五台山地区条带状铁建造中 金矿化带的地质地球化学特征及成因

彭晓亮 骆辉 赵运起

(天津地质矿产研究所)

提 要 五台山区条带状铁建造中金矿化带产于五台山绿岩带地层的金刚库组和柏枝岩组中,矿 化体断续分布在铁建造下部与变镁铁质火山岩呈薄层互层状产出的金-铁建造中,主要矿化岩石为 黄铁矿化或碳酸盐化磁铁石英岩。对矿化岩石的地质地球化学研究表明,矿化带是在早期火山喷气 热液作用下形成的金铁建造,经过变质热液的活化和再富集形成的。

关键词 金-铁建造 金矿化带 地球化学 五台山区

早前寒武纪绿岩带中的条带状铁建造是一套重要的含金岩系,世界上许多大型金矿都和 条带状铁建造有关,如美国的霍姆斯塔克金矿,津巴布韦的武巴奇奎金矿,加拿大杰拉尔顿金 矿和澳大利亚的水桶山金矿等。我国早前寒武纪绿岩带中条带状铁建造分布广泛。但是,到目 前为止一直没有发现与铁建造有关的大型金矿床,在"七五"和"八五"期间,我们在五台山绿岩 带中陆续发现一些沿铁建造分布的金矿化点,个别地段已构成小型金矿。本文较详细地研究了 区内条带状铁建造中金矿化带的地质地球化学特征,讨论了矿化带的成因。

1 区域地质背景

五台山地区是我国太古宙花岗岩-绿岩带的典型分布区之一,区内花岗岩-绿岩带呈 NEE 向展布,绿岩带地层为五台群的一套变火山-沉积岩系,总厚度大于6500m,其中变火山岩类占 65%,变沉积岩类占35%。从下到上五台群可划分为两个亚群^[1],下部为石咀亚群,包括5个组, 由下而上依次为板峪口组、金刚库组、庄旺组、文溪组/柏枝岩组和鸿门岩组,底部的板峪口组 由一套变陆源碎屑岩组成,金刚库组到鸿门岩组由变基性一中基性一中酸性的多旋回火山岩 夹火山碎屑沉积岩组成,条带状铁建造就产在这套火山岩系中。上部的高凡亚群是一套浅变质 的近源海相浊积岩系。与绿岩带伴生的花岗质岩石主要包括英云闪长岩-奥长花岗岩-花岗闪 长岩质(TTG)片麻状深成杂岩体和钾质花岗岩侵入体,它们侵入于绿岩带的不同部位,出露面 积约占全区面积的30%~40%。整个花岗岩-绿岩带遭受了低角闪岩相-绿片岩相的变质和多 期构造变形,其主体构造格架为一个复式向形构造,但被若干韧性剪切带所肢解,因而出现较



1. 后太古界 2. 五台群 3. 柏枝岩组 BIF 4. 金刚库组 BIF 5. 恒山杂岩中的表壳岩 6. 阜平群 7. 中生代侵入岩 8. 太古宙钾质花岗岩 9. 太古宙 TTG 质片麻岩 10. 太古宙片麻状石英闪长岩 11. 剪切带/断层 12. 金矿化带位置

图1 五台山地区花岗岩-绿岩带及 BIF 中金矿化带分布图

Fig. 1 Geological map of wutai Mounains showing the distributions of the greenstone belt and gold – mineralized zone in banded iron formations.

为复杂的构造形态(图1)。

在五台山花岗岩-绿岩带中,已积累了较多的同位素地质年龄数据,但是,由于本区一直处 在较复杂的热事件扰动中,所涉及到的同位素体系几乎都发生了不同程度的扰动以至完全重 设,特别是 K-Ar、Rb-Sr 体系所记录的同位素地质年龄信息,已基本上不能反映岩石的形成时 代,它们反映的多数都是后期热事件扰动信息;过去广泛应用的常规微量锆石 U-Pb 法给出的 年龄出于同样的理由它们也不能简单地解释为岩体的形成时代,实际上它们所记录的是发生 在五台山花岗岩-绿岩带内综合的或主导的地质事件时代^[2,3]。王汝铮等采自金刚库组11个斜 长角闪岩给出的 Sm-Nd 等时线年龄为:2599±41.49Ma(2σ),相关系数为0.9997;该组样品给 出的全岩 Rb-Sr 等时线年龄为2573.06±47.16(2σ),相关系数为0.9997,这两个相近似的年龄 被认为是金刚库组早期变形变质事件的年龄^[4]。在侵入金刚库组的、属于石佛岩体一部分的硫 磺厂花岗片麻岩中,选出一组具有不同程度溶蚀现象的无色透明锆石,它给出了2607±36Ma (2σ)的单颗粒锆石 U-Pb 法不一致线上交点年龄,这一年龄被认为是岩浆活动锆石结晶的时 代^[3],综合上述年龄资料可以认为五台群最早的沉积时代可能大于26亿年,五台山花岗岩-绿 岩带的形成时代应为晚太古代^[4]。

五台山地区的条带状铁建造(BIF)主要分布在石咀亚群的金刚库组和柏枝岩组或文溪组 中。金刚库组由上、下两个岩性段组成,下部主要为变基性熔岩和基性-中性火山凝灰岩夹碎屑 岩,上部主要为由二云片岩、白云母石英片岩和变粒岩组成的变沉积岩和中酸性火山岩,是五 台山绿岩序列中的第一个火山-沉积旋回的产物。该组的条带状铁建造主要产在下部岩性段, 磁铁石英岩与斜长角闪岩及少量黑云变粒岩互层。文溪组和柏枝岩组是层位相当而变质程度 不同的两个组,前者为低角闪岩相变质,后者为绿片岩相变质,二者的原岩主要为基性、中基性 到中酸性的熔岩和凝灰岩夹碎屑沉积岩¹¹²。它们是绿岩序列中第二个火山-沉积旋回的产物。 产在柏枝岩组的 BIF 同样与基性火山岩伴生,从下到上该组包括两个含铁层,下部含铁层主要 为薄层状 BIF、与绿片岩互层,每个 BIF 层厚度一般小于20cm;上部含铁层的 BIF 层较厚,最厚 者达5m。金刚库组和柏枝岩组(包括文溪组)中的铁建造是本区具有工业意义的铁矿和绿岩带 条带状铁建造中金矿的重要矿源层。

2 金矿化带的地质地球化学特征

2.1 赋矿层位、控矿构造和矿化岩石类型

在五台山地区目前沿铁建造发现的金矿化带主要分布在康家沟一大西沟,麻黄沟一同谷村、台怀柏枝岩和灵丘鹿沟等地,其中品位大于0.1g/t的原生金矿化带分布地有十余处(图1)。 多数金矿化带一般产在下部含铁建造中的薄层状贫铁矿层内,个别矿化带产在上部含铁建造 中厚层状 BIF 的底部。在矿化带内,金矿化体一般呈透镜状、似层状沿平行于 BIF 的剪切带分 布。

台怀柏枝岩金矿化带有两个矿化层:一个产在柏枝岩组下部含铁建造中,金矿化体主要为 沿薄层互层状铁闪磁铁石英岩、磁铁石英岩和黑云绿泥片岩带局部分布的含黄铁铁闪磁铁石 英岩、细脉浸染状磁黄铁黑云绿泥磁铁石英岩;另一个产在柏枝岩组上部含铁建造中,金矿化 体主要为分布在厚层状磁铁石英岩底部的薄层状铁闪片岩和铁闪磁铁石英岩内。矿化带内主 要矿化岩石及其围岩的金含量见表1。

康家沟金矿化带在空间上的分布与平行于柏枝岩组下部含铁建造的 NE 向韧性剪切带的 分布一致,矿化带内发育各种成分的糜棱岩,主要矿化岩石为菱铁矿化、黄铁矿化的绿泥片岩、 薄层状菱铁磁铁石英岩和少量硅质大理岩。

鹿沟金矿化带产在金刚库组 BIF 中,矿体赋存在角闪磁铁石英岩与斜长角闪岩及少量黑 云变粒岩互层带内,呈狭长带状,层位稳定,主要矿石类型包括浸染型和含黄铁矿石英脉或含 金石英-黄铁矿脉型两种。在矿化发育地段,磁铁石英岩中的石英重结晶现象明显,岩石强片理 化,角闪石或磁铁矿条带呈透镜状分布在石英细脉之间,显示了沿剪切带热液活动的特征。主 要矿化岩石与围岩的金含量见表1。

表1	鉄建造中金矿	化带岩石的金含量	(10^{-9})
----	--------	----------	-------------

Table 1 Gold contents of the rocks from mineralized zones in BIF(10^{-9})

地区	产状	岩石类型	平均值	变化范围	样品数
		钠长绿泥片岩	8.1	1.5~31	22
Ħ	围岩	磁铁石英岩	5. 7	1.9~10.6	7
杯		铁闪磁铁石英岩	19. 4	2.9~75	8
<u>.</u>		薄层状含黄铁铁闪磁铁石英岩	40.5	169~637	7
相	る	浸染状磁黄铁黑云绿泥磁铁石英岩	313.3	122. 1~479	6
枝	化	褐铁矿化磁铁石英岩	37.7	13~79	4
щ	石	薄层状绿泥片岩(BIF 中夹层)	42. 9	1.4~157	5
石		含黄铁绢云磁铁石英片岩	22. 5	1. 2~7. 4	5
	ващ	斜长角闪岩	6.8	1. 2~~16. 4	3
丘	日石	角闪变粒岩	3. 4		1
鹿	矿化	角闪磁铁石英岩	60.8	17. 4~128	5
沟	岩石	含黄铁矿石英脉	110.5	5	

分析单位:天津地质矿产研究所

表2 矿化铁建造的主元素含量与全区铁建造对比(wt%)

Table 2 Major element compositions of the mineralized BIF and whole BIF

		۲.	广化铁建造				山虎祖处建造	柏枝岩组铁建造		
	鹿沟:	地区	台	怀柏枝岩地	b ل ا	<u> 1</u>	的序组跃建坦			
样号	平均值 (80)	88W ₂₅₉	89W41	89W ₅₂	88W112	平均值 (43)	变化范围	平均值 (50)	变化范围	
全铁	11.58	42.45	28. 78	44.68	51.13	34. 50	20.69~46.03	32.46	17.52~46.59	
SiO ₂	50. 27	48.94	61.98	29.80	44.12	45. 41	19.73~62.19	47.21	29.96~66.56	
Al_2O_3	3. 57	3. 33	2.34	8.90	2.00	0. 98	0.05~5.6	1. 27	0.05~7.17	
CaO	2.25	1. 49	1.83	0.61	0.74	1.75	0.05~10.60	2.19	0.10~11.49	
MgO	3. 59	2.48	1.00	3. 49	1. 21	1.49	0.08~3.70	0.97	0.16~3.91	
MnO	—	0.13	0.08	0.14	0.12	0.17	0.01~1.30	0.16	0.01~0.72	
P_2O_5	0.11	0.02	0.02	0. 02	0.04	0.19	0.01~0.71	0.16	0.05~0.34	
TiO ₂	0. 21	0.09	0.06	0.07	0. 02	0.19	0.101~1.0	0.10	0.01~1.20	
H_2O^+	—	0.76	2.44	0.79	0. 07	0.69	0.05~2.30	1.45	0.28~9.66	
资料来源	据陈俊明 等,1990		本	文		据李树勋等,1986				

()内的数字为样品数

32

2.2 金矿化带的地球化学特征

2.2.1 **常量元素** 矿化带内主要矿化铁建造与全区铁建造的主元素含量见表2.从表中可 认看出,矿化铁建造的 MgO、Al₂O₃含量偏高,SiO₂含量变化较大,这表明矿化铁建造与区内铁建 造相比可能含有较多的与镁铁质火山活动有关的表生沉积物,如火山灰等,它们在成岩变质后 主要以镁铁闪石、绿泥石和黑云母等暗色矿物出现的铁建造中,这与主要矿化岩石的暗色矿物 组份是一致的。

2.2.2 稀土元素 矿化带内铁建造的稀土元素含量及部分特征比值见表3。从表中可认看出,本区铁建造的稀土元素特征可以和大多数太古宙铁建造(如加拿大 Mary 河地区的铁建造)类比,其稀土模式以明显的 Eu 正异常(Eu/Sm=0.354~0.675,多数大于0.377的球粒陨石



图2 与铁建造共生的变镁铁质火山岩的稀土模式图 上图为金刚库组,下图为柏枝岩组 Fig. 2 Chondrite normalized REE patterns for the mafic volcanics

associated with the BIF

Eu/Sm 比值)和较低的稀 土总量 为特征题。如果将铁建造的稀土 元素特征和与之共生的变镁铁质 火山岩的稀土元素特征[5]相比, 前者的稀土总量较低,并且有明 显的 Eu 正异常,但是,二者的稀 土配分模式基本相似,均为平坦 或向右缓倾斜的 LREE 富集型, 与太古宙拉斑玄武岩的稀土模式 类似(图2)。另外,产在不同层位 的铁建造其稀土元素含量有一定 的差异,从下到上铁建造的稀土 总量有递减的趋势,金刚库组中 的铁建造稀土总量高于柏枝岩组 中的铁建造,而柏枝岩组下部铁 建造的稀土总量又高于其上部铁 建造(表3),这一特征可能主要与 火山活动由强变弱,铁建造中镁 铁质火山碎屑组分加入量逐渐减 少有关,因为纯化学沉积的硅铁 质沉积物的稀土元素含量很 低[5.7],任何碎屑组分的加入都要

影响铁建造中稀土元素的含量。金刚库组中矿化磁铁石英岩的稀土模式为向右缓倾斜式、 LREE 稍有富集,(La/Yb)、比值平均为3.98(图2中5个样品的平均值),并且有明显的 Ce 负异 常和 Eu 正异常(图3);柏枝岩组下部铁建造中的矿化磁铁石英岩的稀土模式明显不同于柏枝 岩组上部铁建造中的厚层状磁铁石英岩,前者较后者更富集 LREE,其(La/Yb)、比值平均为 3.29,稀土模式为向右缓倾斜式(图4.A);后者的稀土模式较平坦.(La/Yb)、比值平均为1.54 (图4.B),但是二者均具有明显的 Eu 正异常.Eu/Sm 比值平均为0.478,明显大于球粒陨石的 Eu/Sm 比值(0.377,据 Evensen 等,1978)

表3 矿化带内铁建造(BIF)及变镁铁质火山岩的稀土;	元素含量	(10-6)
-----------------------------	------	--------

样号	0011/	0011/	0.011	3W45 • 93W49 •	0.011	0011/	0.031/		变镁铁质火山岩		
	89W ₅₂	89W44	93W45*		93W35	93 1 40-	89W3	88 W 259	加拿大	(平均值)	
	+	白村墨州二	下驾盘建计	ж	柏枝岩组上部铁建造			金刚库组		金刚库组	柏枝岩组
	<u>т</u>		一时大庄」	<u></u>				铁建造	BJDH	(4个样品)	(5个样品)
La	2.42	2.70	3. 57	2.83	1.51	1.68	0.67	3.04	2.26	10.76	5.48
Ce	5.12	5.74	5.00	6.11	3. 41	4.39	1.36	5.67	3.70	24.71	12.93
Nd	2.26	2.54					0.78	3.63	1.99		Ì
Sm	0.65	0.56	0.835	0. 47	0. 451	0.418	<0.4	Ú. 80	0.359	3. 28	2.16
Eu	0.23	0.30	0.341	2.41	0. 183	0.191	0. 27	0.32	0.202	1.08	0.77
Gd	0.85	0.75					0.51	0. 89			
Тъ	<0.3	<0.3		0.159		0.132	< 0.3	< 0.3		0.63	0. 57
Dy	0. 78	0.56					0. 53	0.76			
Er	0. 54	0.42					0.44	0.64			
Yb	0.46	0.46	1.30	0.513	0. 537	0.676	0. 10	0.60	0.38	3.26	2.07
Lu	<0.1	<0.1	0.19	0.077	0. 081	0.110	< 0.1	< 0. I	0.067	0.47	0. 23
Eu/Sm	0.354	0.536	0.408	0.513	0. 106	0. 157	>0.675	0.40	0.56	0.33	0.37
(La/Yb) _N	3. 473	4.245	1.813	3.643	1.857	1.641	1.106	3.346	4.01	2-22	1.78

Table 3 REE abudance (10^{-6}) of BIF and metamatic volcanics in the mineralized zones

注:"*"为中子活化分析结果,由中国原子能研究院核技术应用研究所分析;其余均为等离子质谱分析结果,由地矿部 岩矿测试技术研究所分析

2.2.3 微量元素 矿化带内9个条带状铁建造样品的部分微量元素定量分析结果(表4)表明,不同层位的铁建造共同具有的特征是 Mn 含量较高,Ti/V,Cr/Ni 比值除个别样品外均大于1,Cu,Zn,Ag 和 Au 有一定的富集。以地壳元素丰度值(S. R. Taylor,1964)标准化的微量元素分布模式大体上相似,表现为与基性火山活动有关的 Ti、V、Cr、Ni、Co 相对亏损,Mn 及亲硫元素、Ag、Au 相对富集(图5、6、7)。但是不同层位的铁建造还是有差别的,金刚库组铁建造中亲基性元素含量略高于柏枝岩组铁建造,而且在亲硫元素中可见明显的 Pb 亏损(图5);柏枝岩组铁建造在亲基性元素组合中 Ni 明显亏损,在亲硫元素中 Pb 的亏损不明显,Au、Ag 在柏枝岩组下部铁建造中富集程度最高(图6、7)。

3 成因讨论

区内铁建造中金矿化带及矿化体的空间分布及容矿铁建造的稀土和微量元素地球化学等 特征表明,金矿化带及矿化体的形成与容矿铁建造的形成环境和变质变形等因素密切相关。金 矿化带大体上沿着与变镁铁质火山岩 呈薄层互层状产出的贫铁矿层分布, 这种薄层状 BIF 通常位于厚层状 BIF 的下部,含有较多的镁铁质暗色矿物 及呈星散状或纹层状分布的黄铁矿, 具有较多的镁铁质暗色矿物 支星散状或纹层状分布的黄铁矿, 量然与上和 BIF 呈薄层互层状产出 的水山岩动频繁,BIF 不同,变镁铁可 能表的硫化物及镁铁质暗色矿物 能预示着它们形成于近火山活动源的 山活动环境,正是在这种强烈的火 山活动环境,正是在这种强烈的火 山活动环境,正是在这种强烈的火 山活动环境,正是在这种强烈的火 山活动环境,正是在这种强烈的火 山活动环境,正是在这种强烈的大

底沉积了金-铁建造,这种金-铁建造控制着 金矿化带的总体分布。矿化带内 BIF 的稀土 及微量元素基本上保留了这种金-铁建造的 某些属性。Michard 和 Campbell 等人对东太平 洋和中太平洋洋隆等现代海底火山喷气热液 的研究表明,这种热液的稀土元素以 La 的富 集和明显的 Eu 正异常为特征^[8,9];在红海地 区所有现代热液的化学沉积物均具有明显的 La 和 Eu 的富集。因此,可以认为具有 La 富 集和强烈 Eu 正异常等稀土元素特征的铁建 造是在海底还原热液活动条件下形成的^[7]。 本区矿化带内金刚库组和柏枝岩组下部铁建 造的稀土元素均显示出 La 的富集和明显的 Eu 正异常(图3,4A),这显然是在近火山活动 源形成的、与火山喷气热液密切相关的金-铁



图3 金刚库组矿化磁铁石英岩的稀土模式图

(编号1~4者据陈俊明等,1990)





建造的特征。而柏枝岩组上部的厚层状 BIF 虽然具有明显的 Eu 正异常,但是没有 La 的富集, 稀土模式为平坦型(图4,B),这种平坦型稀土模式可能是因为排放到海水中的火山气液被周 围海水强烈稀释或远离火山喷发中心造成的^[7]。因此,这种铁建造的金矿化程度较差。另外,从 微量元素分布模式图中也可认看出,矿化带内铁建造比全区铁建造(平均值)相对富集 Au、Ag、 Cu、Zn、As、Sb、Bi 等亲硫元素,这也显示了与海底火山喷气热液有关的金-铁建造特征。

需要指出的是,虽然区内的金矿化带整体上沿金-铁建造分布。但就单个金矿化体而言,并 不严格受金-铁建造层控制,而是在沿金-铁建造发育的韧性剪切带呈大小不等的透镜体产出, 矿。



1115 全刚库组矿化铁建造的微量元素分布图

Distribution of trace elements for mineralized BIF in Fig. 5 Jingangku Formaion



柏枝岩组下部矿化铁建造的微量元素分布图 **11**6

Fig. 6 BIF in lower part Baizhiyan Formation 每个透镜体的边界可以斜切或穿越金-铁 建造层。在矿化体内见有呈浸染状或网状 分布的含金黄铁矿石英细脉和碳酸盐脉 等。在柏枝岩盘道沟一带的金-铁建造中局 部还见有呈细脉浸染状分布的磁黄铁矿。 在矿化体周围有时见有一定的硅化和绢云 母化,由此可见,金矿化体的形成是在金-铁建造的变质变形过程中变质热液沿金-铁建造与变镁铁质火山岩间的层间韧性剪 切带叠加的结果。不同地区矿化体周围的 围岩蚀变带较窄,蚀变程度较弱,通常离开 矿化体0.5m 已基本上见不到任何蚀变,这 说明区内变质热液等后期地质作用对金-铁建造的叠加改造程度是有限的,因此在 本区未见与铁建造有关的高品位大型金



柏枝岩组上部铁建造的微量元素分布图 **FH**7

Fig. 7 Distribution of trace elements for BIF in upper part of Baizhiyan Formalon

下面以柏枝岩组铁建造的金矿为例对区内 成矿过程说明如下:

如图8所示,在柏枝岩组形成的早期,镁铁 质火山活动频繁,火山活动的间歇期相对较短, Distribution of trace elements for mineralized 进入海水的大量火山气液携带了较丰富的金等 成矿物质,很快就使海水中这些组分相对过饱 和而发生沉淀,形成了分布于火山喷气附近的金-铁建造层,并被随之而来的镁铁质火山岩覆盖,同时第二层金-铁建造层又开始沉淀,这样就形成了一个薄层状镁铁质火山岩与金-铁建造 的互层带(图8,A);随着火山活动的减弱,火山活动的间歇期也变长,进入海水的火山气液有 充足的时间与海水混合,其所含的成矿组份也被稀释,这样除了在火山喷气口附近可能形成少 量的薄层状金-铁建造外,从海水中沉淀的基本上为含金量很低或无金富集的铁建造,而且铁 建造的分布也远离火山喷气口,由于沉淀时间较长,所以可形成厚层状铁建造(图8,B);最后 在区内大量 TTG 质岩浆侵位时,这些铁建造与绿岩带一起发生了变质和变形,并在铁建造、特 别是金-铁建造与变镁铁质火山岩间形成层间或层内韧性剪切带,沿这些剪切带发生了变质珠 液的叠加,使金-铁建造中的金再次活化,并局部富集成规模不等的透镜状金矿体(图8C)。

Table 4 Content of trace elements of BIF in the mineralized zone (10^{-6})										
样号	93 W ₄₅	93W ₁₉	93W ₁₅	93 ₩ 56	93W ₃₉	93W ₄₀	93W ₁₃₈	93W ₁₂₈	93 W ₂₅₉	全区 BIF 平均值(22)
Ti	263	123	517	206	917	354	507	575	584	839
Mn	1425	927	4735	1261	1172	1941	1025	1398	1200	1216
V	17.4	11.6	13.0	15.2	12.3	16.0	18.8	23.8	26.2	41.3
Ст	14.1	5.8	39.4	18.7	6.7	4.4	25.8	13.4	204	
Nı	6.3	3. 7	9.1	4.2	3.6	3.1	7.7	20.0	15.9	10.6
Co	15.5	2.3	12.2	4.0	10.3	1. 1	5.2	15.3	10.1	10. 1
Zn	29.6	46.0	71.2	195	37.1	219.8	70.5	61.3	112	51.1
Cu	59.7	15.9	124.6	294	26.4	39.9	72.3	27.7	30.6	ō7.8
Рb	85.3	26.2	14.7	11.4	3. 5	67.6	3.6	2.2	2.0	17. 1
Ag	1.40	0.52	1.86	42.6	0.55	0. 57	1.13	0.05	0.05	0.11
Au	0.064	0.050	0.069	0.500	0.041	0.059	0. 092	0.019	0.015	0.003
As	3.4	3.4	3. 2	3.8	2.2	1.8	8. 1	1.8	1.2	2.07
Sb	0.50	0.50	0. 50	1.10	4.00	1.00	0.40	0.30	0. 40	0.26
Bi	0.50	0.40	0.30	1.90	0.40	0.30	0.40	0.30	0.30	0.14
w	3.2	3. 1	2.7	13.8	2.8	1.7	2.8	3.5	2.4	3. 04
Sn	0.5	0.8	1.5	18.0	0.6	5.0	1.4	2.6	2.5	
Mo	2.39	1.07	2 . 5	1.98	2.07	0.30	2.89	0.86	3.45	1. 13
В	5.5	8.5	7.4	5.5	19.7	43. 7	12.1	5.0	4.4	12.59

表4 矿化带内条带状铁建造的微量元素含量(10---)

样品分析单位:冶金工业部物化探测试中心



柏枝岩组铁建造中金矿的矿化示意图 **R**8

(说明见正文)

Fig. 8 Baizhiyan formaion

结 论 4

(1)本区铁建造中金矿化带的主 要矿化体分布于金刚库组和柏枝岩组 下部、与变镁铁质火山岩呈薄层互层 状产出的金-铁建造中,并且以通过金 -铁建造的韧性剪切带内矿化程度最 高。

(2)主矿岩呈现的 La 和 Eu 的富 集及 Au、Ag 等亲硫元素的相对富集 是海底火山喷气热液沉淀的金-铁建 造的基本特征。

(3)区内铁建造中金矿的形成经 历了下面两个过程:首先在绿岩带镁 铁质火山作用早期,在火山喷发源区 附近,携带较丰富的金等成矿组分的 火山喷气热液大量进入海底,形成了 金相对富集的薄层状金-铁建造;随 后,这种金-铁建造与绿岩带一起发生 Diagram illustrating the gold minerlization of BIF in 变质变形,并经过变质热液的再次活 动和富集才形成了目前所见之矿化

帯。

参考文献

- 1 田永清主编.五台山-恒山绿岩带地质及金的成矿作用。太原:山西科学技术出版社,1991
- 2 王汝铮,林源贤,郭春华,五台群千枚岩类 Sm-Nd 同位素体系:叠加变质变形区同位素数据解释,山西地质,1992,7 $(3) \cdot 344 \sim 350$
- 白瑾,李惠民,王汝铮.五台花岗岩单颗粒锆石 U-Pb 法同位素年龄及其可能的地质涵义.天津地质矿产研究所所刊. 3 1991,25,1~11
- 4 白瑾,王汝铮,郭进京.五台山早前寒武纪重大地质事件及其年代.地质出版社,1992,37~40
- 5 Eryer B J. Rare earth elements in iron formation. In: A F Trendall and R C Morris (Editors), Iron Formation: Facts and problems Elsevier, Amsterdam, 1983, 345~358
- 6 吴素珍. 五台山地区前寒武纪变质岩石的稀土元素地球化学. 地球化学,1986,(2),118~128

- 7 Barrett T J and Jarvis I. Rare-earth elemens geochemistry of metalliferous sediments from DSDP Reg 92; the East Pacific Rise transect. Chemical Geology, 1988, 67:243~259
- 8 Michard A, Albrede F M, Michard G, Minster J F and Charlan J L. Rare earth elements and uranium in high temperature solutions from the East Pacific Rise hydrothermal vent fields. Nature, 1983, 314; 325~330
- 9 Campbell A C and 10 co-authors. Chemistry of hot springs on Mid-Atlantic Ridge. Nature, 1988, 335, 514~519

GEOCHEMICAL SIGNATURES AND ORIGIN OF THE GOLD MINERLIZED

ZONES OF BANDED IRON FORMATION IN WUTAI MOUNTAINS

Peng Xiaoliang Luohui Zhao Yunqi (Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources)

Abstract

The gold minerlized zones of banded iron formation occurr in Jingangku and Baizhiyan formations of wutai Mountains greenstone sequence. The ore bodies spread separately in the iron—poor thin layers which are interbeded with the metamorphic mafic volcanics of the lower parts of the main iron formations. The gold—minerlized rocks are mainly magnetite—quartzites with the alterations of pyrite and carbonate. The geochemical signatures of mineralized rocks show that the gold—mineralized zones are generated from the gold—bearing iron formations formed early in the emanation of volcanic hydrothermal solution, which experienced the moblization and re enrichiment of metamorphic hydrotherma! solution.