

山西五台山太古宙绿岩带条带状铁建造(BIF)型金矿找矿新进展

陈 平 苗培森

条带状铁建造(BIF)型金矿,亦称与前寒武纪绿岩带含铁硅质建造有关的霍姆斯塔克(Homestake)型金矿,是世界各国传统的金矿找矿类型。五台山太古宙绿岩带(五台群)条带状铁建造型金矿发现于七十年代末期。经历了十余年的曲折认识后,至“八五”以来该类型金矿的找矿和勘查工作有了长足的进展,目前已发现金矿床、矿(化)点二十余处,显示出良好的找矿前景。

五台山地处华北地台北缘中南部,是我国典型的分布面积最大的太古宙绿岩带出露区。五台山太古宙绿岩带(图1)北邻桑干河—恒山

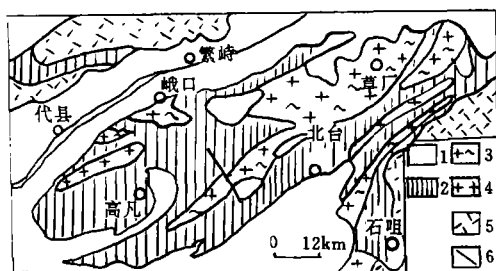


图1 五台山太古宙绿岩带地质略图

1. 后太古宙盖层;2. 太古宙绿岩带;3. 花岗质杂岩
4. 钾质花岗岩;5. 太古宙绿岩基底;6. 断裂

高级变质地体,南与阜平太古宙穹隆相接。桑干河—恒山高级变质地体主要为灰色片麻岩,即TTG岩套,所含表壳岩包体较小,变质程度高达角闪岩相至麻粒岩相,构造格架以穹状构造为特征。阜平太古宙穹隆,由灰色片麻岩和表壳岩构成,表壳岩以含夕线石浅粒岩和大理岩为主,变质程度为角闪岩相,局部可达麻粒岩相,构造特征亦呈穹状样式,同位素年龄同恒山片麻岩相当,约2600~2900Ma之间。五台山太古宙绿岩带,呈北东向线状构造带(长210km、宽

90km)位于恒山、阜平卵形构造区之间,是发育在基底花岗质片麻岩之上的沉积—火山岩建造,变质程度为低绿片岩相—低角闪岩相,同位素年龄2500~2600Ma。其中五台群呈规模不等的片岩带被包围在花岗质岩石中,片岩带一般宽2.5~30km、长30~160km,面积230~300km²之间,是典型的花岗岩—绿岩带。

绿岩带的岩石地层单位五台群,不整合在恒山及阜平灰色片麻岩基底之上(界面已被强烈改造),被下元古界滹沱群不整合覆盖。五台群总厚度>6500m,目前较为一致的划分方案是将其三分。下亚群石咀亚群,变质程度为低角闪岩相,以镁铁质变质火山岩、火山沉积岩为主,下部金岗库组为含铁(BIF)岩组,超镁铁质火山岩(科马提岩)因变质程度较高难以确认,目前认为含量较少或缺乏。中亚群为台怀亚群,变质程度为绿片岩相,以镁铁质变质火山岩为主,有少量长英质变质火山岩和变质沉积岩,下部柏枝岩组和其相当的文溪组为含铁(BIF)岩组,该组上部以长英质火山岩为主。中、下亚群之间为构造接触关系。上亚群高凡亚群,不整合在中亚群之上,以变质沉积岩为主。因此,五台群以镁铁质火山岩占优势,上部为沉积岩,与典型的绿岩带地层模式十分相似。绿岩带中的侵入岩,花岗质岩石分二类,一类为绿岩基底的TTG质岩石,另一类为钙硷性系列的花岗片麻岩;另外绿岩中广泛发育与火山作用相伴生的超镁铁质—镁铁质的侵入岩席(层状侵入体)及长英质浅成斑岩。绿岩带总体构造格架为规模不等总体呈北东向展布的复杂的复式向形,即“之”字形向形构造。近年来越来越多的证据表明,绝大多数的岩石单位是由整合的断层,即逆冲、拆离断层或韧性剪切带,分割开来的构造片

体,构造片体(岩片)本身属构造地层(或岩石)单位。绿岩带蕴藏有许多大型铁矿床,类似于阿尔戈马型,亦有块状硫化物矿床。现已发现金矿在绿岩带中中下部层位为条带状铁建造型金矿及脉系金矿,上部层位的长英质火山岩—沉积岩中有层控浸染型(相当赫姆洛型)金矿。

五台山太古宙绿岩带条带状铁建造型金矿床,即 BIF 容矿的金矿床,经初步地表及浅部工程控制小型矿床已达 6 个,它们的地质特征十分类似。其中金矿床分布在低绿片岩相变质的柏枝岩组有 4 个矿床;高绿片岩相变质的柏枝岩组(或文溪组)有 1 个矿床;低角闪岩相变质的金刚库组有 1 个矿床。角闪岩相变质的金矿床,矿区主要出露的地层为金刚库组。金刚库组下部为富铝岩段,主要由二云片岩、白云母石英片岩组成,底部见有石英岩,厚度百余米,为一套陆源碎屑岩系;上部为含铁岩系,以镁铁质火山岩(斜长角闪岩)为主,含有 2~3 层厚 1~4m 的 BIF,厚 200 余米。绿片岩相变质的金矿床,矿区主要出露的地层为柏枝岩组。柏枝岩组主要由绿泥片岩、绿帘钠长绿泥片岩、绢云绿泥钠长片岩及绢云片岩、BIF 组成,厚 500 余米, BIF 有 1~3 层,每层厚 0.4~8m 不等,为一套镁铁质火山岩为主的沉积火山建造。各矿区均不同程度地发现有碳酸盐相的铁建造,普遍的碳酸盐化、浸染状的硫化物,说明金矿床均产在碳酸盐相—硫化物相的铁建造中。各矿区的侵入岩主要为与火山活动相伴生的变质辉绿岩脉(席),往往微切地层或平行地层产状产出,个别可切穿矿体。燕山期的岩浆活动在各矿区十分微弱,仅个别矿区见有一条北西向花岗斑岩脉。各矿区构造以褶皱倒转翼的韧性剪切带为主, BIF 为 A 型褶皱(枢纽平行矿物拉伸线理),是区别于许多大型铁矿床多期次的、多级别的以 B 型褶皱叠加为主的显著特征,通过众多金矿床的构造研究,将会大大推进剪切带乃至古老造山带形成机制的研究。矿区的韧性剪切带,宽数十米至数百米,长可达数十公里或更大,总体呈紧闭的网结状,产状 $330^{\circ}\sim 350^{\circ}\angle 40^{\circ}\sim 55^{\circ}$ 。剪切带发育构造片岩及糜棱岩系列岩石,矿物

拉伸线理、杆状构造十分发育, A 型褶皱和规模不等的鞘褶皱是矿区 BIF 的主要构造型式, A 型褶皱枢纽同矿物线理、杆状构造一致,大部分矿区倾向北西(同叶理倾向约 $10^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 夹角),个别倾向东,倾角 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$,较陡。剪切带内石英脉系在大多数矿区发育较差,但个别矿点石英脉为主要矿体。根据部分矿区的剪切标志判断,该剪切带具逆冲性质,褶皱的枢纽部位为扩容空间,因而成为富矿构造。

金矿体以条带状铁建造为容矿岩石,韧性剪切带为容矿构造。由于强烈的韧性剪切及构造置换,各矿区金矿体均呈紧闭的无根褶皱(图 2)、钩状褶皱、扁平的鞘褶皱及透镜体,一般见

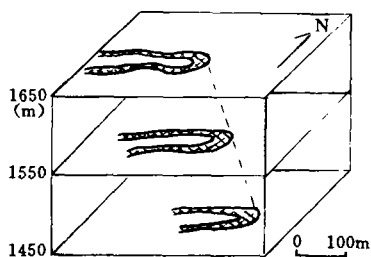


图 2 五台山某条带状铁建造型金矿床
水平断面立体示意图

有 1~2 个矿体,个别矿区已达 3 个;矿体控制长一般 80~300m;厚度 0.4~8.5m,平均厚度一般在 2~3m 之间;矿体的倾向延伸据目前硐探控制大于 200m,矿体的侧伏方向同 a 线理(矿物拉伸线理)方向一致。金矿体含金品位一般 3~10g/t,平均品位 5~8g/t。矿体在褶皱鼻端(转折端)比平直的翼部矿化好、品位高,顶底板矿化相对好、品位亦高;矿体向深部延伸方向厚度、品位变化很小,据已开采的小矿体形态说明矿体倾向延伸明显大于走向延伸,矿体呈笔状或似管状的交代体。金矿石为“磁铁矿石岩”,矿石矿物主要为黄铁矿、磁铁矿、菱铁矿、少量的黄铜矿、磁黄铁矿和自然金;次生矿物为褐铁矿;脉石矿物主要为石英、铁白云石以及绢云母、绿泥石和钠长石等,偶见萤石、电气石和金红石。矿石中碳酸盐类矿物占 10~15%。石英呈半自形—他形粒状,波状消光、含量 40~60%。黄铁矿是主要载金矿物,一般含量 10~

20%，可分为三期，早期为较粗粒的自形晶粒，中期为细粒(粒径 0.01mm)浸染状，晚期为细脉状。矿石 TFe 含量 10~30%，部分矿区铁含量同含金品位呈负相关关系。自然金粒度较细，一般 0.01~0.06mm，以中细粒金为主，成色较高，全泥氰化炭浆法提金总回收率都达到 90%，为易选型。矿石结构以粒状变晶结构为主，构造为条带状、浸染状、杆状及脉状。围岩蚀变主要为黄铁矿化、碳酸盐化、硅化、绿泥石化和绢云母化等。碳酸盐化及绿泥石化在许多矿区发育较为广泛，黄铁矿化是近矿围岩蚀变。

综上所述，五台山太古宙绿岩带条带状铁建造型金矿富集于特定的层位、岩相、构造环境和矿物组合中。条带状铁建造产于五台群中下部柏枝岩组(文溪组)及金岗库组的镁铁质火山岩中，含矿的铁建造主要为碳酸盐相—硫化物相。含矿的铁建造经受了区域变质和变形作用，尤其是韧性剪切作用使原层状的矿体发生了强烈变形，使成矿物质再定位，形成陡倾的笔状或似管状的热液交代富矿体及脉系金矿体。矿物组合简单、金矿物以自然金为主、金与黄铁矿关系最密切。大量的硫同位素表明硫是由火山作用带来的深源硫。因此，五台山太古宙条带状铁建造型金矿属于火山喷气沉积成因，受到了后

期变形变质热液活动的再改造。矿床类型为与火山—沉积铁硅建造有关的变质型铁金矿床，或火山喷气沉积—热液叠加的层控金矿床，可概括为与太古宙镁铁质火山岩有关的 Fe—Au—Cu 矿床成矿系列。

该类型金矿的找矿标志：

1. 前寒武纪与镁铁质火山岩有关的条带状铁建造(硅铁建造)。
 2. 铁建造中的碳酸盐相和硫化物相、及两者的混合相。
 3. 韧性剪切带中的条带状铁建造，铁建造呈 A 型褶皱或鞘褶皱，褶皱鼻端(转折端)为扩容带，矿体呈陡倾的笔状或似管状。
 4. Au、Ag、As、Cu 等元素化探异常，金重砂异常和矿化蚀变。
 5. 铁建造的某些层位磁异常较弱并存在激电异常的部位。磁法是确定矿体形态及产状的重要手段。
- 总之，五台山太古宙绿岩带条带状铁建造型金矿的找矿进展，为山西太古宙绿岩带找矿突破奠定了良好的基础，有了一个很好的开端，找矿前景乐观，对我国太古宙绿岩带条带状铁建造型金矿的找矿也有十分重要的借鉴及指导意义。(山西地质矿产勘查开发局)

(上接第 30 页)

表 2 单品位方案技术经济比较表

方 案	品位 指标	表内储量+“表外储量”			“表外储 量”比例 (%)	贷款偿 还年限 (a)	财务内部 收益率 (税后) (%)	投资回收 期(税后) (a)
	边界 品位 (g/t)	矿石量 (t)	平均品位(g/t)					
			银	金				
I	40	259995	462.93	3.90	17.50	2.78	42.70	3.32
II	50	235446	484.61	4.13	20.68	2.75	49.38	3.04
III	60	207478	513.79	4.67	24.02	2.64	53.05	2.92

品位圈矿，避免了双品位圈矿存在的“穿鞋戴帽”、“夹心”或“插花”之类的问题，简化了储量计算，使矿体更完整，内部结构简单，有益于改善本矿床的开采条件和技术经济指标，使表内储量范围内的“表外矿”得到充分合理利用(与

双品位 I 方案相比，可多利用银 3.38t，金 29.57kg)。毋庸置疑，边界品位必将替代双品位而成为现行储量计算方法下唯一合理的圈矿用品位指标。

(南昌有色冶金设计研究院)