

晋东北地区义兴寨金矿 综合找矿模型^①

王安建 马志红

(长春地质学院, 长春)

周永娴 李明泽

(山西省地质矿产局, 太原)

提 要 本文根据地质、地球物理、地球化学和遥感资料提出了义兴寨金矿成矿的“Φ”形构造模式,指出分布于山西省东北部太古宙变质杂岩中的义兴寨金矿田处于环形重力低异常被两条北西向相背倾向航磁解译线性构造束切割所构成的地球物理“Φ”形构造区内,并与水系沉积物 Mo、Br、Ag、Cu 的环状异常晕被北西向 Pb、Zn 线状异常叠加所形成的地球化学“Φ”形构造相吻合。矿田内已知义兴寨和辛庄两个中型金矿床分别位于北西向断裂切割燕山期孙庄闪长杂岩岩体所形成的地质“Φ”形构造的两端。陡倾、走向近南北的金-多金属硫化物石英脉穿切孙庄闪长岩及其伴生浅成相 隐爆角砾岩,与两条航磁解译线性构造相接,总体上被限制在二者之间并展现出北西向排列的趋势。不同类别的“Φ”形构造、燕山期多期侵位的复成份中酸性岩浆岩侵入体,时代不一、成份复杂的脉岩系、古老东西向基底构造的活化和组合复杂的重砂矿物、水系沉积物 Mo、Bi、Ag、Cu、Pb、Zn 异常是该类型金矿床的重要找矿标志。

关键词 脉状金矿床 “Φ”形构造 矿床模型 多信息找矿标志 晋东北地区

我国北方许多脉状金矿床与中生代中酸性岩浆岩侵入体具有密切的时间和空间关系^[1-3]。然而从侵入体的数量上看,与金矿化关系密切者却很有限,与具工业价值脉状金矿床关系密切者就为数更少!由此提出一个问题:在数量上占多数而未见矿化的中酸性岩浆岩侵入体是原来根本未曾发生过金矿化还是已经发生矿化而未被识别或埋藏较深无法识别?本文采用地质、地球物理、地球化学和遥感等多信息相关联的方法,以晋东北地区在时间、空间和成因上与中生代中酸性岩浆岩侵入体具密切关系的义兴寨金矿床为例,总结其存在标志,并建立了多信息综合找矿模型。笔者期待,该模型能够为我国北方同类矿床的找矿、评价和预测提供新的思路。

① 本文为山西省地质矿产局与长春地质学院横向联合项目,“山西省金矿综合信息成矿预测及方法研究”成果的一部分

(收稿:1992. 4. 23)

1 矿田产出背景

义兴寨金矿田位于山西省繁峙县东北约 35km 处,由义兴寨和辛庄两个中型金矿床以及若干个金和铜矿点组成。

1.1 地质背景

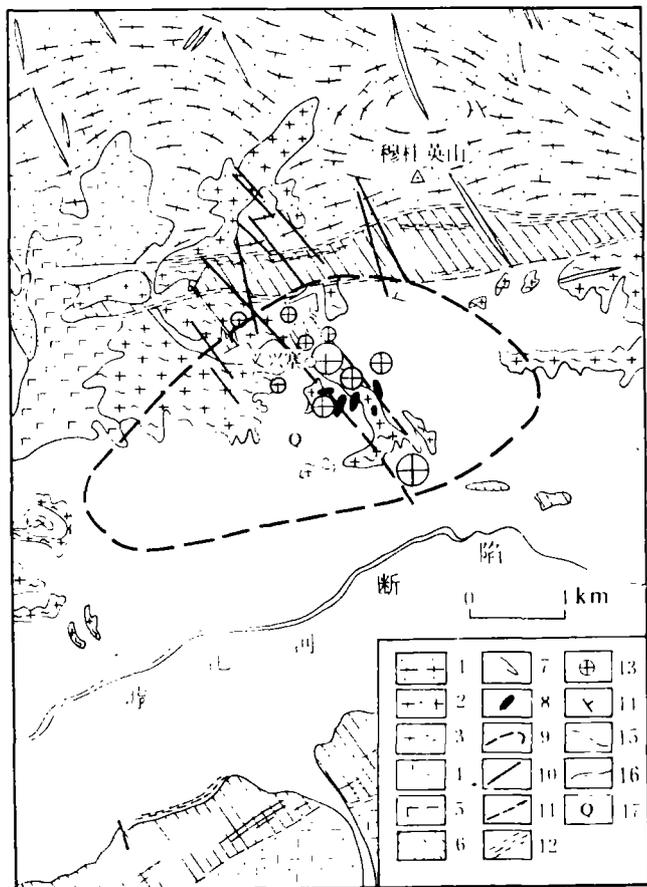
按大地构造分区^[4],义兴寨金矿田位于山西隆起五台山断拱北侧,雁门关凸起与滹沱河断陷接合部位靠近雁门关凸起的南缘地带。背景岩石由北至南依次为:(1)太古宙恒山片麻岩,由遭受角闪岩相至麻粒岩相变质作用改造的花岗岩和花岗闪长岩组成,空间上构成一系列不同规模的卵形构造(图 1);(2)太古宙石咀群金刚库组含铁建造,由斜长角闪岩、黑云变粒岩和磁铁矿石岩等组成,空间上东西向展布并与恒山片麻岩以韧性剪切带相接触;(3)前五台期变质石英闪长岩,该岩石片麻理发育,总体呈东西向展布。区域南部为第四纪黄土覆盖并进入滹沱河断陷,西北部有少量晚元古、古生界及第三纪火山岩不整合超覆。区内断裂构造主要为东西向和北西向两组,其中前者多为韧性断层,分布于金刚库组地层系统内及其边缘,后者表现为脆性,如通过矿区的义兴寨断裂和龙山断裂。孙庄闪长杂岩侵位于变质石英闪长岩之中,该岩体形成于燕山期,由闪长岩、正长闪长岩、石英闪长岩、石英二长闪长岩、石英二长岩以及花岗闪长岩和似斑状花岗岩组成,属于复式岩体。义兴寨和辛庄金矿床分别分布于该岩体的北西端和南东端。

1.2 地球物理背景

义兴寨金矿田位于滹沱河断陷槽形重力低北侧与雁门关凸起重力高南缘相接合的重力梯度带内,其重力场由 $-112\sim-122\text{mgI}$ 等值线向高值同向弯曲构成一轴向近东西的重力低异常区(图 2)。计算机数据处理、资料解译以及岩体和围岩的密度资料研究结果表明,该重力低基本上代表了孙庄闪长杂岩的隐伏范围。区内重力场特征是孙庄闪长杂岩沿重力梯度带侵位、并在该梯度带上造成重力低叠加的结果。

从磁场类型上看,本区处于区域性正缓场与区域性负场过渡的场型变换地带,区内较小的等轴状磁异常与孙庄闪长杂岩的出露部分吻合较好,基本上反映了孙庄闪长杂岩浅部的隐伏范围。区内分布有北西、近东西或东西以及南北向三组重磁解译构造束。其中,近东西向者与晚近地质时代形成的滹沱河断陷边界相对应,东西向者反映了磁铁矿石岩的空间展布趋势,而北西向者与不同时代的辉绿岩、煌斑岩空间分布相吻合。至于南北向构造束的地质涵义,目前尚不清楚。更大区域的重磁解译结果表明,区域性构造时序为东西向—北东向—南北向—北西向,其中北西向构造控制着燕山期岩浆岩和众多含金地球化学异常的空间展布,是区内长期活动的重要导岩、导矿构造^①。义兴寨金矿田内分布有两条航磁解译上延 5km 有显示的北西向线状构造束,它们切割环形重力低异常和磁异常构成希腊字母“Φ”形,本文称之为(地球物理)“Φ”形构造。有意义的是区内已知金矿床和矿点均被限定在这种“Φ”形构造中的环形构造内,

① 山西省综合信息成矿预测及研究方法,未刊



- 说明:
1. 恒山片麻岩
 2. 五台期花岗岩
 3. 变质石英闪长岩
 4. 晚元古、古生界盖层
 5. 新生界盖层
 6. 金刚库组
 7. 基性岩脉
 8. 燕山期孙庄闪长杂岩
 9. 重力低异常推断的岩体隐伏边界
 10. 断层
 11. 推断断层
 12. 韧性断裂带
 13. 矿床(点)
 14. 倾伏方向
 15. 地质界线
 16. 角度不整合
 17. 第四系

图 1 义兴寨地区地质图

Fig. 1 Geological map of Yixingzhai district

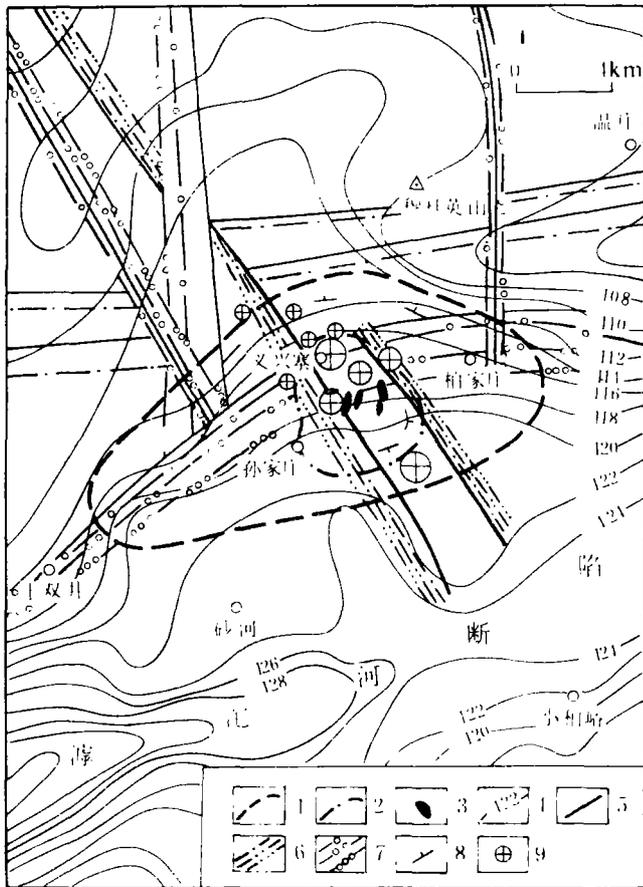
并且沿“Φ”形构造中的北西向线状构造定向分布。

1.3 地球化学背景

水系沉积物调查和分析结果表明,义兴寨地区存在着 Mo、Bi、Ag、Cu 和 Pb、Zn 地球化学异常,其中 Bi、Ag 和 Cu 异常以出露的孙庄闪长杂岩为中心,空间上呈环状分布(图 3),反映了一种较完好的与孙庄闪长杂岩侵位有关的热晕蚀变分带。Zn 和 Pb 异常不同,空间上它们呈线状北西向展布,并且叠加在 Mo、Bi、Ag 和 Cu 环形异常内构成一种地球化学“Φ”形构造。值得重视的是 Pb 和 Zn 异常线性展布趋势与航磁解译线状构造束完全相吻合,并且除辛庄矿床外几乎所有的矿床和矿点都位于这种线性 Pb 和 Zn 异常覆盖区内。事实上,如果将这种线状异常沿走向延长,辛庄矿床也在其中。

1.4 遥感影像特征

义兴寨地区分布有九个直径 1~3km 不等的环形影像,其中有 6 个分布于重力低推断的



说明:

1. 重力低异常圈定的岩体隐伏边界
2. 磁异常圈定的岩体出露边界
3. 出露的孙庄闪长杂岩
1. 布格重力异常等值线
5. 6. 7. 航磁原平面上延 1、3、5km 有显示的线性构造
8. 倾伏方向
9. 矿床(点)

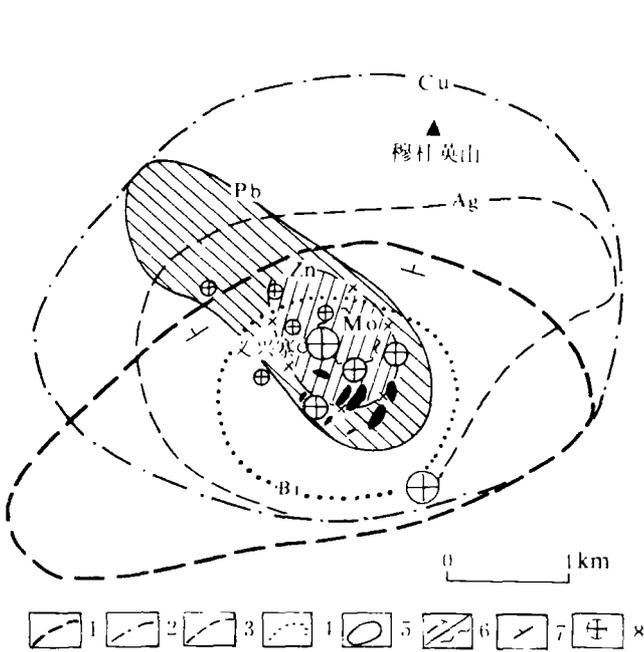
图 2 义兴寨地区布格重力异常图

Fig. 2 Bouguer gravity anomalies of Yixingzhai district showing the geophysical "Φ" shaped structure

孙庄闪长杂岩隐伏范围内或其边界上,其余三个位于其北部边界附近(图 4)。这些环形影像多为地貌或水系的反映。需要指出的是分布于义兴寨附近的遥感环形影像与磁异常圈定的孙庄闪长杂岩出露部分相吻合,说明部分环形影像与岩浆岩侵入体或其蚀变晕密切相关。

区内线性影像总体上不很发育。已经解译出的构造以北西向和东西向为主,南北向仅见一条,其中北西向线性构造切割环形影像构成遥感“Φ”形构造。令人感兴趣的是义兴寨金矿恰好分布在这种遥感解译的“Φ”形构造之中,并与地球物理和地球化学资料解译结果相吻合。区内另外两个遥感“Φ”形构造是否含矿还有待于进一步查证。

义兴寨金矿田分布于燕山期多期侵位的复成份中酸性岩浆岩侵入体的倾伏端,不同规模地球物理、地球化学和遥感“Φ”形构造的发育是该矿田和矿床存在的重要标志。



- 1. 重力低推断的岩体隐伏边界
- 2. Cu 异常
- 3. Ag 异常
- 4. Bi 异常
- 5. Pb 异常
- 6. Zn 和 Mo 异常
- 7. 倾伏方向
- 8. 矿床(点)

图 3 义兴寨地区含金水系沉积物异常分布

Fig. 3 Distribution of auriferous stream sedimentary anomalies in Yixingzhai district

2 矿区特征

2.1 矿区地质

如图 5 所示,义兴寨金矿田的两个金矿区分别位于孙庄闪长杂岩的北西和南东端。矿区范围内大面积分布的是含少量上壳岩包体的太古宙变质石英闪长岩,该类岩石片麻理发育,走向东西或近东西。处于义兴寨和辛庄矿区之间的孙庄闪长杂岩呈哑铃状侵入于变质石英闪长岩之中,其中义兴寨矿区分布有河湾、铁塘洞、南门山和金鸡岭四个隐爆角砾岩筒,它们主要由石英斑岩、长石石英斑岩和它们自身矽卡岩化的角砾岩组成,为与孙庄闪长杂岩具有密切成生联系的超浅成侵入相。矿区范围内脉岩极为发育,主要由变质辉绿岩、辉绿岩、辉长辉绿岩、辉绿玢岩、闪长玢岩、细晶闪长岩、煌斑岩、石英斑岩、长石石英斑岩、霏细岩、长石斑岩、花岗伟晶岩和细晶岩等组成,以闪长玢岩居多,辉绿岩和长石斑岩次之。它们的展布方向以北西为主,少量为南北向或东西向,形成时代从太古宙末直至第三纪。矿区断裂构造主要为北西向和南北向两组,其中南北向构造多为容矿构造,而北西向构造为区域性深大断裂。它们切割孙庄闪长杂岩,构成一完好的地质“Φ”形构造。值得进一步强调的是义兴寨和辛庄矿区恰好分别位于这个

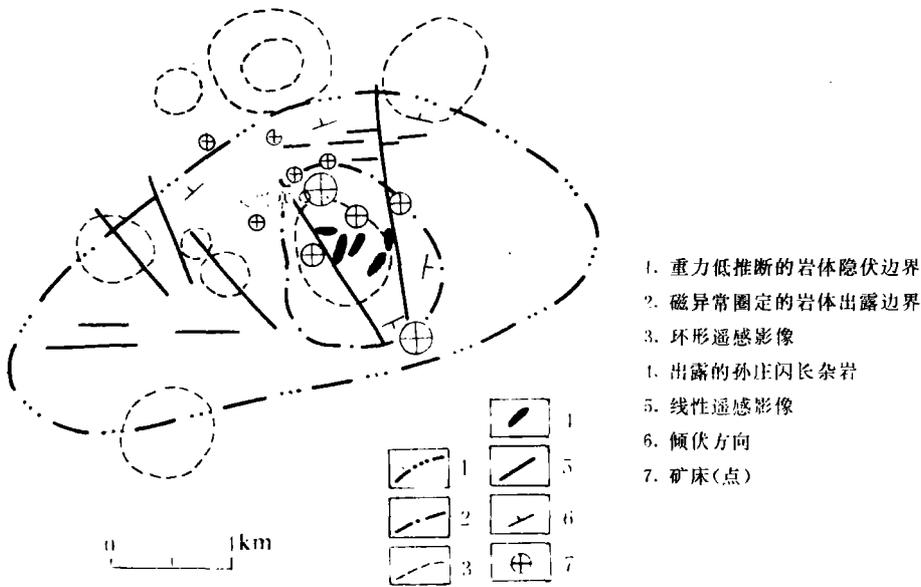


图 4 义兴寨地区遥感解译图

Fig. 4 Interpreted map of remote sensing

“Φ”形构造环形和线形构造相切的两端。

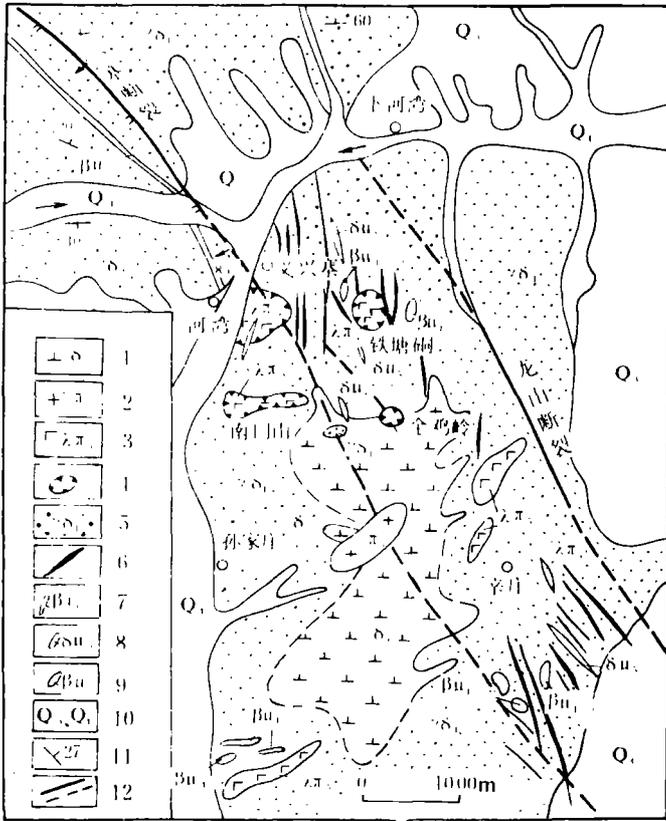
2.2 矿区地球化学

表 1 列出了矿区内几种主要背景岩石 Au、Ag 和 Cu、Pb、Zn、Bi、As 的含量。由表中可以看出,相比较而言孙庄闪长杂岩和河湾石英斑岩具有较高的 Au 和 Bi 含量,脉岩的 Cu 与 Pb 元素含量较高,其它元素如 Zn 及 As、Ag 含量变化不大。

矿区内水系沉积物剩余异常特征数值如表 2 所示。前已叙及,义兴寨金矿田处于地球化学“Φ”形构造之中,根据两个矿区的分布,可知它们的水系沉积物异常元素组合为 Pb、Zn、Ag、Cu 和 Bi。将水系沉积物异常元素及其空间展布形式与不同岩类微量元素含量及其空间分布特点相比较可以推定:矿区内 Pb 和 Zn 异常与北西向构造及沿其分布的脉岩关系密切,Bi 和部分 Ag 异常与孙庄闪长杂岩及其伴生的次火山隐爆角砾岩(与 Mo 关系密切)有关。至于 Cu 异常的解释还有待于矿床地球化学资料的进一步充实。总体上看矿区处于地球化学“Φ”形构造中,中温或中低温元素分布和叠加的热晕蚀变区域内。

2.3 矿区地球物理

义兴寨矿区主要岩石的物性参数列于表 3。由表看出矿区内大面积分布的变质石英闪长岩具有弱到微弱的磁性,较高的密度和最低的极化率,而孙庄闪长岩具有高的磁性、较低的平均密度(包括与其伴生的超浅成相)和较高的极化率。由此可见,与孙庄闪长杂岩相吻合的环状磁异常反映的是该岩体的磁性特征。由于包括孙庄闪长岩、花岗斑岩和石英斑岩在内的孙庄闪



1. 孙庄闪长岩
2. 似斑状花岗岩
3. 石英斑岩,长石石英斑岩
4. 隐爆角砾岩筒
5. 变质石英闪长岩
6. 含金石英脉
7. 五台期变质基性岩
8. 燕山期闪长玢岩
9. 蓟县期辉绿岩
10. 第四系
11. 片麻理产状
12. 断层及推断断层

图5 义兴寨—辛庄矿区地质图

Fig. 5 Geological map of Yixingzhai—Xinzhuan orefield

长杂岩的平均密度明显低于其围岩变质石英闪长岩,可以断定本区环形重力低异常是由这些岩石在地下隐伏造成的。

矿区及其附近稍大区域内系统地面高精度磁测资料解译表明,义兴寨矿区的构造时序与区域构造时序不同。某些新的东西向线状解译构造切割北西及南北向构造,反映了一种构造时序上的异常。它们是古老东西向基底构造活化的结果,有可能成为该类矿床重要的找矿标志之一。

表 1 义兴寨矿区主要岩石微量元素含量(ppm)

Table 1 Trace element concentration of main rocks from Yixingzhai orefield

元 素 岩石类型	Au (ppb)	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Bi
义兴寨变质石英闪长岩	2.76 (25)*	0.96 (27)	75.92 (27)		76 (25)	2 (23)	8.08 (26)
孙庄闪长杂岩	5.24 (16)	0.96 (12)	41.82 (11)	29.17 (12)	73.33 (12)	5.95 (12)	10
河湾石英斑岩	5 (136)	1.0 (2)	75 (2)	25 (2)	70 (2)	3.1 (2)	40 (2)
闪长玢岩(脉)	3.3	1.3	170	50			
霏细斑岩	3.7	1.0	100	50	40	4.8	30

* 括号内为样品数

表 2 义兴寨矿区主要元素剩余异常特征数值(ppm)

Table 2 Special value of trace elements of stream sedimentary in Yixingzhai orefield

元 素 项目	Au(ppb)	Ag(ppb)	Cu	Pb	Zn	Mo	Bi
强度	60.62	54.2	18.36	7.79	15.69	0.86	0.38
异常下限	1.00	30.15	10.24	5.33	15.09	0.30	0.11
衬度	10.62	1.80	1.79	1.46	1.04	2.87	3.45
极大值	25.17	83	18.36	9.48	15.69	0.86	0.51

3 矿床特征

3.1 矿床地质^①

3.1.1 矿体 呈脉状,分为含金断裂角砾岩带和含金多金属硫化物石英脉两类,以后者为主。矿脉走向北北西(345°~355°)(义兴寨)或北西向(335°~345°)(辛庄),东西及北东走向者少见,陡倾(倾角 72°~90°)倾向北东或南西。它们穿切河湾,铁塘洞隐爆角砾岩和孙庄闪长杂岩等燕山期侵位的浅成、超浅成中酸性岩浆岩侵入体,并且大部分被限制在北西向展布的义兴寨和龙山断裂之间(图 5)。

3.1.2 矿石 矿石中金属矿物达 34 种之多,其中主要矿物为自然金、银金矿、黄铁矿、黄铜

① 本部分引用了景淑慧“山西省繁峙县义兴寨金矿床成矿地质条件及成矿规律的研究”科研报告,1985 年的部分资料

矿、方铅矿、闪锌矿和毒砂等;次要矿物为自然铋、辉铋矿、磁黄铁矿、辉钼矿、斑铜矿、碲银矿和砷铅矿等。脉石矿物主要为石英、绢云母、长石和方解石,绿泥石、黑云母次之。矿石呈网脉状、细脉状或浸染状和角砾状。金主要以自然金和银金矿的形式赋存于黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、毒砂和石英之中,以黄铁矿中为主。

3.1.3 围岩 矿体主要围岩为太古宙(前五台期)变质石英闪长岩,其次为隐爆角砾岩、角砾状砂卡岩、石英斑岩、变质辉绿岩等。矿化对围岩无专属性选择。

表3 义兴寨矿区岩石物性特征表

Table 3 Value of properties of main rocks in Yixingzhai orefoeld

物性 岩性	磁性		密度(10^3kg/m^3)	极化率(%)
	Ji(10^{-3}A/m)	Jr(10^{-3}A/m)		
变质石英闪长岩	弱磁	微弱	2.7	1.3
孙庄闪长岩	1937	396	2.67	2.0
花岗斑岩	微弱	微弱	2.32	1.5
石英斑岩	微弱	微弱	2.47	1.6
辉绿岩	4535	91490		3.5
变质辉绿岩	257	782		1.6

3.1.4 围岩蚀变 主要为黄铁矿化、硅化、绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化,有时可见赤铁矿化和电气石化。空间分带明显,靠近矿脉为黄铁矿化,依次向外为硅化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化。

3.1.5 矿化期、阶段 义兴寨矿床的形成过程可分为两期五个阶段。早期分为砂卡岩阶段、赤铁矿—磁铁矿阶段和早期石英硫化物阶段;晚期分为晚期石英—硫化物阶段和碳酸盐阶段。主成矿期(晚期)矿物组合为自然金、银金矿、黄铁矿、石英、方铅矿、闪锌矿和黄铜矿。鉴于部分矿体穿切与孙庄闪长岩密切伴生的超浅成相隐爆解砾岩,推定其形成于燕山运动末期岩体完全冷凝之后。

3.2 矿床地球化学^①

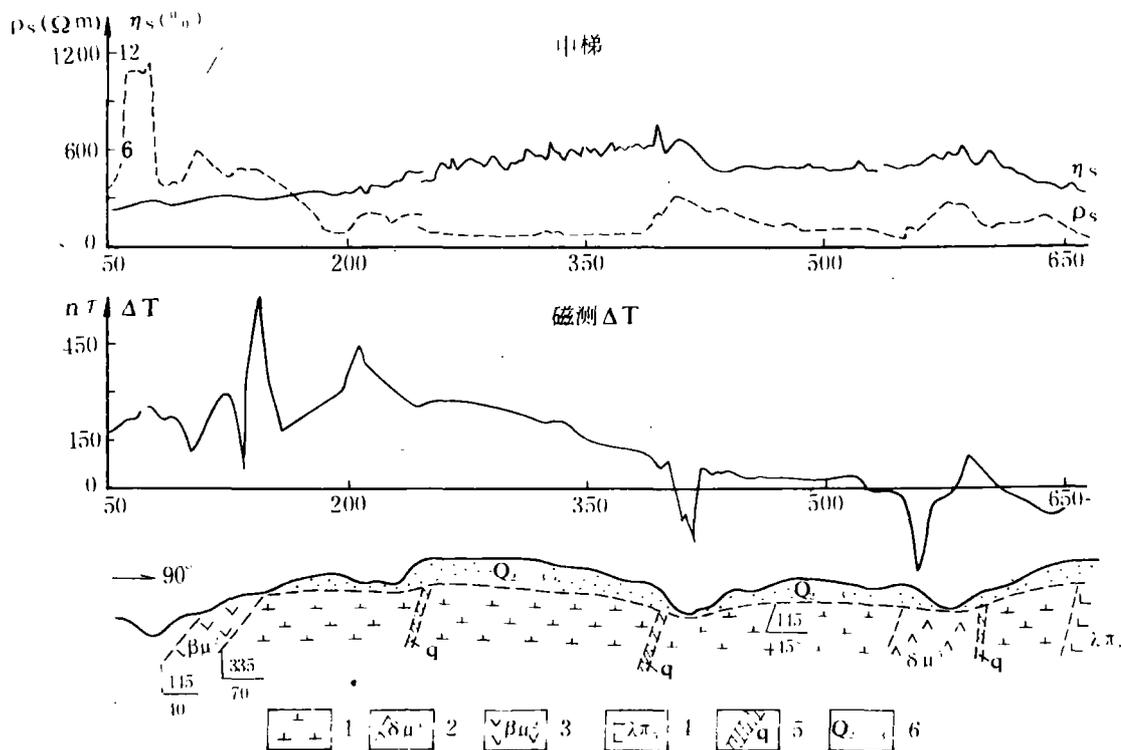
3.2.1 矿石化学成份 除 Au 和 Ag 之外,矿石中还含有 Cu、Pb、Zn、Bi、Mo、As、Ni、Co 和 Cr 等二十余种元素,其中 Cu 可达 2.38%,为背景含量的 100~500 倍,Pb 达 0.69%,Zn 达 1%,均可在选冶过程中综合利用,并且它们的含量与矿石中金和银的品位具有很好的正相关性。当我们将矿石中的这些元素含量与矿区的地球化学“Φ”形构造相关联时可以断定组成“Φ”形构造的 Pb、Zn、部分 Cu 和 Ag 异常是与金矿化有关的矿异常,前述地球化学“Φ”形构造是它们自身在岩体热晕 Mo、Bi 和部分 Cu 及 Ag 异常之上叠加的结果。

① 本部分引用了景淑慧“山西省繁峙县义兴寨金矿床成矿地质条件及成矿规律的研究”科研报告,1985年的部分资料

3.2.2 同位素组成 矿石中硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 变化于 $-0.8\sim+3.5\%$ 之间, 平均 1.38% 。总体反映了一种深源的特点。含金石英脉石英氧同位素 $\delta^{18}\text{O}$ 为 12.453% 和 12.183% , 通过计算获得含矿热液的 $\delta^{18}\text{O}$ 分别为 8.263% 和 8.113% 。

3.3 矿床地球物理

3.3.1 电性特征 激电中间梯度法测量结果表明, 矿脉和矿化带表现为宽缓的低阻和高极化背景场中的高异常(图6)。义兴寨矿区通过5、6和10号矿脉的Ⅷ号综合物探剖面每条矿



- 1. 太古宙变质石英闪长岩
- 2. 燕山期闪长玢岩脉
- 3. 蓟县期辉绿岩
- 4. 石英斑岩 长石石英斑岩
- 5. 含金石英脉
- 6. 第四系

图6 义兴寨金矿综合物探剖面图

Fig. 6 Geophysical section through orebodies in Yixingzhai gold deposit

脉上的剩余异常值约为 $1\sim2\%$, 这与矿脉中金属硫化物的富集有关。

3.3.2 磁性特征 高精度地面磁测结果表明, 矿脉及矿化带均为显著低的磁异常(图6), 反映了破碎带及矿化蚀变带的磁性特征。

4 综合找矿模型

找矿模型是一组或多组找矿标志的组合,它以矿床地质模型为基础。

4.1 矿床地质模型

构造背景 断陷盆地边缘,两个次级大地构造单元接合处并被北西向深断裂切割的部位。

构造模式 北西向导岩、导矿构造切割环形中酸性岩浆岩侵入体所构成的地质“Φ”形构造。

成矿环境 复成份中酸性钙碱系列侵入杂岩的倾伏端;酸性超浅成隐爆角砾岩筒及其附近;不同时代、种类和产状脉岩系发育,以闪长玢岩为主并伴有煌斑岩出现的部位;陡倾、以高角度与北西向导岩、导矿构造相接的近南北向断裂系统内。

岩石类型 (1)闪长岩、石英二长闪长岩、花岗闪长岩、二辉闪长岩、花岗斑岩;(2)长石石英斑岩、石英斑岩、隐爆角砾岩;(3)变质辉绿岩、辉长辉绿岩、辉绿岩、辉绿玢岩、闪长玢岩、煌斑岩、石英斑岩、霏细岩、花岗斑岩和长石斑岩。

蚀变模型 黄铁矿化(内带)—硅化—绢云母化—绿泥石化—碳酸盐化。

成矿时代 中生代燕山运动末期。

4.2 地球物理找矿标志

(1)不同类型磁场转换带所标定的次级构造单元接合处。

(2)叠加于重力梯度带之上环形重力低所圈定的中酸性复成分岩浆岩侵入体的隐伏范围。

(3)北西向航磁上延 5km 有显示的线性构造切割环形重力低所构成的“Φ”形构造区域。

(4)北西向航磁上延 5km 有显示的线性构造与东西向重力上延 5km 有显示的线性构造交汇处。

(5)相背倾向两个北西向航磁上延 5km 有显示的线性构造下盘,构造封闭端。

(6)构造时序异常,出现新东西向构造的部位。

(7)宽缓激电高背景带和低阻带所反映的含金脉带和矿化带的位置。

(8)高精度磁测局部磁力低指示的破碎带和蚀变带的位置。

4.3 地球化学找矿标志

(1)含金水系沉积物异常所构成的 Bi-Ag-Cu 环形蚀变晕所包含的范围。

(2)北西向线性分布的水系沉积物 Pb、Zn 异常叠加于环形蚀变晕之上所构成的地球化学“Φ”形构造区内。

(3)水系沉积物异常元素组合和重砂矿物组合复杂的地段。

(4)水系沉积物异常指示元素 Pb、Zn、Ag 和 Bi 有机组合并衬度大,重砂指示矿物毒砂、闪锌矿、辉银矿、辉铋铅矿同时出现的地段。

4.4 遥感标志

环形影像被区域性线性影像切割形成“Φ”形构造的部位。

4.5 综合找矿模型

根据前述矿床模型和地球物理、地球化学、遥感找矿标志可建立义兴寨地区金矿床的综合找矿模型如下。

(1)两个或两个以上不同级别次级大地构造单元接合部位或区域性磁场类型转换带及较大规模重力梯度带被区域性导岩、导矿构造切割的地段。

(2)环形重力低异常或磁异常所圈定的复成分中酸性浅成、超浅成岩浆岩侵入体的隐伏范围或其倾伏端。

(3)地质、地球物理、地球化学和遥感“Φ”形构造发育的部位,不同级别“Φ”形构造分别指示矿田和矿床的所在位置。

(4)不同时代、种类和产状脉岩系发育,并以闪长玢岩为主伴有煌斑岩出现的地段。

(5)被限定在两条区域性导岩、导矿构造之间,陡倾并以高角度与这组导岩、导矿构造相接的不同方向的次级断裂构造系统内及其构造封闭端。

(6)构造时序异常,古老基底构造发生活化的地段。

(7)水系沉积物异常和重砂异常元素和矿物组合复杂的地段。

(8)低磁、低阻、高极化的部位。

5 讨论

5.1 关于“Φ”形构造

“Φ”形构造是义兴寨金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性构造切割的可能性。就线性构造而言,从晋东北地区成矿规律研究的结果来看,北西向构造是自太古宙至第三纪一直活动,并且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。因此,“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,一个地区同一时期形成的“Φ”形构造样式可能是固定的。

“Φ”形构造具有不同的类别。义兴寨地区较完好地表现了地质、地球物理、地球化学和遥感四类“Φ”形构造。在实际应用“Φ”形构造模式找矿时,四类“Φ”形构造出现固然好,但某一类或两类“Φ”形构造的出现也是重要找矿标志,因为这与矿体的埋深、蚀变带出露以及地貌情况密切相关。事实上,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”,以及苏联学者B·B·切克瓦伊泽^[5]建立的金矿矿物—地球化学普查模式等均属不同类别“Φ”形构造的具体运用。

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。从热液型金矿成因方面来分析,“Φ”形构造与“岩浆热液成矿模式”^[6,7]、“火山热液成矿模式”^[8]、“地下水热液成矿模式”^[9,10]、“断层热液成矿模式”^[11]、“变质热液

成矿模式”^[12]、“地幔柱模式”^[13,14],以及“韧性剪切带成矿模式”^[15]均具有很好的吻合性。

“Φ”型构造的识别和研究对于热液型金矿床,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。同时,它还潜藏着对所有热液型矿床矿化集中区、矿田和矿床三个级别单元找矿和预测的指导作用。从义兴寨金矿田和矿床“Φ”形构造的研究结果来看,不同类别(地质、地球物理、地球化学和遥感)和不同等级“Φ”形构造的套合或重合是找矿的重要标志,但实际找矿过程中地质“Φ”形构造可能并不多见,这与区域性导岩、导矿构造没有恰好切在岩浆岩侵入体或火山机构剥蚀出露的部位有关。

5.2 关于找矿模型和建立原则

本文有关矿床地质方面的描述是有选择性的,它明显不如为建立矿床成因模型而叙述的那样详细、系统。这并不意味着找矿模型的建立可以脱离矿床成因模式建立的资料,恰恰相反,找矿模型的建立应该以其成因模式为基础。我们不能不承认许多矿床的成因认识都具有多重性。一个矿床开采完毕,其成因争论仍未休止的例子并不少见。这给找矿模型的建立带来了一定的困难,同时也要求我们归纳总结出一个可以囊括几个类似成因观点的构造模式或地层—岩浆岩模式以及地层—构造模式,以利于找矿模型的建立和最大限度地发挥其作用。就本文而言,尽管义兴寨金矿成因认识目前还没有什么分歧,但是不等于说现在成因模式千真万确。“Φ”形构造模式恰好是为这一目的总结出来的,由于它包含了几种不同成因热液型金矿成矿模式的共同点,因此,其适用范围更广泛。

前已叙及,找矿模型是一组找矿标志的有机组合,而找矿标志本身是一种异常,确切地说是叠加异常减去局部非矿化背景异常和非金矿化异常之后剩余的异常。如义兴寨地区环形Mo、Bi、Ag和Cu地球化学异常从它们与隐爆角砾岩和孙庄闪长杂岩体的空间关系来看,至少它们中的一部分是与岩体有关的非矿化局部背景异常。线状叠加的Pb和Zn地球化学异常则不同,根据矿石化学资料分析,在减去局部背景异常后仍然有剩余异常,显然它们是重要的找矿标志。但是,Pb和Zn这两个元素在自然界的水系沉积物中高于背景值的数据太常见了,考虑到不同地区、不同地质体和矿床它们的丰度值差别较大,所以模型中使用了其分布形式“地球化学‘Φ’形构造”、“异常元素组合复杂”和“指示元素”这样的标志而没有使用含量和衬度的概念。重砂的找矿标志亦如此。这会使模型的应用范围更广一些,用起来更灵活。

文中找矿标志按信息来源分为地质、地球物理、地球化学和遥感四组,彼此是有重复的,如地质部分中酸性岩浆岩侵入体隐伏端与地球物理部分的环形重力低异常和磁异常所说的是一码事。岩体出露部分与环形遥感影像反映的是一个物体。从地壳演化和矿床形成的复杂程度来看,这种重复、叠置是必要的。因为不同地区地壳演化历史不同,背景复杂程度不一,特别是那些隐伏、半隐伏矿床和覆盖地区矿床的寻找,直接地质标志很难被运用,因此必须使用多信息资料。应该强调,无论是那一类信息资料,矿床地质模型都是第一位和最重要的。

鸣谢:本文撰写过程中得到了王世称教授的指导,山西省地矿局区调队、物探队和地研所部分同志参加了工作并提供了宝贵的资料,在此一并致谢!

参考文献

- 1 姚凤良,邹祖荣,刘允良,任洪茂. 辽南中生代花岗岩演化及其与金矿成因关系. 见:沈阳地质矿产研究所编,中国金矿主要类型区域成矿条件文集(4). 北京:地质出版社. 1988,45~90.
- 2 姚凤良等. 胶东西北部脉状金矿. 长春:吉林科学技术出版社. 1990,187~225.
- 3 余昌涛,贾斌. 冀东主要类型金矿床的成因及形成机理研究. 见:沈阳地质矿产研究所编,中国金矿主要类型区域成矿条件文集(2). 北京:地质出版社,1989,1~48.
- 4 山西省地质矿产局编,山西省地质志. 北京:地质出版社,1990
- 5 切克瓦伊泽 B. B. 网脉型金—硫化物—石英矿化的矿物—地球化学普查模式. 邱郁文译. 国外地质科技,1988,4,58~62
- 6 Burrows D R and Spooner E T C. Generation of a magmatic H₂O-CO₂ fluids enriched in Au and W within an Archean sodic granulite stock, Mink lake, northwestern Ontario. *Economic Geology*. 1987,82(9):1931~1957
- 7 Cameron E M and Hattori K H. Archean gold mineralization and oxidized hydrothermal fluids. *Economic Geology*. 1987,82(6):1177~1191
- 8 Banteleyev A. Ore deposits 10. A Canadian cordilleran Model for Epithermal gold silver deposits. *Geoscience Canada*. 1986,13(2):101~111
- 9 Nesbitt B E, Murowchick J B and Muehlenbachs. Dual origin of lode deposits in the Canadian corrilera. *Geology*. 1986,14(5):506~509
- 10 Nesbitt B E. Gold deposit continuum; A genetic model for lode Au mineralization in the continental crust. 1988,16(11):1044~1048
- 11 Sibson R H, Robert F and Poulsen K H. High—angle reverse faults, fluid—pressure cycling, and mesothermal gold—quartz deposits. *Geology*. 1988,16(6):551~555
- 12 Groves D I and Phillips G N. The genesis and tectonic control on Archean gold deposit of the western Australian shield—A metamorphic replacement model. *Ore Geology Reviews*. 2(3):287~322
- 13 Rock N M S and Groves D I. Can lamprophyres resolve the genetic controversy over mesothermal gold deposits? *Geology*. 1988,16(6):538~541
- 14 Rock N M S, et al. Gold, porphyries and lamprophyres; a new genetic model. *Bicentennial Gold '88*, Abstract, 1988, 307~312
- 15 Bonnemaison M and Marcoux E. Auriferous Mineralization in some shear—zone; a three—stage model of metallogenesis. *Mineralium Deposita*. 1990,25(2):96~104

**SYNTHETIC MODEL FOR SEARCHING GOLD DEPOSITS—AN
EXAMPLE FROM YIXINGZHAI GOLD DEPOSIT,
NORTHEASTERN SHANXI PROVINCE**

*Wang Anjian Ma Zhihong,
(Changchun university of Earth Sci-
ences Changchun, 130026).*

*Zhou Yongxian, Li Mingzhe (Bureau
of Geology and mineral Resource
of Shanxi province, Taiyuan,
030006)*

Abstract

“Φ”Shaped structure has been proposed as a new tectonic model for veined gold mineralization based on the data of geology, geophysics, geochemistry and remote sensing from Yixingzhai gold deposits, north—eastern Shanxi province, China. Two middle—large—sized gold deposits formed during the Mesozoic and some gold—cooper mineral occurrences in the Archean metamorphic complexes are found within a geophysical “Φ” shaped structure consisting of the circular gravity low anomaly and the cutting linear structure from interpretation of geophysical data. The “Φ” shaped structure shows well coincidence with the “Φ” shaped geochemical anomaly which makes up of the circular halos of Mo, Bi, Ag and Cu stream sedimentary anomalies superposed by north—western linear stream sedimentary anomalies of the elements Pb and Zn. Yixingzhai and Xinzhuang gold deposits in the orefield are on the either end of the “Φ” shaped structure which is composed of the Mesozoic intrusion crossed by a fault with northeastern trend. Gold—polymetallic sulfide quartz—veins with steep and near south—northern or north—western trend in both gold deposits pass through Shunzhuang dioritic intrusion and the exploded breccia pipe related closely with the intrusion, and join with the linear structures interpreted from magnetic data. These veins are limited between the linear structures and show a north—eastern distribution.

It is very important guides to searching for this type of gold deposits that the “Φ” shaped structures occur in various type and the Mesozoic intrusions with intermediate to acidic composition, that the dyke series intruded in different period are well developed, that the oldest faults with east—western trend in the basement are reactive and that the complicated assemblages of both heavy minerals and stream sedimentary anomalies of the elements Bi, Ag, Cu, Pb, Zn occur.