山西繁峙义兴寨金矿床金矿物特征研究

李成禄[1,2] 李胜荣[2] 罗军燕[3] 张聚全[2] 宋继叶[2]

(1.黑龙江省地质调查研究总院,黑龙江 哈尔滨 150036;2.中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室,北京 100083;3.地质出版社,北京 100083)

提要:义兴寨金矿属于典型的石英脉型金矿床。金矿物以单颗粒的银金矿为主,有少量的自然金。粒度多集中在 10~50 μm;形态多为浑圆粒状、麦粒状、不规则粒状、角砾状、细脉状等。主要以包体金、粒间金、裂隙金存在于黄铁矿、黄铜矿、石英等颗粒中。利用数量和面积两种统计方法分别对金矿物进行形态、粒度、存在状态的特征统计,显示不同类型金矿物在出现率和面积配分特征上有较大差别。化学成分中普遍含有 Fe、S、Cu、Zn、Pb 元素,分析得出 Fe、S 与 Au 呈不同程度的反相关关系,Pb 元素含量相对稳定,Cu、Zn 元素变化较大;结合 Au、Ag 含量与温度关系,显示金矿物形成于中低温环境。成色为 510.7~887.9,平均 653.6,显示浅成成矿环境。纵向上,从 1350 m 标高到 1070 m 标高,金矿物的成色平均值由 778.4 逐渐降低为 651.7,显示逆向分带特征,指示深部 1070 m 标高以下仍有稳定矿体存在。

关 键 词:义兴寨金矿;金矿物;化学成分;成色

中图分类号:P618.51 **文献标志码**:A **文章编号**:1000-3657(2011)01-0119-10

本文的"金矿物"是指金银系列矿物。金矿物的形态、成分、物性及矿物组合、成因、产状等标型特征是划分金矿成因类型、指示它们在时间、空间上的存在形式,判断矿床品位、规模和形成机理的标志[1]。查明金的化学成分及成色、赋存状态等特征,对于矿床地质评价和成因探讨以及矿石采选冶都有重大的意义。前人[2-8]对山西义兴寨金矿床的流体包裹体、地球化学和矿物学等做过不少工作,但对金矿物形态、粒度等统计特征,成分及成色反映的信息尚未进行过细致的研究与讨论。为此,笔者着重研究该金矿床中金矿物的详细特征及其所反映的地质信息,探讨其在找矿应用中的指示意义。

1 矿床地质特征

义兴寨金矿(图 1)位于山西省繁峙县砂河镇,大地构造位置属华北克拉通中间带北部山西陆台北缘构造岩浆活动带,矿区出露一套太古宙五台群、石咀群和庄旺群变质岩,主要为变闪长岩-黑云斜长片麻岩及长英质片麻岩。

区内构造表现了多期、多次褶皱变形和断裂活动,前五台—吕梁期以褶皱构造为主导形式,经多期多次活动,区域上形成 NEE 向复背斜。到了燕山期构造运动主要形成 NNE 向、NW 向及其派生的 NNW 向次级断裂。其中 NW 向龙山断裂、义兴寨断裂(图 1)成为矿区的主要控岩、控矿构造,SN 向和 NNW 向断裂为矿区的主要容矿构造。

矿区内出露的岩浆岩主要为酸性次火山岩和孙庄闪长杂岩体。早期孙庄杂岩体位于矿区东南部,出露面积约 4 km^2。由辉石闪长岩、石英二长闪长岩和似斑状花岗岩等组成;晚期的酸性次火山岩主要分布在矿区中部的河湾、铁塘硐、南门山、金鸡岭 4 个角砾岩筒中及其外侧,由长石石英斑岩、石英斑岩、长石斑岩和霏细岩组成。此外矿区脉岩也极为发育,主要有辉绿玢岩脉、闪长玢岩脉、闪斜煌斑岩脉等。

按矿物组合特征将矿石类型分为:绢云母-黄铁矿-石英贫金矿石;石英-黄铁矿金矿石;石英-多

收稿日期:2010-03-26;**改回日期**:2010-05-14

基金项目:国家自然科学基金重大研究计划重点支持项目(90914002)、高等学校学科创新引智计划(B07011)、全国危机矿山接替资源找矿项目(20089937)资助。

作者简介:李成禄,男,1984 年生,硕士生,助理工程师,主要从事金矿矿产勘查工作;E-mail:lcl230881@163.com。

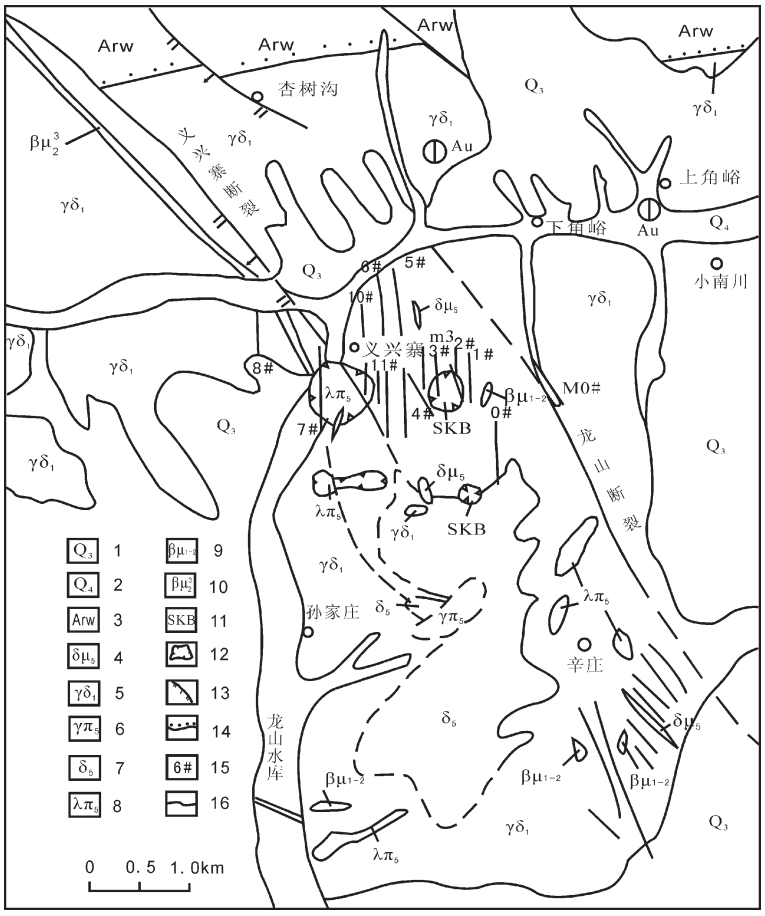


图 1 义兴寨金矿矿区地质图❶

1—第四系黄土、亚砂土;2—第四系冲洪积;3—五台超群金岗库组;4—闪长玢岩脉;5—斜长片麻岩夹变粒岩;6—似斑状花岗岩;7—孙庄闪长杂岩体;8—超浅成相酸性岩;9—变基性岩;10—辉绿岩;11—矽卡岩化隐爆角砾岩;12—隐爆角砾岩筒;13—实测或推测断层;14—不整合界线;15—含金石英脉编号;16—地层界线

Fig.1 Geological sketch map of the Yixingzhai gold ore district

1-Quaternary loess and sabulous clay; 2-Quaternary alluvial-diluvial material; 3- Jingangku Formation of Wutai Super-Group; 4- Diorite porphyrite dike; 5-Plagioclase gneiss intercalated with granulite; 6-Porphyritic granite; 7-Sunzhuang diorite complex ;8-Ultra-hypabyssal acid rocks; 9-Metamorphic mafic rocks; 10-Diabase; 11-Skarnizd hydrothermal breccia; 12- Hydrothermal breccia pipe; 13-Measured or inferred fault; 14-Unconformity; 15-Serial number of gold-bearing quartz vein; 16-Stratigraphic boundary

金属硫化物金矿石;石英-碳酸盐金矿石。

金矿石属富硫化物型,硫化物主要为黄铁矿,其次为黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂、砷黝铜矿和少量的硫铋银矿、辉银矿、辉铜矿、蓝辉铜矿、斑铜矿、辉钼矿等;脉石矿物主要有石英、长石、绢云母、绿泥石、方解石,还有磷灰石、锆石、金红石、钛铁矿等副矿物。

围岩蚀变发育强烈。经野外和显微镜下观察,主要有钾化(红化)、硅化和黄铁绢英岩化,其次为高岭土化、碳酸盐化、绿泥石化、电气石化等。

2 金矿物特征

2.1 金粒度、形态

矿石中金元素以单颗粒的形式存在于各载金矿物中,呈亮黄色,反射率高、硬度低、表面清洁。粒度粗细不均,在 6~188μm 均有出现,多数集中在 10~50μm。按出现率(颗粒百分比)来说,以中、细粒为主,占总量的 81.54%;而面积百分比则以中、粗粒为主,占总量的 83.50%,微粒最少,仅占 0.52%(表 1)。

金矿物的形态以浑圆粒状、麦粒状、角砾状、不

❶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.山西省地质矿产局 211 队,1985.

表 1 义兴寨金矿床金矿物粒度统计

Table 1 Grain size statistics of gold minerals from the Yixingzhai gold deposit

粒级/μm	粗粒(>75)	中粒(75～37)	细粒(37～10)	微粒(<10)
颗粒数	5	17	36	7
颗粒百分比	7.69	26.15	55.39	10.77
面积/μm^2	27192	17539	8560	278
面积百分比	50.76	32.74	15.98	0.52

规则粒状和细脉状、树叉状等为主,少量呈自形-半自形(仅见于黄铜矿颗粒中,且与硫铋银矿连生)。按出现率来说,以浑圆粒状、细脉、树叉状为主,占总量的 50.77%,角砾状最少,占总量的 10.77%;而面积百分比则以不规则粒状为主,占 43.51%,其次为细脉、树叉状、角砾状, 麦粒状、浑圆状含量最少, 共占 23.17%(表 2)。

2.2 金矿物赋存状态

本次对义兴寨金矿床中 11 块矿石反光片进行显微镜下观察, 其中 6 块矿石反光片发现有金矿物颗粒,共观察到明金 65 粒。按照金矿物与其他伴生矿物的空间关系,可分为包体金、粒间金和裂隙金。

(1)包体金:共发现 36 粒,占显微镜下统计数量的 55.38%, 出现率占第一位, 而面积百分比则占 40.17%,居第二位。主要以单颗粒(图 2-a、图 2-b)或与其他矿物连生(图 2-c)的形式一同被包裹在黄铁矿中,少量被包裹在黄铜矿、方铅矿等硫化物和石英中,此次未发现闪锌矿中有包体金存在。形态多呈浑圆粒状、麦粒状,大小在 6~100 μm,主要集中在 10~50 μm 较小范围内, 此种金矿物生成早于黄铁矿、石英等载金矿物。

(2)粒间金(又为晶隙金):共发现 11 粒,占统计数量的 16.92%, 出现率最低, 而面积百分比占 44.58%,居最高。主要产在黄铁矿之间或黄铁矿与其他硫化物、石英之间的接触部位,呈共生关系(图 2-d、图 2-e),形态多呈不规则粒状、角砾状,且颗粒大小变化较大,在 10~188 μm 稀散分布。

(3)裂隙金:共发现 18 粒,占统计数量的 27.69%,居第二位,而面积百分比则占 15.25%,居最低。主要产于黄铁矿或方铅矿、闪锌矿等多金属硫化物碎裂形成的裂隙中(图 2-f),多呈细脉状、树叉状和不规则粒状,大小在 8~68 μm,主要集中在 8~30 μm,颗粒普遍偏小于包体金, 属于多金属硫化物阶段后的产物(表 3~4)。

金矿物与黄铁矿在空间上相关的数量百分比占 73.83%,其中只与黄铁矿相关的占 61.53%;相关的面积百分比占 45.65%, 只与黄铁矿相关的占 32.93%,而与多金属硫化物相关的占 30.84%,说明

表 2 义兴寨金矿床金矿物形态统计

Table 2 Shape statistics of gold minerals from the Yixingzhai gold deposit

形态特征	浑圆粒状	麦粒状	角砾状	不规则粒状	细脉、树叉状
颗粒数	17	12	7	13	16
颗粒百分比	26.15	18.46	10.77	20.00	24.62
面积/μm^2	5867	6542	8702	23309	9149
面积百分比	10.96	12.21	16.24	43.51	17.08

表 3 义兴寨金矿床金矿物存在形式

Table 3 Modes of occurrence of gold minerals from the Yixingzhai gold deposit

嵌布类型	粒级/μm	颗粒形态	粒数	面积/μm^2	面积百分比
包体金	6～100	浑圆粒状或麦粒状	36	21520	40.17
粒间金	10～188	不规则粒状、角砾状	11	23879	44.58
裂隙金	8～68	细脉状、树叉状	18	8170	15.25

表 4 义兴寨金矿床金矿物与其他矿物关系统计

Table 4 Correlation between gold minerals and other minerals from the Yixingzhai gold deposit

金矿物的赋存部位	相对出现率	面积/μm²	面积百分比
黄铁矿中	38.46	12270	22.90
黄铜矿中	4.62	6724	12.55
方铅矿中	4.62	2258	4.21
毒砂中	1.54	30	0.00
石英中	7.69	1347	2.51
黄铁矿与石英接触处	6.15	2398	4.47
其他硫化物颗粒之间接触处	3.08	16521	30.84
其他硫化物颗粒与石英接触处	4.62	2272	4.24
黄铁矿裂隙间	23.07	5372	10.03
黄铁矿与其他硫化物裂隙间	6.15	4422	8.25

义兴寨金矿床中金矿物无论从出现率还是从面积配分上来说,均显示与黄铁矿关系最为密切,其次是与多金属硫化物关系较为密切。

2.3 金矿物成分

对矿石中不同赋存状态的 24 粒金矿物进行电子探针分析(表 5),结果表明金矿物中 Au 的含量为 50.76%~87.03%, 平均 64.32%;Ag 含量为 10.99%~48.64%,平均 34.09%,含量相对较高;Ag/Au 比值为 0.13~0.96,变化范围较大,主要集中在 0.45~0.66。据金矿物的划分原则[9],金矿物主要为银金矿(Ag 为 16%~50%),有少量的自然金(Ag 为 0~15%),其中前者占 95.83%,后者占 4.17%。

从 Au、Ag 含量与温度关系图[10](图 3)可以看出,金与银的含量呈明显的负相关关系,且该金矿区的银金矿的投点多落入低温区,少数点落在中温区,显示金矿物形成于中低温环境,这与该金矿床流体包裹体的测试结果是一致的(李成禄未发表资料,2009)。

本矿区金矿物除含 Au、Ag 外, 还含有 Fe、Cu、Zn、Pb、S 等元素, 且 Fe、S 元素普遍存在, 含量较 Cu、Zn、Pb 明显增高, 显示了金元素的亲铁亲硫特性。据各元素与 Au 的含量相对关系显示(图 4),Fe、S 与 Au 都呈大致的反相关关系,据 Au 的亲铁亲硫性质,可能是 Fe、S 元素呈类质同像替换形式存在的结果;Cu、Zn 与 Au 关系变化较大, 规律性不强;Pb 与 Au 总体上保持稳定的状态,显示 Pb 为该金矿床中金矿物的稳定元素。

2.4 金矿物成色

金成色是反映矿床本质特征的重要地质信息之一[11]。笔者对不同赋存状态金矿物的成色统计结果(表 5)显示:本矿区包体金成色为 510.7~887.9,平均 677.4,表现最高;粒间金成色为 601.2~740.1,平均 633.3;裂隙金成色为 558.0~766.6,平均 642.3。

不同形态与不同存在形式的金矿物成色有明显差异。存在于黄铁矿、黄铜矿和石英中的包体金的成色分别为 887.9、711.3、616.9,逐渐降低,显示不同载金矿物与金的密切程度有明显差异; 黄铁矿与方铅矿之间的粒间金成色为 740.1,黄铁矿与闪锌矿之间的粒间金成色为 601.2;黄铁矿中两个裂隙金,规则棱角状成色为 662.6,脉状 604.0。由此可知,形成较早的金矿物成色相对较高, 形成较晚的金矿物成色相对较低;形成温度较高的成色相对较高,形成温度较低的成色相对较低。

据统计资料[12],世界 5 个典型中深成金矿床中金矿物成色平均为 880.6,4 个浅成金矿床中金矿物成色平均为 760。与国外不同深度典型金矿床相比,义兴寨金矿床的金矿物成色为 510.7~887.9, 平均 653.6, 基本处于浅成成矿环境; 而结合 Fisher (1945,1950) 从矿床类型的角度研究的金成色的结论[13]和金矿物的复杂形态和中细粒度等特点,也同样显示该矿床应为浅成、中低温环境[14]。

结合前人❶与本次关于金矿物成色的测试结果(表 6,图 3)显示:在 1250~1350 m 标高的金矿物成

❶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.山西省地质矿产局 211 队,1985.

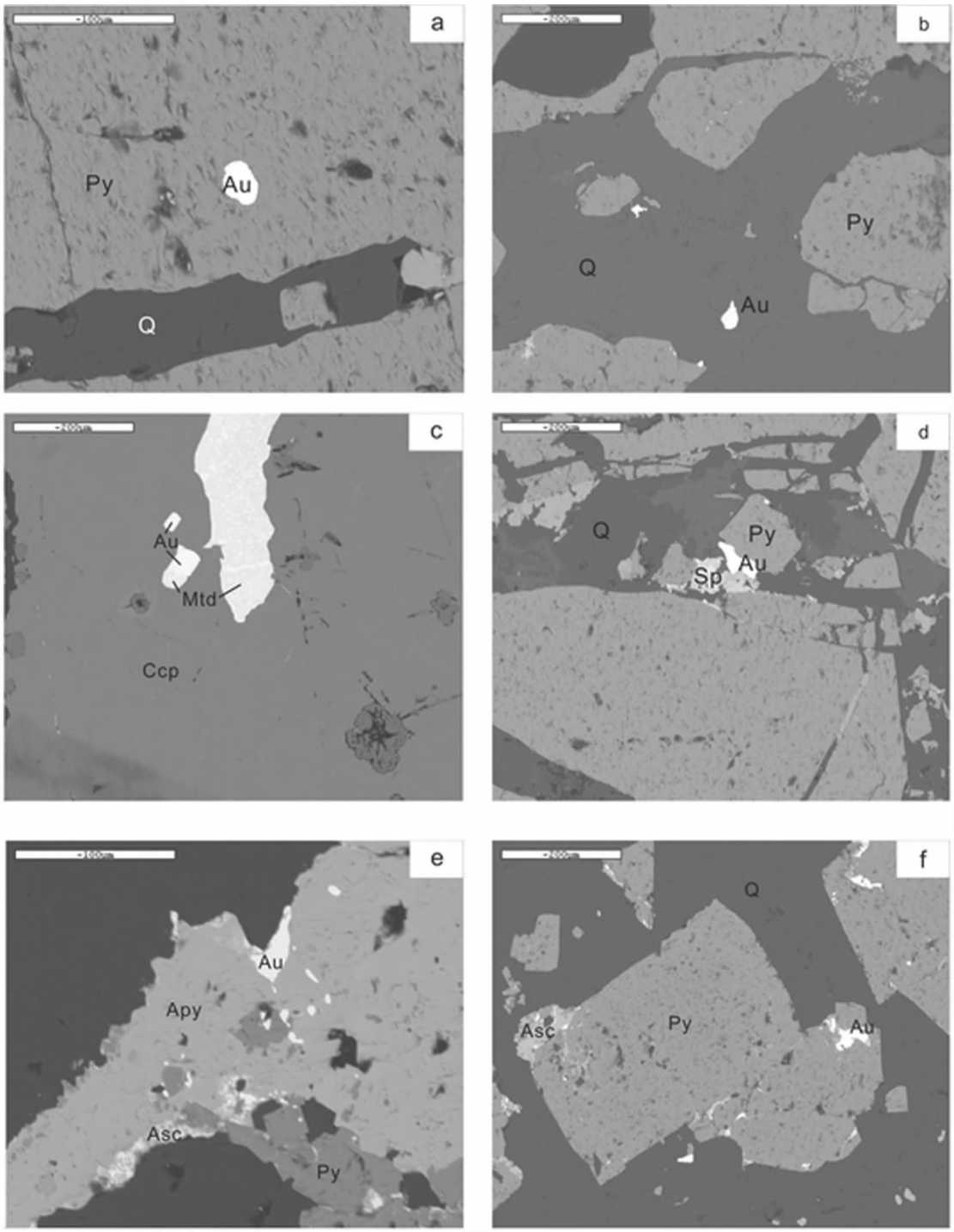


图 2　义兴寨金矿床金矿物赋存状态的背散射图像

a—黄铁矿中呈麦粒状的包体金;b—石英中不规则浑圆粒状的包体金;c—黄铜矿中与硫铋银矿呈连生关系的包体金;d—与黄铁矿、闪锌矿边缘相接触的粒间金;e—与毒砂呈接触关系的粒间金;f—充填在黄铁矿裂缝中的不规则裂隙金;Au—金;Py—黄铁矿;Sp—闪锌矿;Ccp—黄铜矿;Asc—砷黝铜矿;Mtd—硫铋银矿;Apy—毒砂;Qtz—石英

Fig.2　Backscattered electron image of modes of occurrence of gold minerals from the Yixingzhai gold deposit

a−Granular inclusion gold in pyrite ; b−Irregular granular inclusion gold in quartz; c−Inclusion gold in chalcopyrite interlocked with matildite; d− Intergranular gold at the edge of pyrite and sphalerite; e−Intergranular gold in contact with arsenopyrite; f−Irregular fissure gold filling in the fracture of pyrite; Au−Gold; Py−Pyrite; Sp−Shalerite; Ccp−Chalcopyrite; Asc−Tennantite; Mtd−Matildite; Apy−Arsenopyrite; Qtz−Quartz

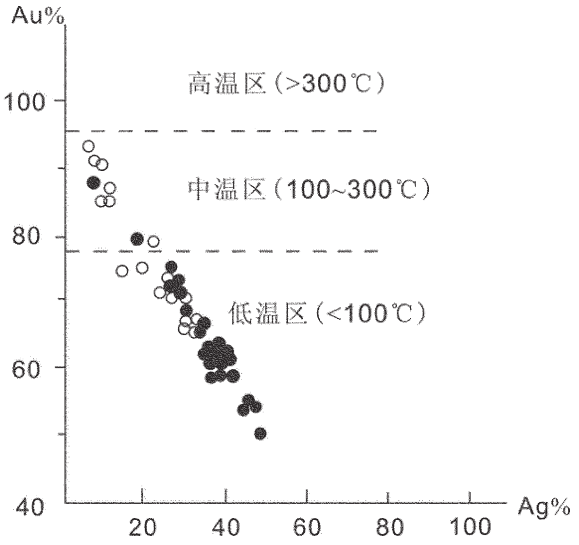


图 3 义兴寨金矿床金纯度与形成温度图解(据卢振权等[10])

Fig.3 Relationship between gold purity and gold formation temperature from Yixing gold deposit(modified after Lu Zhenquan et al. [10])

注:黑点数据为本次工作所测;空心数据引自景淑惠❶

色主要集中在 659.3~931.3,平均 778.4,Ag/Au 平均为 0.30;在 1190 m 标高金矿物成色主要集中在 601.2~887.9,平均值 659.1,Ag/Au 平均为 0.55;1070 m 标高金矿物成色集中在 510.7~815.4,平均值 651.7,Ag/Au 平均为 0.56。纵向上,该金矿床从上到下金矿物的成色呈现由高到低的变化,Ag/Au 呈逐渐增大的趋势,与一般金矿床中随着成矿深度增大,金矿物成色应增高[15],Ag/Au 减小的趋势[16]相反,显示逆向分带特点。研究认为,这应与该矿床经过多次构造运动而导致岩浆热液多期活动,从而发生成矿物质的多次沉淀并相互叠加成矿有关。从 1350 m 标高到 1190 m 再到 1070 m 标高,金品位的逐渐降低,可能显示该标高区间范围为前后两期成矿热液的尾部与头部的相叠加部位。因此在 1070 m 标高向下应会继续有稳定矿体存在,且延伸应该很大。这与不同标高黄铁矿的热电性特征所显示的矿体向下延伸的趋势是一致的[8],而据该矿山 2009 年

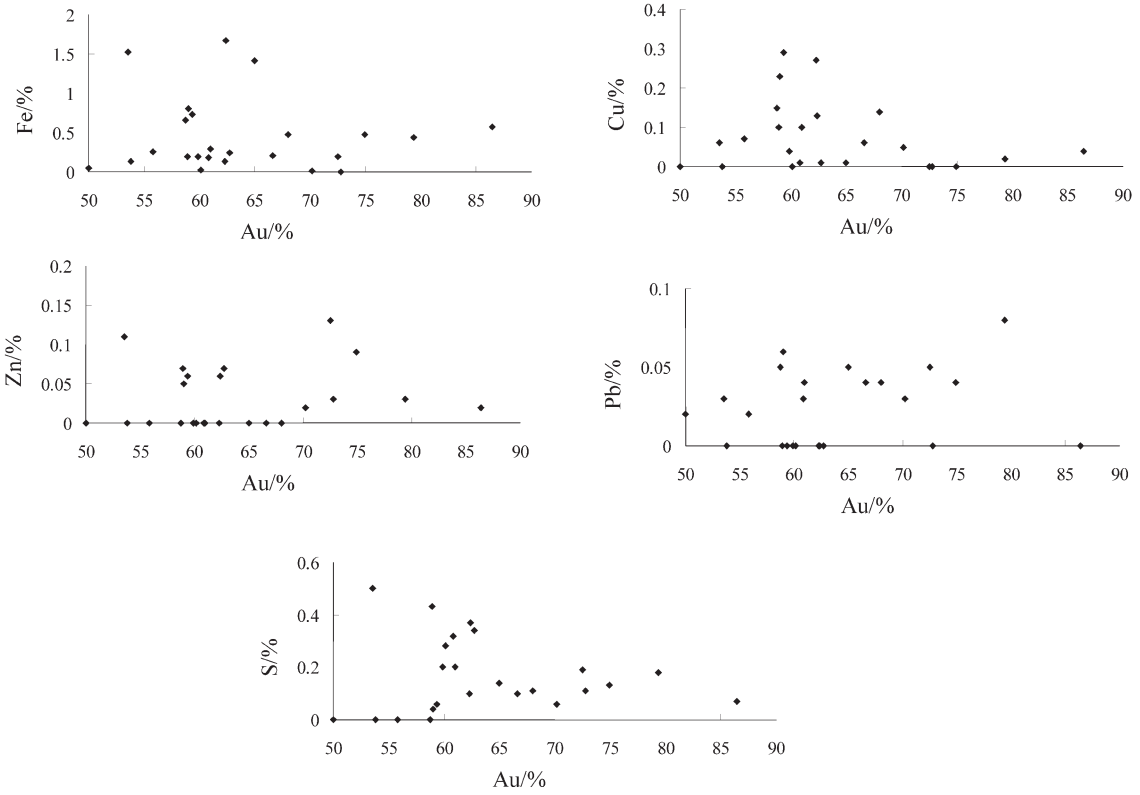


图 4 义兴寨金矿床金矿物中 Fe、Cu、Zn、Pb、S 与 Au 的关系图解

Fig.4 Relationships between elements in gold minerals from the Yixingzhai gold deposit

❶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.山西省地质矿产局 211 队,1985.

表 5 义兴寨金矿床金矿物电子探针化学成分分析结果(%)

Table 5 Composition analyses of gold minerals from the Yixingzhai gold deposit(%)

样品号	金矿物类型	Au	Ag	Fe	Cu	Zn	Pb	S	总量	Ag/Au	成色(‰)	定名
AY26	包体金	86.42	10.91	0.57	0.04	0.02	-	0.07	99.30	0.13	887.9	自然金
	包体金	60.15	37.35	0.03	-	-	-	0.28	99.03	0.62	616.9	银金矿
	粒间金	58.95	39.11	0.19	0.10	0.07	-	0.43	99.85	0.66	601.2	银金矿
AY24	裂隙金	60.83	36.38	0.18	0.01	-	0.03	0.32	98.52	0.60	625.8	银金矿
	粒间金	59.88	37.97	0.19	0.04	-	0.002	0.20	99.09	0.63	612.0	银金矿
	粒间金	59.38	37.83	0.73	0.29	0.06	-	0.06	99.63	0.64	610.8	银金矿
BY124	裂隙金	62.75	34.31	0.25	0.01	0.07	-	0.34	98.78	0.55	646.5	银金矿
	包体金	62.34	35.07	1.67	0.13	0.06	-	0.37	99.91	0.56	640.0	银金矿
	裂隙金	60.96	36.51	0.29	0.10	-	0.04	0.20	98.90	0.60	625.4	银金矿
	裂隙金	55.83	43.09	0.26	0.07	-	0.02	-	99.77	0.77	564.4	银金矿
	裂隙金	58.99	38.67	0.80	0.23	0.05	0.06	0.04	99.85	0.66	604.0	银金矿
	裂隙金	53.51	42.38	1.52	0.06	0.11	0.03	0.50	99.38	0.79	558.0	银金矿
BY34	包体金	72.76	26.21	-	-	0.03	-	0.11	99.88	0.36	735.2	银金矿
	包体金	70.18	28.48	0.01	0.05	0.02	0.03	0.06	99.62	0.41	711.3	银金矿
	包体金	62.31	35.43	0.14	0.27	-	-	0.10	99.10	0.57	637.5	银金矿
	包体金	50.04	47.95	0.05	-	-	0.02	-	98.59	0.96	510.7	银金矿
	包体金	53.80	45.53	0.14	-	-	-	-	100.8	0.85	541.6	银金矿
	粒间金	72.51	25.47	0.19	-	0.13	0.05	0.19	99.03	0.35	740.1	银金矿
BY00	裂隙金	66.62	31.61	0.21	0.06	-	0.04	0.10	99.52	0.47	678.2	银金矿
	粒间金	58.75	38.80	0.66	0.15	-	0.05	-	99.19	0.66	602.3	银金矿
	裂隙金	68.04	30.37	0.47	0.14	-	0.04	0.11	99.69	0.45	691.4	银金矿
	裂隙金	65.00	33.10	1.41	0.01	-	0.05	0.14	100.1	0.51	662.6	银金矿
	裂隙金	74.94	22.82	0.48	-	0.09	0.04	0.13	98.92	0.30	766.6	银金矿
BY026	包体金	79.37	17.97	0.44	0.02	0.03	0.08	0.18	99.09	0.23	815.4	银金矿

注:样品号的首字母中,A 表示 1190 m 标高,B 表示 1070 m 标高,“-”代表低于测试仪器检测值,本测试由中国地质科学院电子探针实验室陈振宇老师测试,仪器型号为 JXA-8800R,测试精度小于 5%。

表 6 义兴寨金矿床金矿物成色统计

Table 6 Statistics of gold purities from the Yixingzhai gold deposit

标高/m	成色范围/‰	成色平均值/‰	Ag/Au
1250～1350*(17)	659.3～931.3	778.4	0.30
1190(6)	601.2～887.9	659.1	0.55
1070(18)	507.6～801.0	651.7	0.56

注:* 中数据转引自景淑惠❶,括号中数字为所测样品个数。

❶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.山西省地质矿产局 211 队,1985.

最新资料的成果显示,也很好证明了这一结论。

3 讨论与结论

目前对金矿物特征统计的方法很多[17-19],但多数都以颗粒数来进行讨论[20-21],可以直观地了解到该矿床中不同类型金矿物的出现率,而用面积百分比来讨论,前人[22]认为更能较准确地掌握金矿物在矿石中的含量,对实际矿山开采提供选冶依据。因此在实际讨论中要区分对待,分类讨论,并加以对比。本矿床据不同标准所得金矿物特征如下:

以出现率讨论,义兴寨金矿床中金矿物形态以浑圆粒状,细脉状等为主,中、细粒度,以包体金为主,其次是裂隙金、粒间金,与黄铁矿关系最为密切。

以面积配分讨论,义兴寨金矿区中金矿物以不规则粒状为主,中、粗粒度,以粒间金为主,其次为包体金,裂隙金,与黄铁矿关系最为密切。

化学成分表明,义兴寨金矿床中金矿物中以银金矿为主,有少量自然金,普遍含有 Fe、S、Cu、Zn、Pb 元素,且根据各元素与 Au 的关系图解得出, Fe、S 与 Au 呈不同程度的反相关关系,Pb 为金矿物中的相对稳定元素,Cu、Zn 与 Au 关系不明显。

金矿物成色变化区间较大,平均为 653.6,结合金矿物的成色、复杂形态与粒度级别以及 Au、Ag 含量与温度的关系,综合得出该金矿床属于浅成中低温型成矿环境。且在纵向上从上到下,金成色显示逆向分带特点, 指示在义兴寨金矿床深部 1070 m 标高向下仍有很大的成矿潜力。

致谢:感谢审稿老师对文章提出的宝贵修改意见,同时感谢中国地质科学院陈振宇老师在电子探针测试中的大力帮助和李真真硕士在成文中的宝贵意见。对山西紫金矿业有限公司曹荣秀经理和张翔科长在野外工作中给予的大力支持也表示感谢!

参考文献(References):

[1] 陈光远, 孙岱生, 殷辉安. 成因矿物学与找矿矿物学[M]. 重庆:重庆出版社, 1988:650-697.
Chen Guangyuan, Sun Daisheng, Yin Huian. Genetic and Prospecting Mineralogy [M]. Chongqing: Chongqing Publishing House, 1988: 650-697(in Chinese with English abstract).

[2] 李双保, 李俊建. 山西恒山脉金矿田成矿地球化学特征 [J]. 前寒武纪研究进展, 1997, 20(2):1-4.
Li Shuangbao, Li Junjian. Characteristic of metallogenic geochemistry of Yixingzhai gold mine field, Hengshan Mountain, Shanxi Province[J]. Progress in Precambrian Research, 1997, 20(2): 1-4(in Chinese with English abstract).

[3] 姜绍飞, 杜振国, 刘之洋. 义兴寨金矿黄铁矿的标型特征及成因意义[J]. 矿产与地质, 1995, 3(9):203-207.
Jiang Shaofei, Du Zhenguo, Liu Zhiyang. Typomorphic characteristics and genetic significance of pyrite in Yixingzhai gold deposits[J]. Mineral Resources and Geology, 1995, 3(9):203-207(in Chinese with English abstract).

[4] 杨红英, 王建国, 周军. 山西义兴寨金矿流体包裹体的特征及意义[J]. 贵金属地质, 1995, 4(3):177-183.
Yang Hongying, Wang Jianguo, Zhou Jun. Feature of fluid inclusion and its significance in Yixingzhai gold deposits, Shanxi Province[J]. Journal of Precious Metallic Geology, 1995, 4(3):177-183(in Chinese with English abstract).

[5] 叶荣, 赵伦山, 沈镛立, 等. 义兴寨金矿成矿作用地质地球化学动力学研究[J]. 现代地质, 1997, 11(1):58-64.
Ye Rong, Zhao Lunshan, Shen Yongli, et al. Study on geological-geochemical dynamics of ore-formation of Yixingzhai gold deposit [J]. Geoscience 1997, 11 (1):58-64 (in Chinese with English abstract).

[6] 叶荣, 赵伦山, 沈镛立. 义兴寨金矿床地球化学研究[J]. 现代地质, 1999, 13(4):415-417.
Ye Rong, Zhao Lunshan, Shen Yongli. Geochemistry features of Yixingzhai gold deposit in Shanxi Province [J]. Geoscience, 1999, 13(4):415-417(in Chinese with English abstract).

[7] 罗军燕, 李胜荣, 杨苏明, 等. 石英傅里叶变换漫反射红外光谱在成矿作用研究中的应用—以山西繁峙义兴寨金矿床为例 [J]. 矿物岩石, 2009, 29(1):25-32.
Luo Junyan, Li Shengrong, Yang Suming, et al. The significance of parameters of fouriertransform infra red diffused spectrumin mineralization[J]. J.mineral. petrol., 2009, 29(1):25-32(in Chinese with English abstract).

[8] 李成禄, 李胜荣, 罗军燕, 等. 山西繁峙义兴寨金矿黄铁矿热电系数与导型特征及其地质意义 [J]. 现代地质, 2009, 23 (6):1056-1063.
Li Chenglu, Li Shengrong, Luo Junyan, et al. Thermoelectric coefficient, conductive type and significance of the pyrite from Yixingzhai gold deposit in Fanshi County, Shanxi Province, China [J]. Geoscience, 2009, 23 (6):1056-1063 (in Chinese with English abstract).

[9] 李胜荣, 许虹, 申俊峰, 等. 结晶学与矿物学[M]. 北京:地质出版社, 2009:151.
Li Shengrong, Xu Hong, Shen Junfeng, et al. Crystallography and Mineralogy[M]. Beijing:Geological Publishing House, 2009:151(in Chinese with English abstract).

[10] 卢振权, 陈学明, 朱成伟, 等. 河北青龙三家子金矿矿物学特征[J]. 中国区域地质, 2000, 19(3):330-335.
Lu Zhenquan, Chen Xueming, Zhu Chengwei, et al. Mineralogical characteristics of the Sanjiazi gold deposit in

Qinglong County, Hebei[J]. Regional Geology of China, 2000, 19(3):330−335(in Chinese with English abstract).

[11] 邓军, 王建国, 韦延光, 等. 山东谢家沟金矿床矿石与金矿物特征[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2007, 32(3):373−380.
Deng Jun, Wang Jianguo, Wei Yanguang, et al. Ores and gold−bearing characteristics in Xiejiagou Gold Deposit, Shandong Province [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2007, 32(3):373−380(in Chinese with English abstract).

[12] Boyle R W 著.陈晓秦,等译.黄金开发史和金矿床成因[M]. 北京:原子能出版社, 1991:368−370.
Boyle R W. Gold:Development History and Genesis of Deposits [M]. Beijing:Atomic Energy Press, 1991:368−370(in Chinese).

[13] 梁俊红, 刘海波, 王建国, 等. 自然金的标型及成色特征在金矿床研究中的意义[J]. 黄金, 2000, 21(12):1−4.
Liang Junhong, Liu Haibo, Wang Janguo, et al. The meaning of the typomorphic characteristics of native gold and its fineness feature in the researches of ore deposit[J].Gold, 2000, 21(12):1−4 (in Chinese with English abstract).

[14] 栾世伟.金矿床地质及找矿方法[M].成都: 四川科学技术出版社, 1987:35−55.
Luan Shiwei. Geological Prospecting Method of Gold Mine [M]. Chengdu: Sichuan Science & Technology Press, 1987:35−55(in Chinese with English abstract).

[15] 杜登文, 洪汉烈, 徐志强, 等. 湖北大悟大坡顶金矿床金矿物特征[J]. 地质科技情报, 2008, 27(4):55−60.
Du Dengwen, Hong Hanlie, Xu Zhiqiang, et al. Characteristics of gold−bearing minerals from the Dapoding gold deposit in Dawu, Hubei Province [J]. Geological Science and Technology Information, 2008, 27(4):55−60(in Chinese with English abstract).

[16] 李胜荣, 邓军, 侯增谦, 等. 西藏冈底斯带区域性断裂与金矿床剥蚀程度:Ag/Au 比值的启示[J]. 中国科学(D 辑), 2001, 31(增刊):104−108.
Li Shengrong, Deng Jun, Hou Zengqian, et al. Regional fault and denudation degree of gold deposits in Gangdesê Zone in Tibet:the indication of Ag/Au ratio[J]. Science in China(Series D), 2001, 31 (supplement):104−108(in Chinese with English abstract).

[17] 李胜荣, 陈光远, 邵伟, 等. 胶东乳山金矿田成因矿物学 [M]. 北京:地质出版社, 1993:98−101.
Li Shengrong, Chen Guangyuan, Shao Wei, et al. Genetic Mineralogy of Rushan Gold Deposit in Jiaodong Peninsula [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1993:98−101 (in Chinese with English abstract).

[18] 李学智, 陈柏林, 陈宣华, 等. 大平沟金矿床矿石特征与金的赋存状态[J]. 地质与勘探, 2002, 38(5):49−53.
Li Xuezhi, Chen Bolin, Chen Xuanhua, et al. Ore features and gold occurrence of the Dapinggou gold deposit, Xinjiang, Northwest China[J]. Geology and Prospecting, 2002, 38(5):49−53 (in Chinese with English abstract).

[19] 王龙成, 濮锦虎, 高健, 等. 甘肃拾金坡金矿床矿石及金矿物特征[J]. 黄金, 2006, 27(6):10−13.
Wang Longcheng, Pu Jinhu, Gao Jian, et al. Characteristic of gold ore and minerals in the Shijingpo gold deposit, Gansu Province[J]. Gold, 2006, 27(6):10−13(in Chinese with English abstract).

[20] 侯树桓, 姜建军. 吉林六批叶沟金矿石及金矿物特征研究[J]. 地质与勘探, 2005, 41(1):43−47.
Hou Shuhuan, Jiang Jianjun. Characteristic of gold ore and minerals in the Liupiyegou gold deposit, Jilin Province [J]. Geology and Prospecting, 2005, 41 (1):43−47 (in Chinese with English abstract).

[21] 张志臣, 曲少翠. 胶东大磨曲家金矿床矿石及金矿物特征[J]. 黄金, 2006, 27(2):17−20.
Zhang Zhichen, Qu Shaocui. Characteristic of gold ore and gold mineral in Jiaodong Damoqujia gold deposit [J]. Gold, 2006, 27(2):17−20(in Chinese with English abstract).

[22] 韦龙明. 金矿物统计研究中容易忽略的问题 [J]. 地质与勘探, 2000, 36(1):29−31.
Wei Longming. Some easily neglected problems in the studying of gold mineral statistics [J]. Geology and Prospecting, 2000, 36(1):29−31(in Chinese with English abstract).

Characteristics of gold-bearing minerals in the Yixingzhai gold deposit, Fanshi County, Shanxi Province

LI Cheng-lu[1,2], LI Sheng-rong[2], LUO Jun-yan[3], ZHANG Ju-quan[2], SONG Ji-ye[2]

(1. *Heilongjiang Institute of Geological Survey, Harbin* 150036, *Heilongjiang, China;* 2. *State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing* 100083, *China;* 3. *Geological Publishing House, Beijing* 100083, *China*)

Abstract: The Yixingzhai gold deposit is located in Fansi County, Shanxi Province, whose mineralization belongs to quartz-vein type. The main gold mineral is single electrum, together with minor native gold. The gold minerals commonly assume rounded, wheat-like , irregular brecciated and veinlet forms, with grain size in the range of 10~50 μm in diameter. They occur mainly in gold-bearing minerals such as pyrite, chalcopyrite and quartz, in the form of inclusion gold, intercrystalline gold and fissure gold. The authors made statistical analysis of the shapes, grain sizes and modes of occurrence of gold minerals by using quantity statistical method and area statistical method, and the results indicate that different gold minerals show remarkable differences in occurrence rate and area distribution. Gold-bearing minerals generally contain iron, sulfur, copper, zinc and lead. Analytical results indicate that iron and sulfur show inverse correlation with gold, and have stable lead content and remarkably varying copper and zinc content. In combination with the relationship between the temperature and the Au and Ag content, the authors suggest that the gold minerals formed in medium-low temperature. The average gold fineness ranges from 510.7 to 887.9 with an average of 653.6, suggesting an epithermal metallogenic environment for the Yixingzhai gold deposit. From 1350 m level to 1070 m level, the average fineness of gold minerals gradually decreases from 778.4 to 651.7, showing characteristics of reverse zoning and indicating that there probably exist stable ore bodies below 1070 m level.

Key words: Yixingzhai gold deposit; gold minerals; chemical composition; fineness

---

About the first author: LI Cheng-lu, male, born in 1984, master candidate, assistant engineer, mainly engages in mineral exploration of gold; E-mail: lcl230881@163.com.