

晋东北“金三角”地区 金、银矿床成矿构造环境

刘凤岐 真允庆

(冶金工业部第三地质勘查局)

提 要 山西东北部是贵金属(金、银)矿床成矿有利地区,是四个地体的拼合处。加上板块的俯冲对金、银矿床的富集极为有利,具有较好的成矿远景。

关键词 金银矿床 构造环境

山西省东北部与内蒙古自治区和河北省相毗邻,是我省贵金属金、银矿床分布最密集的地区,从地质和地理的范围来看,颇似三角形,可称其为“金三角”。

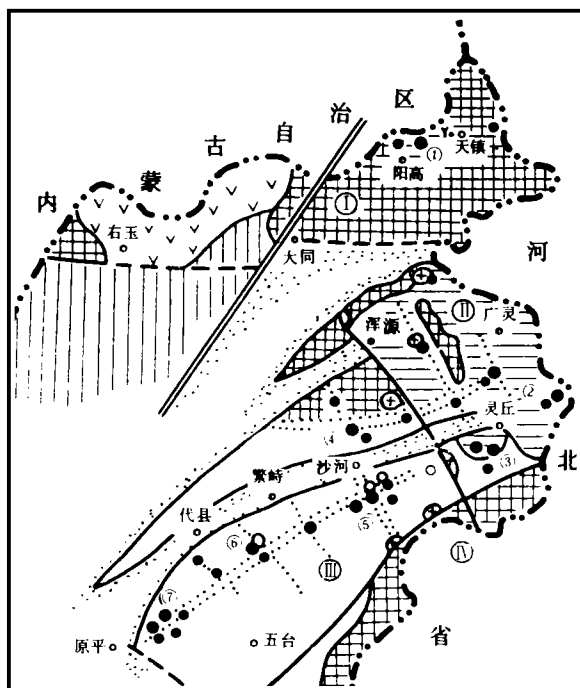
近年来,许多地质勘查和科研单位在该区进行过大量工作,取得了丰硕的成果,同时也发现不少新的问题,要深入解决这些新问题,需要运用新的观点、新的理论和综合方法去分析。本文试图按板块—板片和地体构造的论点,来探讨晋东北地区金、银矿床的分布规律和成矿构造环境。

1 晋东北“金三角”地区的构造环境

所谓构造地层地体(Terrane)是以断裂为边界的、具有区域性延伸的地质实体,每个地体均有与相邻地体不同的地质发展史(D. G. Howell, 1983)^[1]。按地体的涵义分析,晋东北地区是由四个地体构造组成,北部为太古宙近东西向的包头—丰镇地体(图1中①);东部为燕辽拗拉谷②;西部为恒山—五台山拗拉谷③;南部为阜平地体④(大部在河北省境内),四者皆以深裂为界彼此拼接,各有不同地质发展史。在地体内部沿其构造网络,有大、中、小型金、银矿床和矿化点星罗棋布,均受成矿环境和控矿构造制约(图1)。

1.1 包头—丰镇地体

在晋东北境内均为集宁群分布,可与包头一带的乌拉山群相对比,其岩性是由超镁铁质至镁铁质喷发岩—中酸性火山岩以及粘土质、长英质沉积岩组成。山西省阳高县胡窑—马安桥附近产出的二辉麻粒岩透镜体,化学成分与科马提岩相似,故又称包头—丰镇花岗绿岩地体,最近获得麻粒岩中的锆石 U-Pb 年龄为 $3068 \pm 34 \text{ Ma}$ 和 $3462 \pm 33 \text{ Ma}$ (夏毓亮等, 1989),属于中太古代,变质程度为麻粒岩相。



1. 河流新断陷 2. 喜马拉雅构造层 3. 海西-加里东构造层 4. 加里东-晋宁构造层 5. 五台构造层 6. 前五台构造层 7. 花岗岩 8. 断裂 9. 地体分界 10. 控矿构造 11. 地体: ① 包头-丰镇地体 ② 燕辽拗拉谷 ③ 恒山-五台山拗拉谷 ④ 阜平地体 12. 金、银矿床: ① 堡子沟金矿床 ② 刁泉银铜矿床 ③ 支家地银矿床 ④ 义兴寨金矿床 ⑤ 后峪银矿和耿庄金矿床 ⑥ 高凡金矿床 ⑦ 狐狸山金矿 13. 岩体: a 六楞山 b 冉庄 c 银厂 d 铁瓦殿 e、古花岩

图1 晋东北“金三角”地区地质构造纲要及金银矿床分布图

Fig. 1 Skeleton map of structure with Au, Ag ore deposits in the Northeast shanxi province

该地体的南部,以右玉—大同一

1 阳原近东西向断裂为边界,由于受北东向的中新生代断裂(据重力布格异常证实)影响,将边界断裂有所平移。

在晋东北集宁群沿东西向构造带中,有多处火山机构,均为海西期(或印支期)花岗岩类呈岩株状分布^[3],如阳高县义合二长岩体,全岩 K-Ar 同位素年龄为 247.3Ma;九对沟花岗斑岩,全岩 K-Ar 同位素年龄为 241.3Ma;七对沟花岗岩,全岩 K-Ar 同位素年龄为 257.8Ma;在堡子湾金矿区的钻孔内,见有成矿后侵入的花岗斑岩,它的 Rb-Sr 同位素年龄为 105Ma,说明在海西运动的火山岩筒内,是有燕山期岩浆活动的叠加。

大同一带集宁群中,有几百条北西—北北西向的辉绿岩墙群,经 15 个样品的 K-Ar 同位素年龄测定为 1600~1200Ma,属于中元古代产物,这意味着华北克拉通早已具有刚性特征。岩墙群的分布是受燕辽拗拉谷侧挤压应力,所形成的北西向张裂隙和北北西向张扭性裂隙控制。从岩石化学成分分析得知,属于板内玄武岩,其稀土组分和模式,反映是由 5%~10% 地幔岩部分熔融的岩浆侵位结果,这充分显示和燕辽拗拉谷演化存在着内在的联系,正是板内裂谷作用的产物(张臣等,1993)^[4]。

1.2 燕辽拗拉谷

王东方等(1991)按地体学说将辽冀蒙地体拼合带之南,划分为马兰峪—山海关地体,其中燕辽拗拉谷呈北东—北东东向展布^[2]。

在晋东北境内,燕辽拗拉谷的西端,以北西向的唐河断裂^[3]与恒山—五台山拗拉谷相拼接,北部隔有桑干河新断陷,和包头—丰镇地体相望。

总体来看,燕辽拗拉谷在太古宙时已形成刚性基底,至 2000Ma 期间,沿大陆斜坡的边缘裂隙,产生了持续的拉伸作用,堆积了燕辽型元古宙地层沉积组合(王东方等,1992),缺失厚层火山岩系。地球物理亦有明显反映,拗拉谷为两条重力梯度带所限定,北侧即为拼合构造带,而

其南侧为阜平地体的边界断裂,重力异常值在 $-5\sim-150\text{mGal}$,平均为 -40mGal 。

燕辽拗拉谷延入山西境内,展布方向呈北东东向,以次一级断裂(赵北—大鹿沟断裂)划分为南部属涞源块隆、北部属广灵—蔚县块拗。前者表现为正向隆起,有五台群及侵入岩、基性岩墙和岩脉广泛出露。区内北西向断裂发育,在太白维山、招柏一带弧形推覆构造非常明显。全区燕山期岩浆活动强烈,明显受北东东向和北西向两组断裂联合控制,大型支家地银矿床即产于太白维山火山机构内的隐爆角砾岩筒之中。刁泉银铜矿床也产于塔地火山盆地的东南部,燕山期花岗岩斑岩和寒武纪石灰岩接触的砂卡岩带内,据区域地质调查,可能为一古火山口的岩颈构造控矿。在块拗的西部,发育有与唐河大断裂平行的断层,形成阶状的地堑、地垒构造,伴有岔口、太那水火山口,其中均见银、金及多金属矿化作用,很显然是与燕山期花岗岩有着成生联系。

1.3 恒山—五台山拗拉谷

是由恒山高级变质岩区和五台山绿岩带组成,中间有漳沱河新裂陷隔开(图1)。恒山高级变质岩石80%以上为灰色片麻岩,由TTG杂岩即英云闪长岩-奥长花岗岩和花岗闪长岩组成,另有条带状混合岩化的黑云变粒岩,少量斜长角闪岩、浅粒岩和角闪磁铁石英岩的所谓表壳岩层。可能与五台绿岩带连成一体。

所谓五台山绿岩带主要是指五台群而言,中、下部岩石组合为拉班玄武岩和钙碱性双峰式火山-沉积建造,夹少量科马提岩透镜体及多层磁铁石英岩,上部为海相浊流沉积建造,并夹薄层基性火山岩,遭受次绿片岩相—低级角闪岩相变质作用。

整个恒山—五台山花岗岩-绿岩带的构造样式表现为一个向北西倒转的扇形复式向斜(图2)。各种类型构造域在剖面上呈现有规律的排列,两边为逆冲断片,绿岩向基底方向逆冲,向内过渡为底辟岩体及推复体,中心部位为褶皱片体。田永清(1991)认为绿岩层的褶皱是盆地闭合收缩造山作用所引起的,其构造样式却与花岗片麻岩基底的断块上升,或底辟花岗岩的侵位有着密切的关系^[3]。

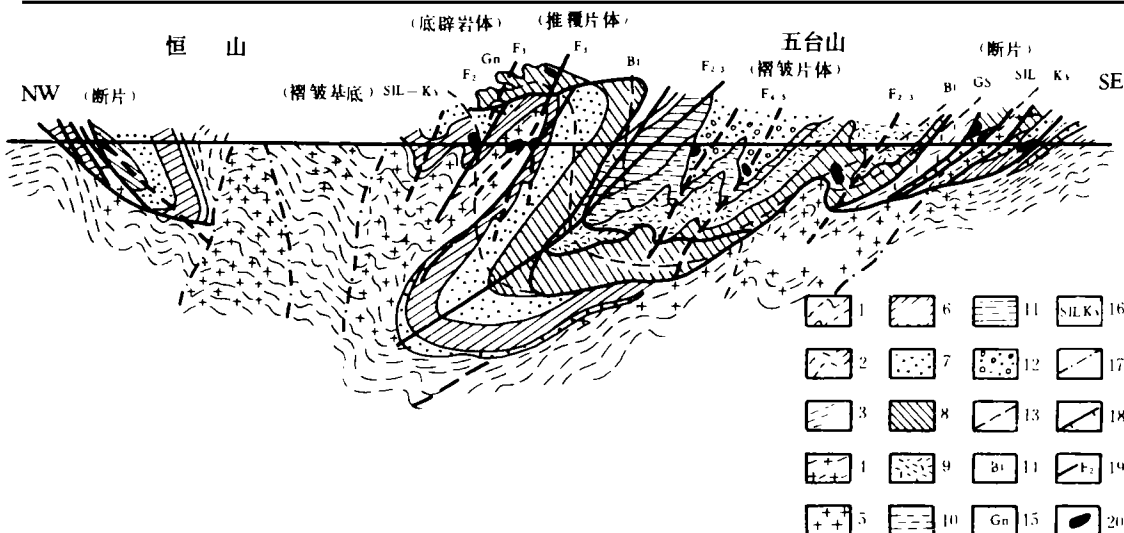
五台群分布在拗拉谷的北部。上覆有早元古宙漳沱群浅变质岩系,两者呈不整合接触,以及元古界至中生界沉积盖层分布在拗拉谷的南部,表现为双层结构特征(王东方等1992)^[2]。

根据五台山花岗岩-绿岩带的双峰式火山岩系,多为线性喷溢活动方式,镁铁质及部分超镁铁质岩石为“铝不亏损”型;绿岩带常构成狭长带状向斜式构造,花岗片麻岩多为背形穹状构造,花岗质浅成相侵入体往往呈长卵状;其变质程度和变质温度随地层自老至新呈递降的趋势, P - T - t 轨迹为逆时针形式等,具有古裂谷的构造环境特征^[6]。由于裂谷的一臂夭折,故可称为拗拉谷。

区内断裂构造以北东向及近东西向为主,若与北西向断裂相交,常有燕山期岩株状浅成相花岗岩侵入,大型或中、小型的金矿床及钼矿床(多金属矿化)与火山机构紧密相关,其中义兴寨金矿床就是典型的实例。

1.4 阜平地体

位于五台山的东南侧,和五台群呈不整合或以龙泉关韧性剪切带接触,是以阜平群为代表,它的生成时代为 $2800\sim 2600\text{Ma}$ (刘敦一等,1984),为典型的太古宙克拉通盆地,变质程度已达高角闪岩相到麻粒岩相,可视为高级变质地体,在河北省境内有大型的石湖金矿床。因该



1. 太古宙片麻杂岩 2. 花岗岩化片麻岩 3. 眼球状片麻岩 4. 片麻状花岗岩 5. 板峪11组 6. 金刚库组 7. 庄旺组 8. 文溪组/柏枝岩组 9. 鸿门岩组 10. 张仙堡组 11. 磨河组 12. 四集庄组 13. 等变质分带界线 14. 黑云母带 15. 铁铝榴石带 16. 夕线石-蓝晶石带 17. 花岗岩体边界线 18. 古断裂 19. 褶皱轴及其期次 20. 应变椭圆体

图2 恒山-五台山花岗岩-绿岩带构造示意图(据田永清,1991)

Fig. 2 Sketch map of granite-greenstone belt in wutai Shan-Hengshan Area

地体大部属河北省的西部,这里就不再赘述。

2 金、银(多金属)矿床的成矿模式

晋东北地区的金、银(多金属)矿床的成矿背景,显然是与四个拖体的拼贴和碰撞有关。图1很清楚地揭示,在北部近东西向的包头—丰镇克拉通地体和东南部阜平克拉通地体之间,赋存着两个元古宙拗拉谷地体(即燕辽拗拉谷和恒山—五台山拗拉谷),它们是在前长城系时期就已拼接。在海西运动期间,来自西伯利亚板块向南推移的推土机式构造机制^[2],促使推覆板片产生较大距离位移、叠瓦式构造丛生,基本奠定了中朝板块北缘的构造样式和集宁群中海西花岗岩岩株贯入。直至燕山运动,太平洋板块俯冲于欧亚板块之下,形成我国东部沿海大片花岗岩类侵入和大量的金属矿床。由于距毕鸟奥夫带甚远(超过2000km),按照胡受奚(1992)论述^[7],认为是因“远距离效应”而产生小型岩株。晋东北地区的金、银(多金属)矿床,都是与海西期或燕山期的花岗岩岩株在空间上、成因上有着密切联系。

综观晋东北地区的金、银(多金属)矿床的赋矿围岩并不一致,产于包头—丰镇地体中的金矿床(指堡子湾金矿)为集宁群麻粒岩;产于燕辽拗拉谷中的刁泉银铜矿床,赋存在寒武纪白云质灰岩和燕山期花岗岩接触带砂卡岩之中;支家地银矿床是产于燕山期隐爆角砾岩和石英斑岩质角砾岩之中,附近有长城系高于庄石灰岩;产于恒山—五台山拗拉谷的金、银(多金属)矿床的围岩就更加复杂,义兴寨金矿产于恒山杂岩中的斜长角闪岩夹变粒岩和变基性岩;后峪钼矿床产于燕山期花岗斑岩与太古宙花岗片麻岩(恢复原岩为奥长花岗岩)的接触带之中,上部与元古界高于庄组石灰岩接触时为砂卡岩型铜钼(铁)矿床,亦叠加有金矿脉;联庄金矿则产于

隐爆角砾岩之中,附近也有燕山期花岗闪长斑岩侵入在太古宙片麻状花岗岩内;高凡金矿床附近有印支期至燕山期花岗斑岩组成的杂岩体侵位于浑沱群变质砾岩中,金银矿床赋存在高凡亚群浊积岩系中,距岩体很近;康家沟金矿床是产于五台群柏枝岩组含菱铁绿泥片岩的韧性剪切带中(深部可能有隐伏花岗岩体);河北省石湖金矿床则产于阜平群黑云母角闪片麻岩之中。

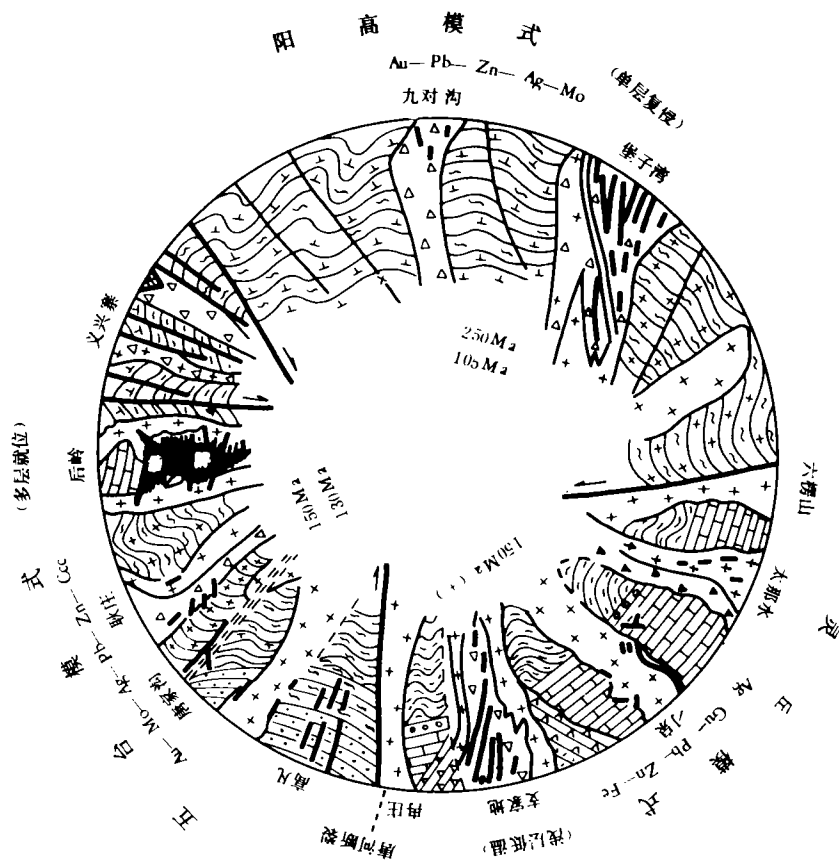


图3 晋东北“金三角”地区金、银矿床成矿模式

Fig. 3 Metallogenic model of Au, Ag deposits in the Northeast Shanxi province

不难看出,所有金、银(多金属)矿床皆与海西期或燕山期的火山-次火山岩(酸性花岗岩)及其火山岩筒构造有关,对其围岩和成矿的金属元素是随地而异。如产于包头—丰镇地体中东西向构造破碎带中角砾岩筒的金矿床,是以金为主,伴生铅、锌;燕辽拗拉谷中的燕山期花岗岩类多具斑岩,侵位较浅,成矿金属元素为银或银、铜,伴生金属元素有铅、锌、金,为典型的与陆相火山岩有关的浅成低温银、铜矿床;而恒山—五台山拗拉谷的燕山期花岗岩侵位相对较低,成矿金属元素亦较复杂,主要有金和钼,伴生有铅、锌、银、铁、硫等元素。

晋东北金、银(多金属)矿床的地质特征列于表1。综合晋东北“金三角”地区金、银(多金属)矿床的成矿模式绘于图3。

表 1 晋东北“金三角”地区金、银矿床地质特征

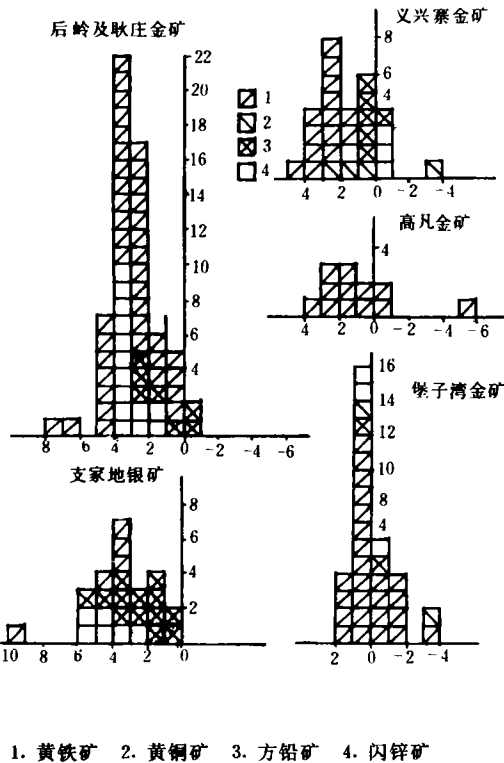
Table 1 Geological features of Au, Ag deposits in the Northeast Shanxi Province

地体	包头—丰镇地体	燕辽拗拉谷		恒山—五台山拗拉谷		
成矿模式	阳高模式 (单层复侵)	灵丘模式(浅成低温)		五台模式(多层就位)		
金、银矿床	堡子湾金矿	刁泉银铜矿	支家地银矿	义兴寨金矿	耿庄金矿	高凡金矿
赋矿围岩 (主岩)	为太古界集宁群紫苏斜长麻粒岩、紫苏黑云斜长片麻岩	奥陶系及寒武系石灰岩、镁质白云岩	侏罗系隐爆角砾岩筒中的石英英斑岩质角砾岩	恒山杂岩中的斜长角闪岩,夹变粒岩和变质基性岩	隐爆角砾岩	高凡亚群的石英岩变粉砂岩、绢云母千枚岩、碳质千枚岩的一套浊积岩
控矿构造	沿 NE 向构造断裂有线性角砾岩、火山岩筒构造内部	沿花岗岩株与石灰岩接触交代呈环状镁质砂卡岩带	太白维山破火山机构的火山口角砾岩筒中	在四个火山岩筒附近 SN 向的剪切裂隙带控矿受 Φ 形构造控制	角砾岩筒中的次一级构造	次火山岩外围 NW 向 F ₃ 断裂带中与火山机构有关
岩浆岩	石英二长斑岩呈岩株状、石英斑岩呈岩脉后期穿插(燕山期)	花岗斑岩呈岩株状中心为石英斑岩	石英斑岩属同熔型花岗岩	早期为长石石英斑岩、霏细斑岩,晚期有闪长岩、花岗岩侵入	花岗闪长斑岩	上部为石英斑岩,下部为花岗闪长斑岩和闪长岩
侵入年龄	257.6~241.3Ma, 海西期及105Ma	< 150Ma 相当于晚侏罗纪晚期	Rb-Sr 同位素年龄 156Ma	K-Ar 同位素年龄为 127.9Ma	Rb-Sr 同位素年龄为 167.4Ma, K-Ar 年龄为 105~102Ma	128.9~141.1Ma, 燕山晚期
金属元素组合	Au-Ag-Cu-Pb-Zn	Cu-Ag-Fe-Pb-Zn-Mo-S	Ag-Cu-Pb-Zn	Au-Ag-Pb-Zn	Au-Ag-Pb-Zn-Ca-Mo-S	Au-Ag-Cu-Pb-Zn-Mo
金银矿物	银金矿、自然金、自然银、辉银矿	辉银矿、银金矿、自然金、自然银、碲银矿	自然银、辉银矿为主,辉铜银矿、马硫铜银矿、银黝铜矿等	银金矿、自然金、角银矿	银金矿、金银矿、自然金	银金矿、金银矿、银黝铜矿、深红银矿、浅红银矿
围岩蚀变	硅化、共铁矿化、钾化绢云母化	砂卡岩化、黑云母化(钾化)、碳酸盐化	绢云母化、碳酸盐化、硅化、黄铁矿化、叶腊石化、绿泥石化	绢云母化、黄铁矿化、硅化、碳酸盐化、黑云母化、绿泥石化、高岭石化及砂卡岩化	硅化、绢云母化、高岭土化、黄铁矿化	高岭土化、硅化、绢云母化、碳酸盐化
矿床形态	脉状、楔状	透镜状、薄层状	脉状、不规则束状	石英脉状	脉状、扁豆状	脉状、透镜状和团块状
矿床成因类型	火山角砾岩型金矿床	接触交代(或砂卡岩型)银、铜矿床	浅成中,低温热液银矿床	中-低温热液石英脉型金矿床	角砾岩筒型金矿床	浊积岩系中金矿床或火山-次火山热液金矿床

表 2 晋东北“金三角”地区金、银矿床稳定同位素组成(‰)

Table 2 Stable isotope conposition of Au, Ag deposits in the Northeast shanXi Province

矿 区	堡子湾金矿	习泉银铜矿	支家地银矿	义兴寨金矿	耿庄金矿	高凡金矿
⁵⁴ S	Py	-1.8~1.2	3.2~0.5(1.4)	3.1~9.6(4.92)	0.8~3.5(2.34)	0.39~7.2
	Cp	-3.1~0.1	0.2~-1.3(-0.5)		-3.2~2.9(2.07)	
	Gn	-1.5~0		0.6~5.2(2.56)	-0.8~1.4(-0.3)	-0.2~2.8
	Sp	-1.3~0.9		2.7~5.3(4.17)	-0.6~2(0.5)	1 ~3.9
²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb			16.439~16.985	16.535~16.653	17.396~17.461	16.741~17.210
²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb			15.187~15.50	15.261~15.382	15.270~15.334	15.154~15.605
²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb			36.460~36.998	36.637~36.991	37.648~38.147	36.887~37.577
δD	-64~-90	-94.1~-148.41	-83	-77~-79	-84~-112.1	-60~-80(±)
δ ¹⁸ O _{H₂O}	10~14.9	-8.92~-10.64	5.47	-65~-8.6	-7.1~-19.9	2~13.2(±)
δ ¹³ C _{PDB}		-5.0~-8.0	-5.51~-4.31			-4.59
资料来源	李景云等,1993	冯仲燕等,1985	李兆龙等,1992	吴淑慧,1991	林建阳,1992	王德宝等,1991; 余成华,1993

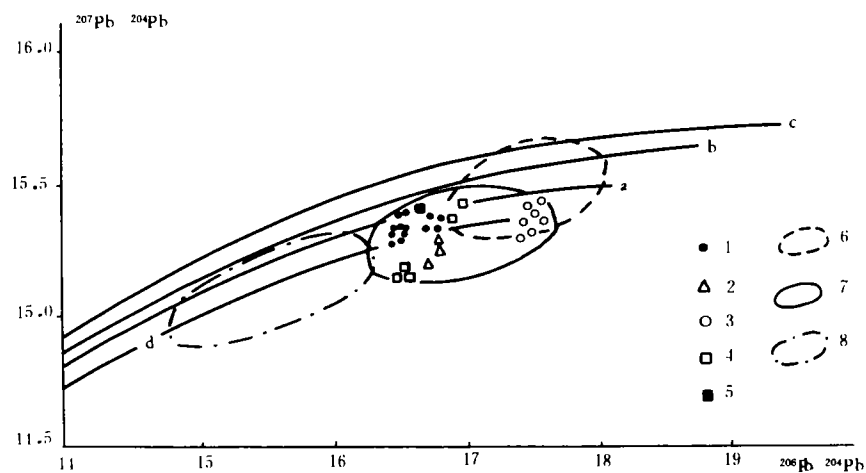


1. 黄铁矿 2. 黄铜矿 3. 方铅矿 4. 闪锌矿
图 4 晋东北(金三角)金、银矿床硫同位素组成
Fig. 4 S-isotope conposition of Au, Ag deposits in the Northeast Shanxi province

将包头—丰镇地体、燕辽拗拉谷和恒山—五台拗拉谷三个地体的典型成矿模式,分别称为阳高模式(以堡子湾金矿床为代表),成矿作用的特点可概括为“单层复侵”;灵丘模式(以支家地银矿、刁泉银铜矿床为代表),成矿作用的特点可概括为“浅成低温”;和五台模式(以义兴寨金矿床、耿庄金矿床,后峪斑岩型钼矿、高凡金矿床为代表),成矿作用的特点可概括为“多层就位”。

很有趣的是,尽管上述主要金、银(多金属)矿床的地质特征并不完全相同,但它们的稳定同位素的组成特征有惊人的相似性。

从图 4~6 及表 2 可以清楚地看出,晋东北“金三角”地区金、银矿床的硫同位素组成较为集中,离散度很小,多为正值皆小于 6,个别在 7~10 左右,很接近陨石硫,阐明了成矿热液中的硫质是来自深源。矿石铅同位素组成,常和岩浆岩(或其中的长石)铅同位素组成具有一致性,并有良好的线性关系,已勘探和详细研究的金银矿床,均显示了古老异常铅的特征,所有数值均落在下地壳和地幔演化曲线附近,不同于冀东金矿集中区,和小秦岭金矿集中区亦有差



1. 支家地 2. 后所 3. 耿庄 4. 高凡 5. 义兴寨
6. 小秦岭金矿集中区 7. 晋东北金银矿集中区 8. 冀东金矿集中区
a. 地幔演化曲线 b. 造山带演化曲线 c. 上地壳演化曲线 d. 下地壳演化曲线
图 5 晋东北“金三角”地区金、银矿床铅同位素 ($^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

Fig. 5 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ plot of Au, Ag deposits

异(图 5),反映了金银矿床的矿质来源主要来自深源。金、银矿床的成矿作用,除了支家地银矿床和高凡金(银)矿床的氢、氧同位素组成,是和岩浆水(少量渗入天水)有着密切关系之外,本区其它金、银矿床的成矿热液是与岩浆水和天水渗入有关,说明成矿作用的同一性(图 6)。

应该阐明,本区金、银矿体的分布,并不是沿地体的边缘,而是受地体内部次一级断裂控制的火山机构,或与地体边界断裂相平行的构造角砾岩带(常有隐爆角砾岩叠加)及韧性剪切带有关,它们的金属矿物组合,多半是和中、低温硫化物(少量碲化物)矿物共生,具有中、低温热液金、银矿床的特征。

3 金、银矿床富集的构造机制

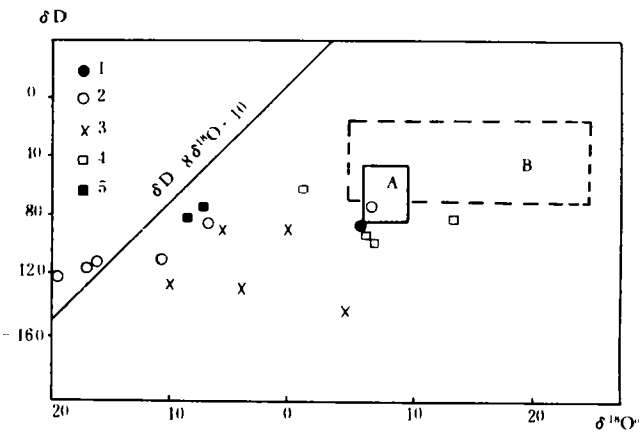
正如上述,晋东北“金三角”地区金、银矿床是受海西期及燕山期的火山机构控制(图 3),实际上是和浅成相的花岗岩类有关。

本区的花岗岩类可分两类:一类为壳源型花岗岩;另一类为同熔型花岗岩,前者主要为黑云花岗岩-花岗闪长岩组合,岩性单一;后者岩性复杂,多为复合岩体,常由石英斑岩、花岗闪长斑岩、正长闪长岩、正长辉长岩等不同岩石组合组成。虽然两者皆呈岩株状产出,但出露面积有明显区别,壳源型花岗岩出露面积大于同熔型花岗岩。

据统计,本区金、银矿床在成因上是与同熔型花岗岩有成生联系。例如高凡金矿区内滩上杂岩体相距甚近,是由斑状花岗岩、石英斑岩、花岗闪长岩及闪长岩组成,其中燕山晚期的浅成

相岩浆岩,它们的浓度克拉克值(K)皆大于1,(表3),可视为“矿源岩”。由于岩体附近的NW向弧形断裂,正有利于矿质沉淀形成金(银)矿床。再从石英斑岩和金矿石的稀土地球化学、硫同位素、黄铁矿的标型特征等诸方面进行对比,即可得知,两者均来自下地壳和地幔,具有同源特征(表4)。

壳源型花岗岩是沿地体拼合带的断裂分布,如六楞山花岗岩体(图1之a),呈东西向,受包头—丰镇地体与燕辽拗拉谷之间的边界断裂控制,冉庄(b)、银厂(c)花岗岩体也是受燕辽拗拉谷和恒山—五台山拗拉谷之间的唐河断裂制约;铁瓦殿(d)、古花岩和盘道(e)花岗岩体是沿恒山—五台拗拉谷与阜平地体之间的断裂分布,截止目前,在改造型花岗岩附近尚未发现金、银矿床。而同熔型花岗岩是分布在各个地体内,大多在两组主断裂的交汇处,形成火山机构,并伴生金、银矿床和多金属矿化(图1)。



1. 支家地 2. 耿庄 3. 刁泉 4. 高凡 5. 义兴寨 A. 岩浆水 B. 变质水

图6 晋东北“金三角”地区金、银矿床成矿热液 δD-δ¹⁸O 图解

Fig. 6 δD-δ¹⁸O plot of Au, Ag deposits

表3 高凡(滩上)杂岩体中 Au、Ag 含量

Table 3 Au、Ag contents in Gaofan complex

时 代	岩 浆 岩	平均含量(̄X)		浓度克拉克值(K)	
		Au(ppb)	Ag(ppm)	Au(ppb)	Ag(ppm)
燕山早期*	似斑状花岗岩	2.73		0.68	
燕山晚期	石英斑岩	69.5	4.4	17.4	100
	花岗闪长玢岩	7.75	2.7	1.94	61
	闪长岩	4.61	4.2	1.15	0.5
喜山期	玄武岩脉	18.6			

* 原文为印支早期

(据余成华,1993)

两类花岗岩所形成的孪生花岗岩带分布样式,独具一格呈“歪曲”S型展布,和我国东部相互平行于毕鸟夫带的带状分布有明显不同,这是受晋东北四个地体边界断裂控制的结果,其形成机制和板块运动的A型俯冲有关^{[7][8]},是由于下行的微板块或板片,因为温度和压力不断升高和深度的增大,对上覆的板片或上盘岩石不断发生反应和置换,形成改造型花岗岩较早,常分布在靠近断裂的内侧(如铁瓦殿、古花岩、冉庄等花岗岩)。当板块或板片俯冲到上地幔的高

温软流层时,形成相对较晚,就可发生同熔作用,产生同熔型花岗岩常分布在边界断裂的外侧[如高凡(滩上)、耿庄、支家地等],按照上述板块-板片构造运动有关的成岩和成矿模式,就会得到合理的解决(图 7)^{[7][8]}。

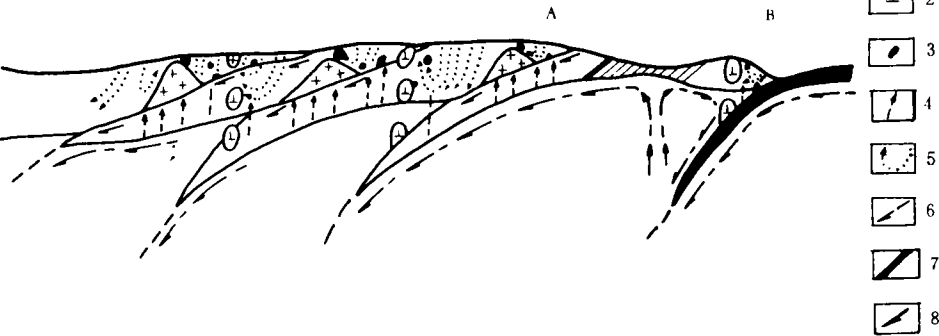
表 4 高凡金矿与石英斑岩特征对比

Table 4 Data (tested and detemined)comparison of quartz porphyry and Au-ore of Gaofan Mine

矿 物		石 英 斑 岩	金 矿 石	说 明
石 英	La/Yb	13.00(2)	12.5(3)	基本一致
	Eu/Sm	0.188(2)	0.142(3)	
	ΣL/ΣH	36.75(2)	37.38	
黄 铁 矿	爆裂温度(℃)	370(1)岩体之中	305~255(9)远离岩体	正常差异
	形态得分 X _{FeS₂}	-183(20)	-148(20)	基本一致
	δ ³⁴ S‰	+1.3	+2.1(11)	来自同源
	红外光谱	293(3) 347(3) 417(3)	291(4) 345(4) 418(4)	很一致

括号内为样品数

++ 1 (据余成华,1993)



1. 改造型花岗岩类 2. 同熔型花岗岩类 3. 矿床 4. 从下插板块或板片中衍生的上升溶液或流体及其运动方向 5. 雨水对流的对流运动方向 6. 地幔对流方向 7. 大洋板块 8. 大陆板块和板片下插方向

图 7 板块构造的成岩、成矿模式(据胡受奚,1991)

Fig. 7 Plate tectonic rock, ore-forming model

晋东北金、银矿床的富集,在前人的研究成果中,均归结于成矿区内存在矿源层,如徐俊(1992)曾提出多源成矿的看法,五台花岗-绿岩带是基底构造层,含金 1.9ppb,为第一代金源层;滹沱群四集庄组碎屑沉积为第二代金源层(0.6~2.5ppb);长城系高于庄组第三代金源层(1.4~3.7ppb);早元古代的基性岩(0.7~0.9ppb)、中生代同熔型岩浆岩(1.1~9.2ppb),皆是提供金矿的来源。田永清(1991)曾系统对五台群地层和岩石作了研究^[5],认为五台山绿岩带中层控金矿化的源岩,主要是浅变质的磁铁石英岩(含金 4.09~4.15ppb)、铁的碳酸岩和变质砾岩(3.39ppb),其次是超镁铁质岩(1.95ppb)、绿泥片岩(2.91ppb)及绢英片岩(2.26ppb)、变粒岩

(0.96ppb)、总的来说含金量是很低的,它们之间差别不大,与区域背景值相差仅是3倍。实际上各种岩石的含金丰度,皆低于地壳岩石圈4.7ppb(黎彤,1989)^[10],所以上述所谓的矿源层是令人难以置信的。

笔者之一(真允庆,1989)曾指出^[11],按照金的地球化学性质而论,金是来自深部地核和地幔。这已被本区金、银矿床的铅、硫同位素组成特征所证实(图4~5)。若再结合晋东北地区所处的成矿构造环境分析,南、北是由两个太古宙克拉通地体,作为微板块或板片,相间俯冲在燕辽拗拉谷板片和恒山—五台山拗拉谷板片之下。太古宙克拉通地体为麻粒岩相、恒山—五台山拗拉谷为低级角闪岩相—绿片岩相。这无疑是A型俯冲的结果,按照麻粒岩形成深度计算,下行板块或地体俯冲的深度约达100km左右,已达地幔及下地壳,随着深度的增加和温度、压力升高,使得金、银等成矿元素和活动的造岩组份(硅、钾、钠)发生活化转移,并提供了大量成岩(SiO_2 、 K_2O 、 Na_2O 等)和成矿物质(Au 、 Ag 、 Cu 、 Pb 、 Zn 、 Mo 、 Fe),从而为形成同熔型花岗岩类和金、银矿床,提供了物质基础(胡受奚,1990,1991)。然而当下行微板块或板片俯冲的深度不大,形成的流体改造原来岩石中金、银等元素含量就不高的五台群绿岩,根本不可能形成金、银矿床,所以在本区的改造型花岗岩附近未见金、银矿化。

4 结论

(1)晋东北“金三角”地区金银矿床成矿构造环境是处于四个地体的拼合地带之中。

(2)金、银矿床分布在NE、NW、EW几组断裂带交汇处控制的燕山期火山机构内,受隐爆角砾岩体(带)、或韧性剪切带控制。

(3)由于板块或板片俯冲,形成了孪生花岗岩带,改造型花岗岩沿地体的边界断裂分布,同熔型花岗岩侵位在地体内部的断裂带内。

(4)金、银矿床并不受所谓“矿源层”制约,在空间上、成因上是与同熔型花岗岩有关,是由于下行微板块或板片俯冲至地幔,产生同熔作用,将深部的矿质活化、运移达到一定理化条件合宜的空间沉淀成矿就位。

总之,晋东北地区金、银矿床的形成是与构造环境息息相关的。

参考文献

- 1 Howell D G, Jones D L. The principle of terrane Analysis. Stanford University, Abstract, 1983, 3
- 2 王东方,等. 中朝陆台北缘大陆构造地质. 北京:地震出版社,1992
- 3 山西省地质矿产局. 山西省区域地质志. 北京:地质出版社,1989
- 4 张臣,等. 大同—天镇地区中元古代辉绿岩岩墙群的基本特征及构造意义. 山西地质,1993,(2)
- 5 田永清主编. 五台山—恒山绿岩带地质及金的成矿作用. 太原:山西科技出版社,1991
- 6 袁国屏,等. 五台绿岩带的古裂谷构造环境. 山西地质,1993,(1)
- 7 胡受奚,等. 中国东部花岗岩类的成岩和成矿及其构造环境的关系. 矿床地质,1991,10(1)

- 8 胡受奚,等. 胶北地体金矿富集的构造环境. 地质找矿论丛,1993,8(1)
- 9 王安建,等. 晋东北地区义兴寨金矿综合找矿模型. 地质找矿论丛,1993,8(2)
- 10 黎彤,等. 地球和地壳的化学元素丰度. 北京:地质出版社,1990
- 11 真允庆. 论金矿床的矿源层问题. 地质与勘探,1989,(8)

TECTONIC SETTING OF GOLD AND SILVER MINERALIZATIONS, NORTHEASTERN SHANXI PROVINCE

Liu Fengqi

Zhen Yunqing

(The Third Geosurvey Bureau, Taiyuan, 030002)

Abstract

Gold and silver deposits in northeastern Shanxi Province occur in the amalgamation zone of four terranes at the north edge of the North China-Korea plate. The area which contains these deposits has a triangle shape and is hence called "Gold Triangle". Gold and silver mineralizations are controlled by the Yanshanian or Hercynian volcanic structures located at the intersections of the NE-, NW- and EW-trending faults which run in parallel to the boundary faults of the terranes. As a result of A-type subduction, the downgoing plates or slabs reached the mantle and generated the syntaxis-type granites and gold and silver deposits.