都是碳酸盐磁铁石英岩, 矿体受褶皱构造及其剪切构造控制, 在褶皱轴部形成侧伏的柱状矿体, 在翼部剪切构造中形成层状似层状或透镜状矿体(图3)。矿体长度 80~395 m, 厚度 0.4~8.93 m, 垂深大于 158 m。矿石 Au 品位平均  $8.93 \times 10^{-6} \sim 13.54 \times 10^{-6}$ , 最高  $47.39 \times 10^{-6}$ 。矿石自然类型为碳酸盐磁铁石英岩型和“细脉”型两种。碳酸盐磁铁石英岩型矿石主要由黄铁矿(10%~15%), 碳酸盐(15%~40%)、磁铁矿(5%~30%)和石英(40%~70%)组成, 条带状或浸染状构造。黄铁矿为主要载金矿物, 镶嵌在磁铁矿、石英或碳酸盐颗粒之间, 形态受相依矿物限制, 晶边出现港湾状凹陷或岛屿状突起, 属于形成比较晚的矿物。富金矿物为自然金, 成色高, 呈晶隙金和包裹金产出。矿石 Au 品位变化较大。“细脉”型矿石由条带状碳酸盐磁铁石英岩和“细脉”体两部分组成, 条带状构造。“细脉”体为矿石主体, 由含硫化物碳酸盐石英细脉或细小透镜体组成, 厚度一般 0.5~1.0 cm, 最厚 10 cm 左右, 顺碳酸盐磁铁石英岩条带产出, 并同步波状起伏或褶曲。“细脉”体以黄铁矿(10%~20%)、碳酸盐(20%~35%)和石英(50%以上)为主, 含少量磁铁矿(5%左右)和黄铜矿及白云母等硅酸盐矿物。黄铁矿多呈网脉或微细脉分布, 或围绕磁铁矿呈集合体, 形成时间晚于磁

铁矿。自然金主要为晶隙金和包裹金。矿石 Au 品位较高, 分布比较稳定。

### 2.4 硅酸盐-氧化物混合相条带状铁建造金矿床

该金矿分布在五台山台怀地区, 产于五台群柏枝岩组条带状铁建造。矿区柏枝岩组主要由钠长绿泥片岩、绢云绿泥片岩、方解绿泥片岩、绿泥片岩和条带状铁建造组成, 原岩主要为基性火山熔岩。条带状铁建造包括磁铁石英岩、铁闪磁铁石英岩和铁闪石英片岩, 以富含铁硅酸盐矿物铁闪石为突出特征, 为硅酸盐-氧化物混合相条带状铁建造, 化学成分见表 1。该铁建造分成二个层位, 下部层位规模小, 薄层、贫铁, 由铁闪磁铁石英岩、磁铁铁闪片岩和绿泥片岩的薄层呈互层组成, 含铁硅酸盐矿物含量高, 磁铁矿物含量少, 为贫铁建造。上部层位规模较大, 中厚层, 富含磁铁矿, 含铁硅酸盐矿物少, 属富铁建造。金矿床赋存于下部薄层贫铁建造中, 矿化带长 3 500 m, 宽 3 ~ 50 m, 一般宽 10 ~ 25 m, 产状与地层产状一致, 顺层呈波状弯曲。在矿化带内圈出 10 个矿化体 (以含金  $0.1 \times 10^{-6}$  为边界), 呈似层状或透镜状, 单个矿化体长 25 ~ 300 m, 厚度 0.6 ~ 5.23 m, 平均厚度 1.75 m。矿化体由含金薄层磁铁石英岩或铁闪磁铁石英岩或铁闪石英片岩和无金夹层岩石组成, 韵律结构十分清楚, 形成于不稳定沉积环境。矿石为硅酸盐磁铁石英岩型, 条带状构造, 由磁铁矿条带、镁铁闪石条带和石英条带组成, 主要矿物为磁黄铁矿 (0 ~ 20%), 黄铁矿 (5% ~ 15%), 磁铁矿 (15% ~ 30%) 和镁铁闪石 (10% ~ 20%)。镁铁闪石类矿物以铁闪石为主, 或呈条纹条带产出, 或定向散布于磁铁矿条带之中, 矿石 Au 品位平均  $2.45 \times 10^{-6}$ 。最高  $10.79 \times 10^{-6}$ 。

## 3 成矿条件分析

条带状铁建造金矿是条带状铁建造的组成部分, 其成矿经历成源 (矿源) 和成矿两个阶段, 是火山沉积作用和区域变质作用的综合产物。成源主要形成于火山沉积作用, 成矿主要形成于区域变质过程。

### 3.1 成矿环境

成矿环境是指矿源形成的原始构造环境和化万方数据

学环境, 是条带状铁建造金矿形成的基础。上述各类条带状铁建造金矿, 几乎无例外地都产在条带状铁建造之中, 严格受条带状铁建造控制, 围岩中没有同类型金矿, 矿化很弱。成矿与条带状铁建造的成因密切相关。条带状铁建造主要形成于绿岩带鼎盛时期, 分布于绿岩带中上层位, 产于巨厚的基性-中酸性火山岩中, 并夹有火山熔岩或

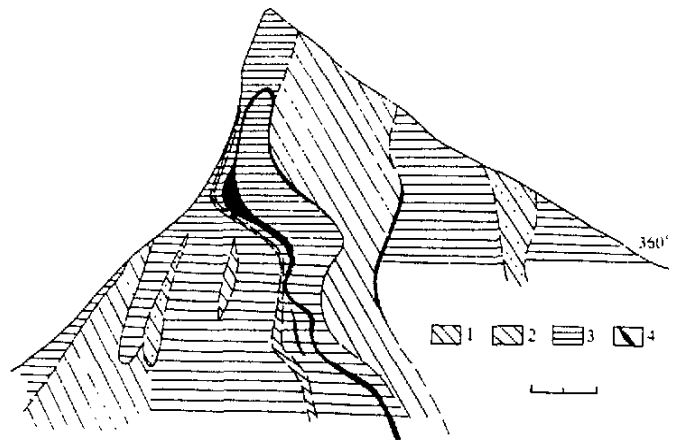


图 3 碳酸盐-氧化物混合相条带状铁建造金矿小板峪矿床地质剖面图 (据山西 212 地质队资料简编)

Fig.3 Geological section of Xiaobanyu carbonate-oxide mixed facies BIF-hosted gold deposit

1-绢云石英片岩; 2-绿泥片岩; 3-碳酸盐磁铁石英岩; 4-矿体

凝灰岩薄层或透镜体,成矿 (金矿) 条带状铁建造常含有比较丰富的火山成因元素 (组分) 和矿物标志,显示条带状铁建造形成于强烈的火山活动环境,在构造上为裂谷盆地<sup>[4]</sup>。裂谷是深部成因的与深层构造相通的岩石圈破裂,导致大量幔源物质以多旋回的火山喷气、喷发和喷溢方式带出,在裂谷盆地形成巨厚的从基性到酸性的火山熔岩和火山碎屑岩,伴随大量 Si、Fe、Mn、Co、Ni、Cu、Au、S、As、B、F、Co<sub>2</sub> 等元素和组分,为条带状铁建造及其金矿的形成提供了丰富物质,奠定了成矿 (金矿) 基础。

条带状铁建造是以硅、铁质为主的化学沉积物,形成于火山间歇期或宁静期。由于裂谷盆地构造环境和化学环境的不均一性,可形成硫化物相、碳酸盐相、硅酸盐相和氧化物相。硫化物相可代表强还原环境,碳酸盐相和硅酸盐相代表还原环境,氧化物相为氧化环境。由于金的铁性,硅、铁质沉积发生时,总是伴有金的沉淀,所以条带状铁建造普遍含金 (微量金) 较高。但是,化学环境对金活动性的影响极大,在氧化环境中,

金常以  $\text{Au}^+$  或  $\text{Au}^{+++}$  形式, 主要以  $\text{Au}^+$  的形式活动于溶液中; 在还原环境中, 还原呈  $\text{Au}^0$  价态势, 活动性减弱, 发生沉淀。在条带状铁建造中, 最富集初始金的是硫化物相, 依次是碳酸盐相、硅酸盐和氧化物相, 氧化物相是贫化初始金的。东风山条带状铁建造形成从硫化物相到碳酸盐相、硅酸盐相和氧化物相的完整系列, 其金含量明显不同, 其平均值分别为大于  $1000 \times 10^{-6}$ 、 $54 \times 10^{-6}$ 、 $33 \times 10^{-6}$  和  $23 \times 10^{-6}$ , 硫化物相最高, 氧化物相最低。五台山条带状铁建造也是一样, 硅酸盐-氧化物混合相的硅酸盐条带含量是氧化物条带含量的 2 倍; 碳酸盐-氧化物混合相的碳酸盐铁白云石含金  $300 \times 10^{-6} \sim 1600 \times 10^{-6}$ , 远高于氧化物磁铁矿的金含量。硫化物相、碳酸盐相和硅酸盐相的金含量高, 主要是低价铁对金沉淀起强还原剂作用的结果。我国条带状铁建造金矿主要发生于硫化物相、碳酸盐相、碳酸盐-氧化物混合相和硅酸盐-氧化物混合相, 氧化物相成矿不好, 是化学环境影响成矿的必然结果。

### 3.2 条带状铁建造层位

条带状铁建造金矿严格受条带状铁建造控制, 但只产于一定层位, 不是所有层位条带状铁建造都成矿。“一定层位”包含含矿层位和容矿层位两层含义, 含矿层位包含容矿层位, 容矿层位为含矿层位的组成部分。总的看, 含矿层位条带状铁建造形成于绿岩带鼎盛时期的晚期, 分布于绿岩带中上部。如东风山群含矿条带状铁建造分布于绿岩带上部层位, 伏于正常沉积岩层之下; 五台群产有主要金矿的条带状铁建造的柏枝岩组分布于绿岩带主体的上部, 覆于金岗库组之上。在这些条带状铁建造形成之前, 已经历了长时期的火山活动, 形成了巨厚的火山岩系, 聚集了丰富的成矿物质。在这些条带状铁建造形成之时, 有足够的成矿物质随之沉淀, 形成含矿层位。容矿层位往往在含矿层位的底部。如东风山硫化物相铁建造金矿床赋存于条带状铁建造的底部, 底部以上条带状铁建造没有金矿。五台山条带状铁建造金矿也是一样, 赋存于含矿层条带状铁建造的底部。容矿(金矿)的条带状铁建造底部层位发生在火山沉积向化学沉积转变、化学沉积开始形成的时候。化学沉积为水域中丰富的成矿物质创造了沉淀条件, 开始并逐渐富集在早先沉积的底部条带状铁建造中, 形成容矿层位。

### 3.3 薄层贫铁条带状铁建造

条带状铁建造的规模和富铁程度影响条带状铁建造金矿。条带状铁建造金矿往往产于薄层互层的贫铁条带状铁建造中, 中厚层富铁条带状铁建造成矿不好, 甚至没有金矿化。薄层厚度几厘米至几十厘米, 全铁平均 21.59% ~ 30%, 均为贫铁建造。除贫铁之外, 硅也相对亏损, 钙、铝、镁、锰、硫相对富集, 稀土和微量元素 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、B、Co 等含量较高<sup>[2]</sup>。成矿条带状铁建造的这种地质、地球化学特征与其形成于底部层位相一致, 与形成的构造环境有关。在火山活动向化学沉积转化时或近火山源区, 火山活动与火山间歇频繁交替, 形成薄层火山物质与薄层硅铁质化学沉积韵律式互层。在火山活动干扰下, 沉积环境不稳定, 沉积分异不完全, 在硅铁质化学沉积物中混有火山物质, 导致主要组分硅、铁质相对减少, 次要组分相对增加, 稀土和微量元素也随之富集。

### 3.4 条带状铁建造的沉积相

条带状铁建造金矿受条带状铁建造沉积相控制, 我国条带状铁建造金矿主要产于硫化物相, 碳酸盐相, 碳酸盐-氧化物混合相和硅酸盐-氧化物混合相中, 而以硫化物相、碳酸盐相和碳酸盐-氧化物混合相成矿最好。我国分布最广、规模最大的氧化物相条带状铁建造没有发现金矿床, 只局部有少量矿化。沉积相对金矿的控制, 主要与矿源有关。如前所述, 形成于还原环境的沉积相有利于金的沉淀, 从而形成较为富集的矿源, 甚至形成矿体。值得注意的是, 沉积相的控矿性也是相对的。在五台山有利成矿的碳酸盐相, 在东风山并没有成矿。东风山条带状铁建造发育完整的硫化物相、碳酸盐相、硅酸盐相和氧化物相, 但金矿几乎只形成于硫化物相。五台山条带状铁建造的沉积相, 既不完整, 又不连续, 没有硫化物相, 有少量碳酸盐相, 较多碳酸盐-氧化物混合相, 部分硅酸盐-氧化物混合相, 分散各处, 只有氧化物相大面积分布。碳酸盐相和碳酸盐-氧化物混合相成矿最好, 硅酸盐-氧化物混合相也形成了金矿, 氧化物相有少数矿化, 成矿不好。沉积相控矿的变异性, 与其对成矿物质(金)富集效应有关。富集效应取决于沉积相本身和沉积盆地成矿物质的富集程度。从沉积相的微量金含量和金矿床对沉积相的依存关系来看, 沉积相对金的富集效应依次为硫化物相、碳酸盐相、碳酸盐-氧化物

混合相、硅酸盐-氧化物混合相和氧化物相。在硫化物相发育的情况下,金首先富集在硫化物相中。在没有硫化物相而有碳酸盐相发育的环境里,金首先富集在碳酸盐相,余者依次类推。首先富集成矿物质的沉积相有利于成矿,富集程度越高,成矿越好。显而易见,在聚集一定成矿物质的水域中随着富集效应强的沉积相富集作用的进行,成矿物质的消耗越来越多,水域中成矿物质越来越少,直接影响富集效应趋后的沉积相富集作用,进而影响成矿作用,从而导致沉积相控矿的变异性。

### 3.5 褶皱和剪切变形构造

褶皱及其剪切变形构造为条带状铁建造金矿的主要控矿构造,它们所产生的低压扩容空间及对矿源中金的活化能力,直接控制了成矿物质的富集和矿体定位。矿体主要分布于褶皱轴部和翼部。这些特定构造部位,变形强烈,矿液集中,在褶皱转折端的虚脱构造中形成富集的鞍状矿体或柱状矿体,在褶皱翼部的剪切变形带内形成层状、似层状或透镜状矿体。

### 3.6 成矿物质

成矿物质是成矿的基础,稳定同位素显示条带状铁建造金矿的成矿物质源于深部,直接来自绿岩带,主要来自条带状铁建造<sup>[5]</sup>。硫同位素在“0”值附近摆动,平均值约-0.23%,是原始火山喷气硫的反映。碳同位素与地球深部初生碳成因的碳酸盐碳同位素 $\delta^{13}\text{C} - 4.0\text{‰} \sim -7.5\text{‰}$ 接近。铅同位素分布在地幔增长曲线上及其与下地

壳铅之间。硫、碳、铅同位素都显示其深部成因。硅同位素与同矿区条带状磁铁石英岩硅同位素具同步增减特征,是直接来自条带状磁铁石英岩的反映。微量元素也是成矿物质来源的佐证,与Au密切相关的Co、Ni、B、P、F、S、As、Mn显示深部成因和火山喷气特征<sup>[1]</sup>。

### 3.7 成矿时间

条带状铁建造金矿的成矿与区域变质作用密切相关,主要形成于区域变质峰期之后,在五台山地区条带状铁建造金矿床形成时间为 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄 $(2416 \pm 64)\text{Ma} \sim (2317 \pm 63)\text{Ma}$ <sup>[5]</sup>,相当于古元古代早期。

## 参 考 文 献

- [1] 刘静兰,郝正平,孙绍洲. 东风山前寒武纪含铁建造金矿床[M]. 北京:地质出版社, 1991.
- [2] 骆辉,彭晓亮,赵运起. 五台山绿岩带铁建造金矿[M]. 北京:地质出版社, 1994.
- [3] 林枫,曹国雄. 五台山康家沟金矿床地质特征[A]. 胡桂明,等. 华北陆台北缘地体构造演化及其主要矿床[C]. 武汉:中国地质大学出版社, 1996.
- [4] 田永清. 五台山—恒山绿岩带地质及金的成矿作用[M]. 太原:山西科学技术出版社, 1991.
- [5] 骆辉,余克忍,陈志宏,等. 五台山地区条带状铁建造金矿地质及成矿预测[M]. 北京:地质出版社, 2002.

## New Idea on Presinian Strata in the Northern Margin of Qaidam Massif

XIN Hou-tian<sup>1</sup>, HAO Guo-jie<sup>1</sup>, WANG Hui-chu<sup>1</sup>, CHEN Neng-song<sup>2</sup>, HAN ying-shan<sup>3</sup>, QI Sheng-sheng<sup>3</sup>,  
(1. Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170;  
China Geological University, Wuhan 40037; Qinghai Institute of Geological Survey, Xining 800036)

**Abstract:** There is very complicated composition in the metamorphic basement of the Northern Margin of Qaidam Massif. It includes multi-metamorphic plutons and metamorphic crust. In the south part of the area appear marble, quartzite garnet-bearing schist, banded-plagioamphibolite and other paragneiss system and they are named ShaLiuhe Grupe. In Quanjishan and Delingha area appear mid-high-metamorphic crust system with extensive potassic migmatization, which formed in paleo-proterozoic and named DaKendaban Grorp. The eclogite in Qaidam is distributed only in the south part as small lens rounded by granite-gneiss, and some of them are in Shaliuhe Group. The age of Quanji Group is about from Nanhua to Sinian period.

**Key word:** Pre sinian strata; eclogite; northern margin of Qaidam, China

## Geological Character and Ore-forming Constraints of BIF-hosted Gold Deposits in China

LUO Hui, CHEN Zhi-hong, SHEN Bao-feng  
(Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170)

**Abstract:** BIF-hosted gold deposits are mainly distributed in North China platform and Jiamusi block, and can be divided into five categories: sulphur faces BIF-hosted gold deposits, carbonate faces BIF-hosted gold deposits, carbonate-oxide faces BIF-hosted gold deposits, Silicate-oxide faces BIF-hosted gold deposits and Oxide faces BIF-hosted gold deposits. The ore-forming process is consist of two different stages including volcanic sedimentary process and regional metamorphic process, occurring in rift basin setting with evident volcanic activities. The formation of BIF-hosted gold deposits is controlled dominantly by a series of factors such as the location of BIF within specific rock series, thin and iron-poor BIF, sedimentary faces of BIF as well as fold, shear-deformed structures. The ore-forming substances are primarily derived from deep part of the earth and directly come from BIFs themselves. The oldest  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  isotopic ages of some gold deposits vary between  $(2\,416 \pm 64)\text{Ma} \sim (2\,317 \pm 63)\text{Ma}$ .

**Key words:** BIF(banded iron formation); BIF-hosted gold deposit; sedimentary facies; rift basin; isotopic age