

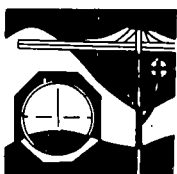
Φ形构造——脉状金（银）矿床 的一种新勘查模式

王安建 马志红

（长春地质学院）

Φ形构造由环形构造与线性构造叠加构成。线性构造晚于并切割环状构造，形若希腊字母Φ。它可分为地球物理、地球化学、遥感和地质4类，并有矿田、矿床和矿体3个等级。环形构造多控制矿床和矿点的分布范围，线状构造多控制矿床、矿点、矿体和异常的展布。Φ形构造是应用多学科综合找矿预测方法在晋东北进行找矿预测时发现并总结出的一种构造模式，在中国北方已知金矿床得到验证。它是脉状金（银）矿床的一种重要勘查模式。本文介绍Φ形构造模式的概念、类型、级别以及建模工作方法，给出了实例，讨论了应用前景。

关键词 Φ形构造 勘查模式 脉状金（银）矿床 综合找矿预测方法



地质·矿床

近20年来，由于裸露地表的矿床陆续被发现，地质学家们一直在寻找一种有效并能准确预测隐伏矿床的方法和勘查模式。已建立的以矿床成因模型为基础的成矿理论预测方法，综合物探、化探和遥感等找矿预测方法及与之对应的各类找矿勘查模式，都曾成功地预测过隐伏矿床的存在。但是，由于矿床成因认识的不统一，物探资料的多解性和化探、重砂、遥感资料和信息本身的特征，使这些方法和模式在不同程度上受到限制，影响了找矿预测水平和效果。本文推荐一种新方法——多学科综合找矿预测法，并介绍据此法建立的脉状金矿床勘查的Φ形构造模式。

Φ形构造模式是在地质、地球物理、重

砂和遥感等单学科资料解译的基础上，经不同学科相互关联、提取矿床形成、分布规律和控制因素等成矿信息建立起来的一种与脉状金矿具有密切空间关系的综合模式。它避免了单学科资料的多解性和表观性。

Φ形构造模式

Φ形构造是指环形（圆形）构造与线状构造叠加的一种构造形式，线状构造晚于环形构造并切割环形构造，构成希腊字母Φ形。根据它的信息来源，可将其分为地球物理解译Φ形构造、地球化学解译Φ形构造、遥感解译Φ形构造和地质Φ形构造4类。

1. 地球物理解译Φ形构造

该类构造以区域地球物理，主要是区域重力和航磁资料解译信息为基础。Φ形构造

本文1992年10月收到，1993年3月改回，侯庆有编辑。

中的环形构造一般由重力或航磁上延 5 ~ 10km 的垂向二阶导数 0 值所圈闭。位场特征显环形重力低或低缓串珠局部异常组成的环状磁异常。它们与低密度体或局部磁性体环状边界或隐伏边界相对应。从地质方面看, 这些环状构造多代表中酸性岩浆岩侵入体及其隐伏边界、火山口、破火山口和穹窿构造等。 Φ 形构造中的线状构造为重力或航磁上延不同高度经求方向导数解译出的线状构造束。它们是连续或不连续物性界面的反映, 地质上多表现为断裂构造、大的岩性界面、不整合面或脉岩带。

2. 地球化学解译 Φ 形构造

这是一类通过区域性水系沉积物异常和重砂异常资料解译而反映出来的一种 Φ 形构造。其中的环形构造往往由 W、Sn、Bi、Mo 或 Cu、Pb、Zn 和 Hg、Sb、As、Ag 等异常以及含这些元素的重砂矿物异常围绕出露或隐伏的低密度体或独立磁性体构成的环形带组成, 或者由两组或多组构造交汇部位呈环状分布的某些元素和重砂异常组成。它们反映了与某种地质体有关的热晕或蚀变分带。 Φ 形构造中的线性构造则多表现为 Cu、Pb、Zn 或 Ag、Sb、As 等代表中温或中低温条件下元素或重砂异常沿某一方向呈线性分布或浓集, 它们一般与矿化作用关系密切。

3. 地质 Φ 形构造

这类构造在不同比例尺的地质图上都可能有所表现, 但在大比例尺地质图中更容易识别。地质 Φ 形构造中的环状构造为中酸性侵入体及其主动式构造变形所波及到的环形区或裸露的火山机构、穹窿构造等。叠加于其上的线性构造则为地表可见、规模较大并切割中酸性侵入体、火山机构或穹窿构造的深断裂或脉岩组带。

4. 遥感解译 Φ 形构造

它是由环形遥感影像与线性遥感影像叠加而成。它除反映某些出露或隐伏的中酸性

侵入体被断裂切割之外, 还反映火山机构、环形蚀变带和其他环形构造为断裂或脉岩叠加的产物。

上述 4 类 Φ 形构造在矿体或蚀变带出露的水平上可同时出现, 如山西义兴寨、太白维山, 河北峪耳崖, 辽宁五龙和四道沟金矿。那些只有地质、地球物理和遥感 Φ 形构造而缺少地球化学 Φ 形构造的地带可能是矿床顶部层次或根部层次的反映。

Φ 形构造可分为矿田和矿床两个等级。前者的环形构造圈闭范围可达十几、几十至近百平方公里, 并与中酸性侵入体及其隐伏范围相对应; 与之相切割的线状构造多为区域性导岩或导矿构造。它既控制了金矿床, 也控制金矿点和含金地化异常、含金重砂异常的展布。特别是环状构造内的线状构造, 严格控制矿床(点)和含金地化异常、含金重砂异常的空间排布形式和展布趋势。矿床级别的 Φ 形构造规模可达几平方公里(一般 $<10\text{km}^2$), 其环形构造多由中酸性侵入体、其主动式构造涉及的外环、火山机构或其他环形低密度体、独立磁性体等组成, 线状构造多为深断裂或脉岩带, 它控制着矿床和矿体的空间排布形式。

模式建立的工作方法

Φ 形构造作为一种构造模式是在运用多学科综合找矿预测工作方法(王世称等, 1989)进行金矿预测时发现的。它包括资料解译、图系关联、成矿信息提取、成矿要素综合和找矿模型转换 5 个重要环节, 其流程如图 1。

1. 资料解译

本方法要求各学科资料解译均要由区域性和典型矿区两部分组成。方法上地球物理类图系解译主要为航磁和重力资料解译, 基本上由化极(航磁)、延拓、求导、特征提取和位场分离 5 个环节组成, 最终解译出航磁和重力表述有深度概念的环形和线状构造

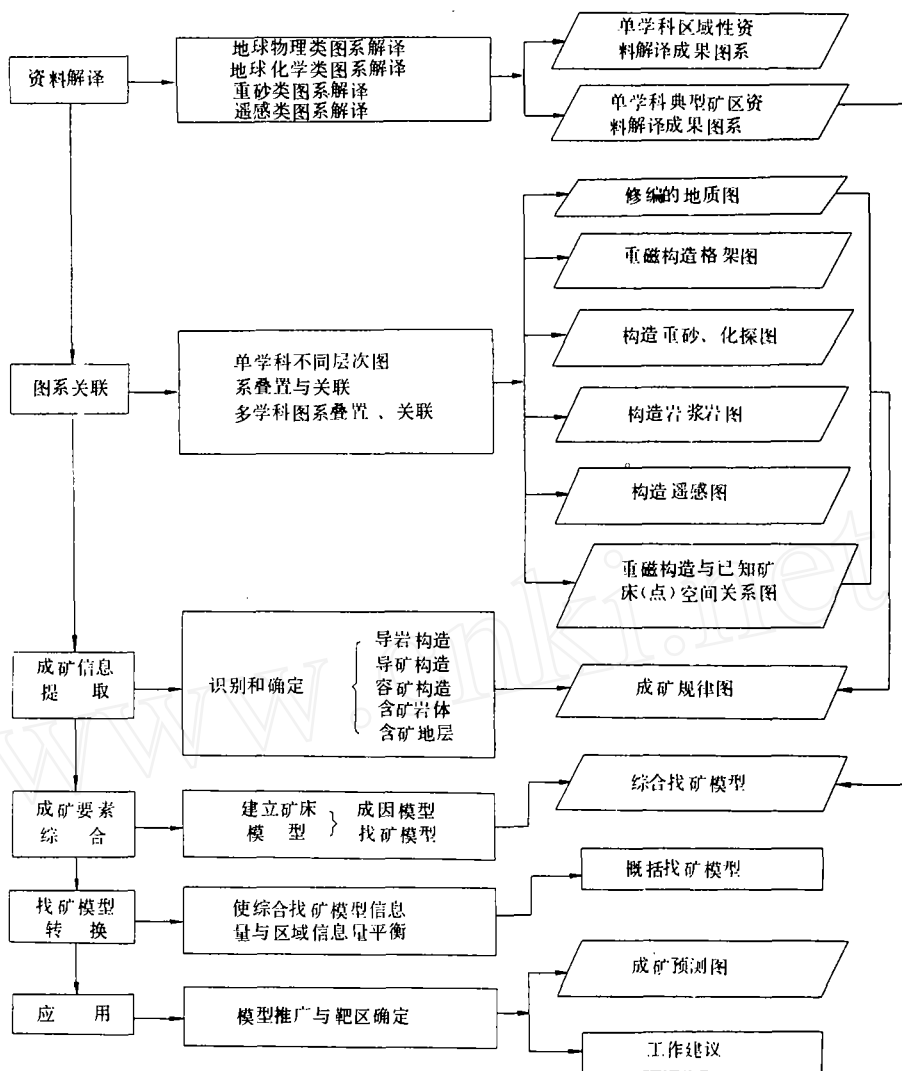


图1 多学科综合找矿预测方法流程图

趋势图系。这里所说构造趋势，是因为这种解译方法是从统计物探的角度对区域地球物理资料进行解译的结果。由于场的等效性，仪器和计算以及人为的误差，解出的环形和线性构造只能是一种趋势。它们确切的地质涵义只有在与地质及其他学科解译成果相关联时方能确定。

地球化学和重砂类图系解译要求以适当级别的汇水盆地为单位，分别表述矿化元素 W、Sn、Bi、Mo、Cu、Pb、Zn、Hg、

Sb、As 和特殊指示元素 Cr、Ni、Co、V、Ti、Rb、Sr、Ba 等以及含这些元素各重砂矿物的空间展布形式和组合方式，解出单学科的地球化学和重砂图系。

2. 图系关联

是该方法最重要的环节之一。它是筛选各种由于仪器测试、计算机计算和人为解译造成误差所产生的错误和虚假信息，并把透视信息（地球物理）与表观信息（化探、重砂和遥感等）有机地联系起来进而追溯各种

信息内涵的关键。例如,把具透视特点的重磁构造与可以反映矿化空间分布的重砂、化探和矿床(点)分布等表观信息图关联,对于确定这些环形和线形构造趋势的地质内涵及其内在联系具有重要意义。

3. 成矿信息提取

它是在图系关联的基础上,识别并确定含矿岩体、含矿地层、导岩、导矿和容矿构造等成矿要素,从而总结出区域成矿规律。

4. 成矿要素综合

它是在区域成矿规律总结的基础上,结合典型矿区多学科系统解译研究成果,综合分析建立矿床成因模型,总结找矿标志,并使之最终成为多学科信息量大的综合找矿模型。

5. 模型转换

为避免由于矿区和区域工作程度差别造成二者间信息量的极不平衡,致使综合找矿模型的推广和应用受到限制,必须对已建的模型进行信息转换,以使其适应区域信息量的要求。所谓转换,就是把模型中众多的找矿标志尽可能的归并、简化成为区域上有显示的地质、地球物理、地球化学和遥感信息,以适应应用模型找矿的需要。本文所提Φ型构造模式即为转换后的简化模型。

实 例

我国北方许多脉状金矿床(田)都显示了很好的Φ型构造模式。如山西义兴寨金矿、太白维山银矿,河北峪耳崖金矿、下营房金矿,辽宁五龙金矿等。由于篇幅所限,在此仅以太白维山银矿为例来说明Φ型构造模式的地质涵义。

太白维山银矿田位于山西灵丘县北约10km。矿田内分布有两个大型银矿床及若干个金、银矿点。

1. 地质背景

太白维山银矿田位于燕山台褶带西缘,侏罗纪形成的一个构造推覆体内的火山断陷

盆地中(图2)。推覆构造从北西向南东把五台群变质岩系、中晚元古宙碎屑岩系推覆到奥陶系白云质灰岩和石炭系煤系地层之上,又将奥陶系推覆到上侏罗纪后城组英安质火山碎屑岩之上,构成一个三元结构的地质体(刘德佑等,1987)。其上部发育有火山断陷盆地并堆积了上侏罗纪张家口组和白旗组流纹质火山岩及火山碎屑岩。

区域内的断裂系统除呈环形展布的推覆构造外,尚见有北西向、东西向和北东向断裂。其中北西向断裂是主要的,它们切割火山机构,是晚太古宙以来一直活动的断层。区内侵入岩由英安岩、花岗斑岩、石英斑岩和石英二长岩组成,空间构成一复式超浅成杂岩,其中石英斑岩被认为是火山颈相,并与银矿化有密切联系。

2. 地球物理背景

太白维山银矿田处于银厂至落水河北东向重力梯度带内, $-94 \sim -108\text{mgI}$ 等值线向北西和南东两侧凸出的重力低部位。根据岩石密度圈出以石英斑岩为主体环形重力低所代表的岩体隐伏边界。区内3条重、磁解译的线性构造束(图3)穿切该环形构造。其中南北者为重力上延5km有显示的构造,尽管其形成比北西向者早,但据现有资料尚无法确切判定其地质涵义。北东向重力上延5km有显示构造反映了重力梯度带的空间展布。北西向者西北段为航磁上延3km有显示的构造,向东南延伸部分变浅,并转化为重力上延1km有显示构造。在矿区范围内,一原平面有显示的同一方向航磁解译构造以小角度与其相交。这一构造与区内北西向展布的断裂构造基本吻合,其切割环形重力低异常构成地球物理Φ形构造。太白维山两个大型银矿及诸多金、银矿点分布于该Φ形构造内,并沿北西向线状构造束取向分布。

3. 地球化学背景

太白维山银矿田分布有铅族矿物、辉钼矿和自然银重砂异常。空间上,辉钼矿异

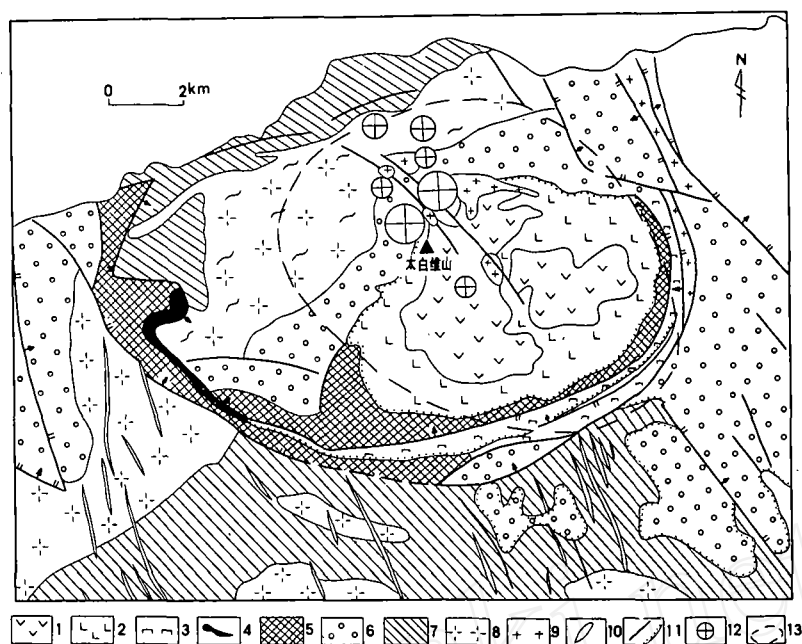


图2 山西灵丘县太白维山地区地质略图

- 1- 侏罗纪张家口组流纹质火山岩; 2- 侏罗纪白旗组英安质火山岩; 3- 侏罗纪后城组砾岩;
4- 石炭纪含煤岩系; 5- 早古生宙碳酸盐岩建造; 6- 中元古宙碎屑岩建造;
7- 太古宙五台群变质岩系; 8- 太古宙 TTG 杂岩; 9- 石英斑岩; 10- 早元古宙辉绿岩;
11- 断层和不整合; 12- 推断由重力低解译出的中生代中酸性侵入体的隐伏边界

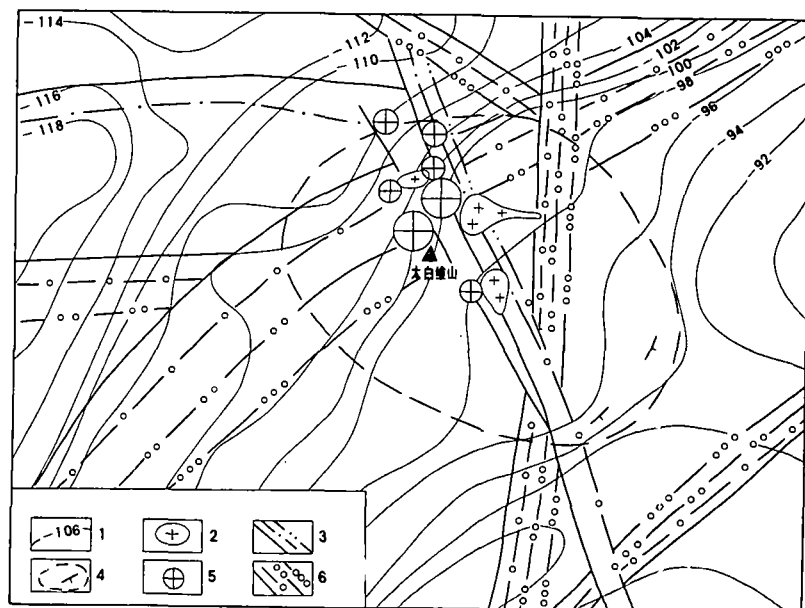


图3 太白维山地区重、磁异常解译构造纲要图

(地球物理解译Φ形构造)

- 1- 布格重力异常等值线; 2- 石英斑岩; 3- 航磁异常原平面, 上延 1km、3km 解出的线性构造;
4- 由重力低推断的隐伏岩体边界; 5- 银(金)矿床(点);
6- 重力异常原平面, 上延 1km、3km、5km 解出的线性构造

常呈环状围绕火山口相的石英斑岩分布。铅族矿物重砂异常呈更大的环状,包含了大部分流纹质火山碎屑岩的分布范围。这些环形异常反映了与火山活动及火山岩有关的热晕蚀变分带。自然银的重砂异常不同,空间上虽呈环形,但其长轴明显呈北西向取向,并叠加在辉钼矿重砂异常之上,反映出一种 Φ 形构造趋势。太白维山两个大型银矿床和许多金、银矿点均分布于这一北西向展布的自然银异常环内及其附近。

区内水系沉积物显现为 Pb、Zn 和 Ag 异常,其中 Pb 为一个很大的环形异常(图 4),形态上与铅族矿物重砂异常相吻合。Zn 和 Ag 异常表现为北西向线性展布。这个方向与区域性导岩、导矿构造方向相一致;其中 Ag 异常宽于 Zn 异常,二者套合并叠加于大的环形 Pb 异常之上构成地球化学 Φ 形构造。值得重视的是,这种 Φ 形构造与地球物理 Φ 形构造具有相当好的吻合性。目前已知矿床和矿点均分布于这种 Φ 形构造中线状构造叠加的部位。

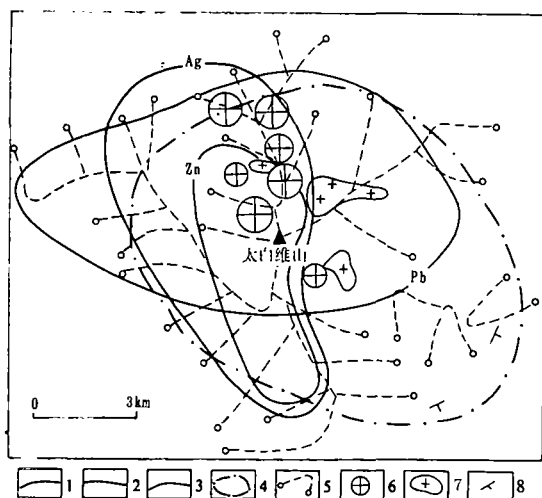


图 4 太白维山地区水系沉积物异常分布图

- 1—银异常; 2—锌异常; 3—铅异常;
4—推断的隐伏岩体边界; 5—汇水盆地;
6—银(金)矿床(点); 7—石英斑岩;
8—隐伏岩体的倾向方向

4. 遥感特性

太白维山地区分布有 5 个遥感环形影像(图 5), 其中最大者直径达 16km, 几乎囊括了整个构造推覆体, 并包含了其余 4 个环形构造。太白维山地区两个中型环形构造直径为 6~8km, 二者平行排到, 边缘相接, 太白维山大型银矿恰好位于二者之间, 区内线性遥感影像以东西向或近东西向为主, 偶尔可见北西及南北向者。事实上, 若将已知矿床连成一线, 它与环形构造相交, 构成一完好的遥感 Φ 形构造。

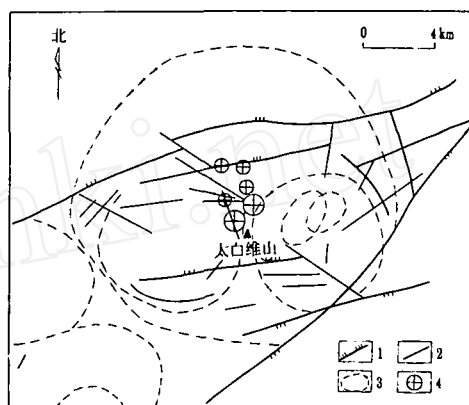


图 5 太白维山地区遥感解译构造图

- 1—环形构造; 2—线性构造;
3—遥感解译断层; 4—银(金)矿床(点)

5. 矿区特征

太白维山矿区位于侏罗纪晚期陆相火山断陷盆地中的火山机构之中。火山断陷盆地由破火山口相、喷发相和浅成侵入相 3 部分组成。破火山口相主要为英安岩、角砾状流纹岩和熔结凝灰岩, 空间上呈筒状或弧形岩墙展布(图 6)。喷发相为面形分布的英安质及流纹质凝灰岩和角砾状凝灰岩。次火山岩相由石英斑岩、石英粗面岩及花岗斑岩组成, 其中石英斑岩呈小岩株充填于火山颈。空间上次火山岩呈北西向排列。矿区内发育有北西向断裂, 并切割该破火山口及石英斑岩构成完好的地质 Φ 形构造。太白维山两个大型银矿及诸多矿点即分布于该 Φ 形构造之中。

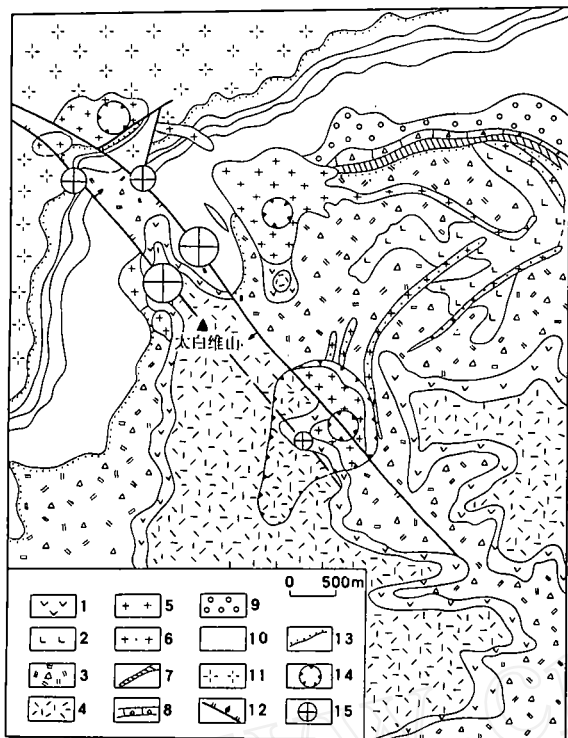


图6 太白维山矿区地质略图

1- 英安岩; 2- 角砾状英安岩; 3- 英安质火山角砾岩;
4- 流纹质凝灰岩; 5- 石英斑岩; 6- 花岗斑岩; 7- 寒
武纪碳酸盐岩; 8- 晚元古宙青白口群角砾岩; 9- 晚元
古宙蓟县群白云质灰岩; 10- 晚元古宙长城系碳酸盐岩
建造; 11- 太古宙 TTG 杂岩; 12- 断层; 13- 角度不整
合; 14- 火山口和推断火山口; 15- 银 (金) 矿床 (点)

6. 矿床特征

矿体呈脉状、透镜状、豆荚状, 北西向、北北西或近南北向展布, 缓倾。容矿围岩种类变化不定, 可见石英斑岩、太古宙变质岩、中晚元古宙白云质灰岩及侏罗系火山碎屑岩等, 矿脉切穿石英斑岩。矿石主要由自然银、辉银矿、银黝铜矿、硫碲银矿、方铅矿、闪锌矿和黄铁矿等组成。脉石矿物为石英、长石、萤石、绢云母、方解石、菱锰矿和菱铁矿。矿石中浸染状、细脉状、网脉状、角砾状、条带状和块状构造均有所发育。围岩蚀变包括绢云母化、硅化、黄铁矿化、碳酸盐化, 偶尔可见绿泥石化、绿帘石化和萤石化。自然银及其其他银矿物呈细小乳滴状及不规则粒状充填嵌布在硫化物 (方铅矿、黄铁矿) 之中。矿石化学成分简单, 元

素组合稳定, 主要为 Ag、Pb、Zn 和 Mn, 这暗示矿区内发育的地球化学 Φ 形构造起源于银矿化。

讨 论

Φ 形构造是脉状金矿或银矿找矿的一种构造模式。它不能简单地被理解为线性构造随机地叠加于环形构造之上所形成的一种构造形式, 因为在任何一个给定的地区内, 一个环形构造都有被一组或一组以上不同方向线构造切割的可能性。就线性构造而言, 从晋东北地区成矿规律的研究结果来看, 北西向构造是自太古宙至第三纪一直活动, 并控制了区域内岩浆岩侵入体和含金地球化学异常空间展布的导岩、导矿构造。由此可见, Φ 形构造中的线性构造应该是规模较大、切割较深, 与区域内导岩、导矿构造相吻合的构造。从这个意义上说, 作为一种式, Φ 形构造中叠加的线性构造的取向在同一构造背颧区对某一时期形成的矿床而言是固定不变的, 它们受该区一定时期的导岩和导矿构造控制。因此, 一个地区同一时期形成的 Φ 形构造样式可能是固定的。

前已述及, Φ 形构造具有不同的类别。某些矿区较完好地表现了地质、地球物理、地球化学和遥感 4 类 Φ 形构造。在实际应用 Φ 形构造模式找矿时, 4 类 Φ 形构造同时出现固然对找矿预测有利, 但某一类或两类 Φ 形构造的出现也是重要的找矿标志。因为, Φ 形构造出现的类别与矿体的埋深、蚀变带出露和地貌情况密切相关, 它可能暗示着隐伏矿体的存在。实际上, 人们在找矿过程中早已不知不觉地运用了 Φ 形构造模式, 如遥感地质找矿中常谈及的“环线叠加”, 地球化学找矿中俗称的“烧饼加油条”以及前苏联学者 B.Б. 切克瓦伊泽 (1988) 建立的金矿矿物—地球化学普查模式等, 均是不同类别 Φ 形构造的具体应用。

Φ 形构造等级除与我们解译资料的尺寸 (比例尺) 有关外, 还与其种类有关。义兴

寨金矿的地质、航磁解译和遥感 Φ 形构造与矿床的空间分布范围相对应, 而地球化学和地球物理 (重力 + 航磁) Φ 形构造与矿田范围相吻合 (王安建等, 1993)。矿田级别的 Φ 形构造可能与中酸性岩浆岩侵入的隐伏端或大型环形热晕体系及其蚀变晕对该类矿床造成宏观控制有关。矿床级别的 Φ 形构造与成矿的最有利部位相对应。事实上, 目前正积累有关矿化集中区受更大规模 Φ 形构造控制的资料 (刘占声等, 1991)。

从理论上讲, Φ 形构造中的环形构造可以是岩浆岩侵入体、火山机构、大型环状地热体系或其蚀变晕。它们所代表的是深部地壳或上地幔物源、热源在地壳浅部或地表的露头, 而叠加于其上的深大断裂或脉岩系统是对这种“源”的继承和活化。这种环境对于热液型矿床的形成来说是一个极为有利的部位。从热液型金矿成因来分析, Φ 型构造模式与“岩浆热液成矿模式” (Burrows et al., 1987, Cameron et al., 1987)、“火山热液成矿模式” (Banteleyev, 1986)、“地下水热液环流成矿模式” (Nesbitt, et al., 1986, Nesbitt, 1988)、“断层带模式” (Sibson, et al., 1988)、“变质热液成矿模式” (Groves et al., 1988)、“地幔柱模式” (Rock, et al., 1988a, 1988b)“韧性剪切带成矿模式” (Bonnemaison, et al., 1990) 均具有很好的适应性。

Φ 型构造的识别和研究, 对于热液型金、银矿床, 特别是那些隐伏、半隐伏矿床的找矿和预测具有重要的实际意义。无论是在覆盖区、半覆盖区, 抑或基岩出露区, 在区域成矿规律研究的基础上, 通过不同学科资料解译、识别和确定不同级别和种类的 Φ 形构造, 对于找矿预测都具有重要的指导作用。

参考文献

- [1] 王世称等,《综合信息解译原理与矿产预测图编制方法》; 吉林大学出版社, 1986。
- [2] 王安建等, 地质找矿论丛, 1993 年, 第 1 期。
- [3] 刘德佑等, 山西地质, 1987 年, 第 2 期。
- [4] 刘占声等,《吉林中部环形构造》, 吉林大学出版社, 1990。
- [5] 切克瓦伊泽, B.B(邱郁文译), 国外地质科技, 1988 年, 第 4 期。
- [6] Burrows, D.R., et. al., Economic Geology, 1987, No. 9.
- [7] Cameron, E.M., et. al., Economic Geology, 1987, No. 6.
- [8] Banteleyev, A., Geoscience Canada, 1986, No. 2.
- [9] Nesbitt, B.E., et. al. Geology, 1986, No. 5.
- [10] Nesbitt, B.E., Gold deposit continuum, 1988, No. 11.
- [11] Sibson, R. H., et. al., Geology, 1988, No. 6.
- [12] Groves, D.I., et. al., Ore Geology Reviews, 1986, No. 3.
- [13] Rock, N.M.S., et. al., Geology, 1988, No. 6.
- [14] Rock, N.M.S., et. al., Gold, porphyries and lamprophyres: a new genetic model. Bicentennial Gold' 88, Abstract, 1988.
- [15] Bonnemaison, M., et. al., Mineralium Deposita, 1990, No. 2.

“ Φ ” shaped structure — A New Exploration Model for Veined Gold (silver) Deposits

Wang Anjiang Ma Zhihong

“ Φ ” shaped structure is a kind of tectonic style characterized by ring structure superimposed by linear structure which cut ring structure. Four types of “ Φ ” shaped structure have been found: geophysical, geochemical, remote sensing and geological. Ring structures control the dimension of mineral deposits and mineral, linear structures control the distribution of the deposits, ore bodies and anomalous zone. “ Φ ” shaped structure is a tectonic model related with veined precious metal deposits, which was identified and summarized by using multi-informational exploration and prediction method during the exploration and prediction of gold and silver deposits in the northeastern of Shanxi province, China. Application of the model to the gold(silver) deposits in the northern of China has proven its effectiveness. Therefore, the model can serve as an important exploration model for gold and silver deposits. This paper introduces the concept, types and scales of the “ Φ ” shaped structure, the ways of the model construction and its application to exploration and assessment.