

文章编号: 1006-6616 (2015) 02-0260-12

地球化学方法在吉家洼金矿区 外围找矿中的应用

张为民^{1,2}, 刘玉刚^{1,2}, 李磊^{1,2}, 吴传军³, 许德如³

- (1. 河南省地质矿产勘查开发局第一地质矿产调查院, 河南 洛阳 471000;
2. 河南省金银多金属成矿系列与深部预测重点实验室, 河南 洛阳 471000;
3. 中国科学院矿物学与成矿学重点实验室, 广州地球化学研究所, 广州 510640)

摘要: 吉家洼金矿是华北陆块南缘熊耳山金矿田的一个小型矿床, 金矿体赋存于含矿断裂带内, 并严格受其控制, 矿体的形态、产状与含矿断裂基本一致。通过对矿区外围 F1、F7 断裂带开展系统的岩石地球化学测量, 圈定了多个受断裂控制的高强度 Au 异常, 经钻探施工, 见矿情况良好。进一步对钻孔进行了岩石原生晕采样化验和统计分析, 结果显示矿体向下有一定的延深, 经钻探施工, 在断裂深部发现工业矿体, 矿床规模扩大至中型。吉家洼矿区外围含矿断裂带数量多、矿化强度高, 而地表 Au 前缘元素非常发育, 向深部矿体头部元素及矿体元素发育并伴有前缘指示元素, 矿尾元素不发育, 已发现的矿体深部不封闭, 说明矿体沿倾向具有长距离延深, 深部找矿前景好。

关键词: 吉家洼金矿区; 熊耳山金矿田; 岩石地球化学测量; 找矿预测; 深部验证
中图分类号: P613 **文献标识码:** A

吉家洼金矿区位于河南省洛宁县, 是熊耳山金矿田的一个小型矿床^[1], 经多年开采, 资源已近枯竭, 通过矿区深部挖潜扩大资源量已不能满足矿山生产的需求。因此, 在矿区外围寻找矿产资源是扩大资源量的有效方式。地球化学找矿方法作为一种成熟的方法^[2-6], 在熊耳山地区及邻区已得到广泛的应用并取得了良好的找矿效果^[7-12]。根据区内覆盖层薄、岩石出露较好等特点, 本文选取吉家洼矿区外围规模较大的 F1、F7 断裂, 对矿化有利地段进行了岩石地球化学测量, 圈定了多个异常, 并通过钻探验证发现小型金矿一个, 远景资源量 (334) 吨, 可达中型规模^[1], 从而解决了矿山资源危机问题。

1 区域成矿地质背景

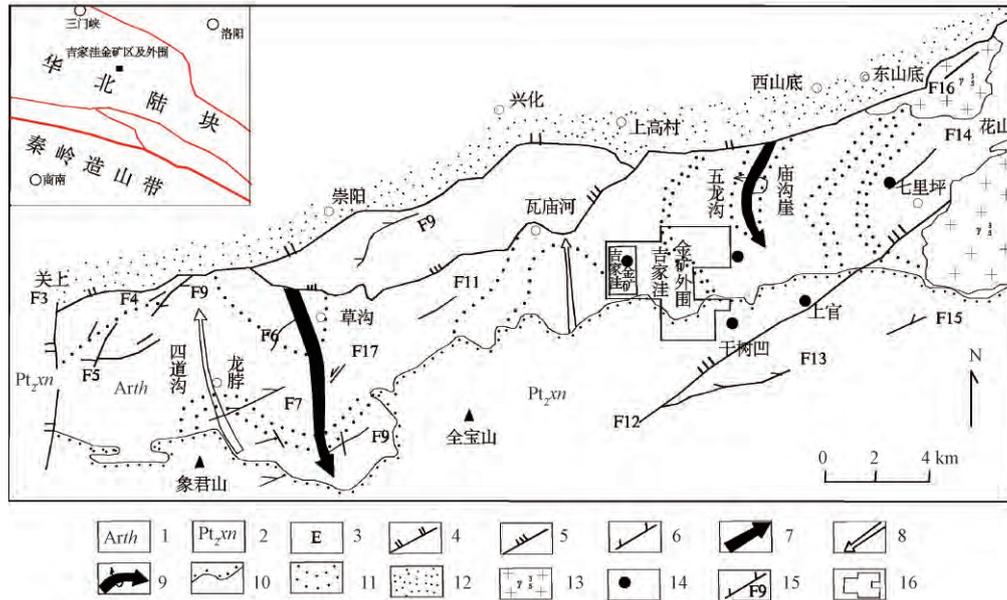
吉家洼金矿区位于华北陆块南缘熊耳山金矿田 (见图 1)。熊耳山地区出露地层主要为新太古界太华岩群、中元古界熊耳群和新生界古近系、新近系、第四系, 矿区东部大约 7 km 处分布有燕山期斑状含角闪石黑云二长花岗岩体。区域基底太华岩群经历了多期次复

收稿日期: 2015-01-09

基金项目: 河南省地质勘查基金项目 ([2010] 80)

作者简介: 张为民 (1956-), 男, 高级工程师, 主要从事固体矿产勘查工作。E-mail: 13525479016@163.com

杂褶皱变形, 早期为近东西向倒转平卧褶皱, 晚期则为一系列轴向近南北的大型开阔的倾伏背、向形构造和弧形褶皱束。这些褶皱构造在平面上近平行排列, 由西向东依次为: 四道沟倾伏向形、草沟倾伏背形、瓦庙河倾伏向形、庙沟崖—五龙沟同斜倒转背形、七里坪弧形褶皱束 (见图 1)。区域断裂构造也较为发育, 不同规模、不同期次、不同方向、不同性质的各种断裂广布全区。其中, 近东西向山前断裂、马店—瓦庙河断裂规模巨大 (见图 1), 横贯全区; 北东向七里坪—星星阴 (F12) 等断裂对区内金矿的分布具有明显的控制作用, 部分金矿则直接产于构造带内, 是区内主要控矿构造^[13]。



1—新太古代太华群; 2—中元古代熊耳群; 3—古近系; 4—张性正断层; 5—压性逆断层; 6—张扭性平推断层; 7—倾伏背形构造轴部箭头指向倾伏端; 8—倾伏向形构造槽部箭头指向扬起端; 9—倒转倾伏背形构造; 10—角度不整合; 11—太华群岩组界线; 12—新生代断陷盆地; 13—燕山期花岗岩; 14—金矿床; 15—断裂及编号; 16—研究区范围

图 1 河南省洛宁县南部地质矿产略图

Fig. 1 Schematic map showing geology and mineral resources in South Luoning County, Henan Province

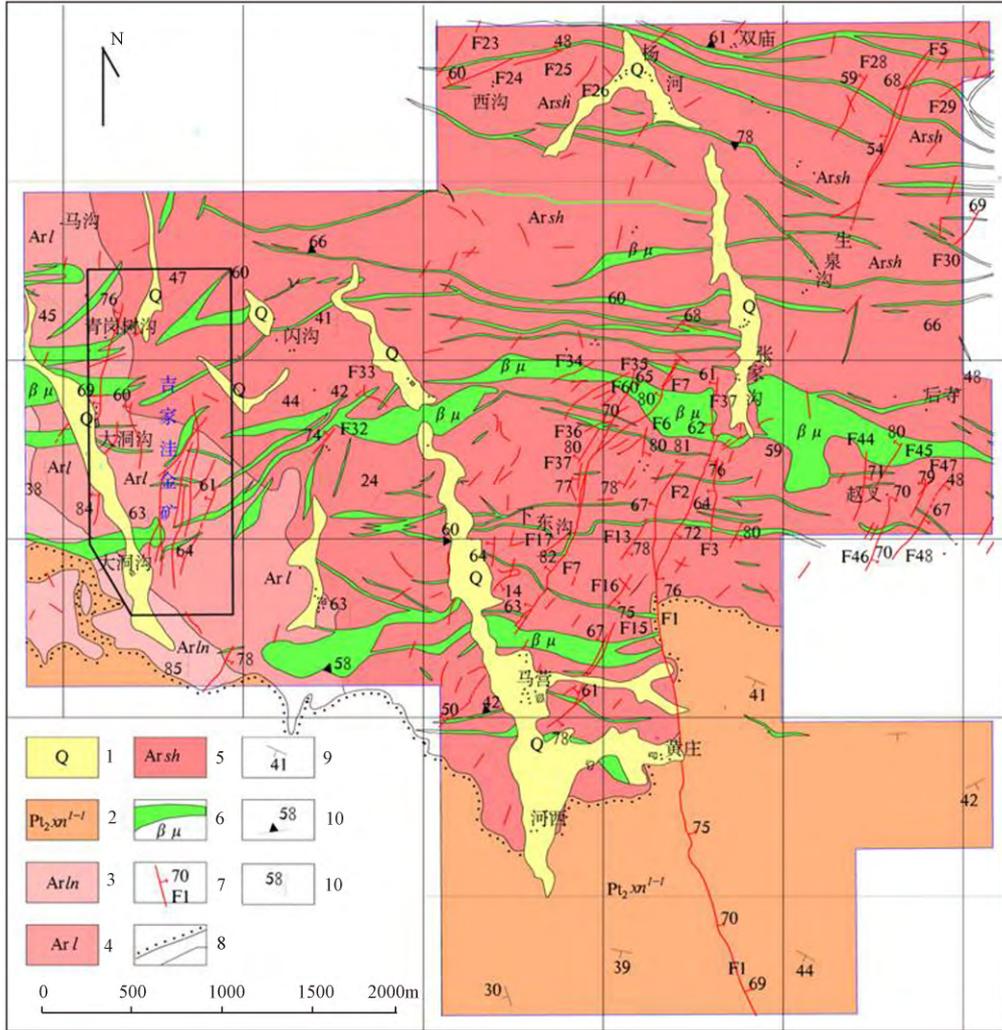
金矿是区内最重要的矿产, 目前已发现上宫、干树凹、虎沟、青冈坪、吉家洼等大型、中型和小型金矿近十处^[13~15], 尚待评价的金矿点、矿化点则数量众多。这些金矿床或矿点大多数分布于太华岩群片麻岩中以及太华岩群与熊耳群不整合接触面附近, 并相对集中于燕山期中酸性侵入岩体外围 (见图 1)。新太古代变质岩原始矿源岩、混合岩化作用和岩浆热液作用、构造控矿作用是形成区内金矿床的主要地质因素^[13]; 矿床成因上, 属岩浆期后热液作用形成的构造蚀变岩型金矿, 成矿时代属燕山晚期^[16~17]。

2 矿区地质特征与成矿规律

2.1 矿区地质特征

吉家洼金矿区及外围出露地层主要为新太古界太华岩群、中元古界熊耳群 (见图 2)。太华岩群由石板沟岩组、龙潭沟岩组、龙门店岩组组成。石板沟岩组分布于区内北部和中

部, 出露面积达 13 km², 为主要赋矿层位, 岩性主要为角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、黑云斜长片麻岩、浅粒岩、混合岩等; 西南部有少量龙潭沟岩组、龙门店岩组出露。太华岩群与上覆熊耳群呈角度不整合接触。熊耳群下段许山组 (Pt₂xn¹⁻¹) 分布于区内南部, 出露面积约 4 km², 主要岩性有安山岩、杏仁状安山岩, 局部见少量玄武岩、晶屑凝灰岩、角砾状安山岩。



1—第四系; 2—中元古代熊耳群许山组; 3—龙潭沟岩组; 4—龙门店岩组; 5—太华岩群石板沟岩组;
6—辉绿玢岩脉; 7—断裂位置、编号及产状; 8—不整合、整合地质界线; 9—地层产状; 10—脉岩产状

图 2 吉家洼金矿区及外围地质略图

Fig. 2 Schematic geological map showing the Jijiawa gold deposit and its adjacent region

矿区及东部外围位于瓦庙河向形构造的东翼及庙沟崖—五龙沟同斜倒转背形构造的西翼, 太华岩群整体向南西西倾斜, 倾角 30°—60°, 南部熊耳群盖层则总体南倾, 倾角 29°—48°。

区内断裂构造非常发育, 不同时期、不同产状、不同规模的断裂遍布全区, 成群、成带产出。根据产状不同, 这些断裂构造可分为北东向、北北东—近南北向、近东西—北东东向

和北西向4组(见图3)。其中F1、F2、F3、F5、F7、F34、F35、F36、F44、F60等北北东—近南北向断裂规模较大,矿化蚀变强,与金成矿关系最为密切(见表1)。

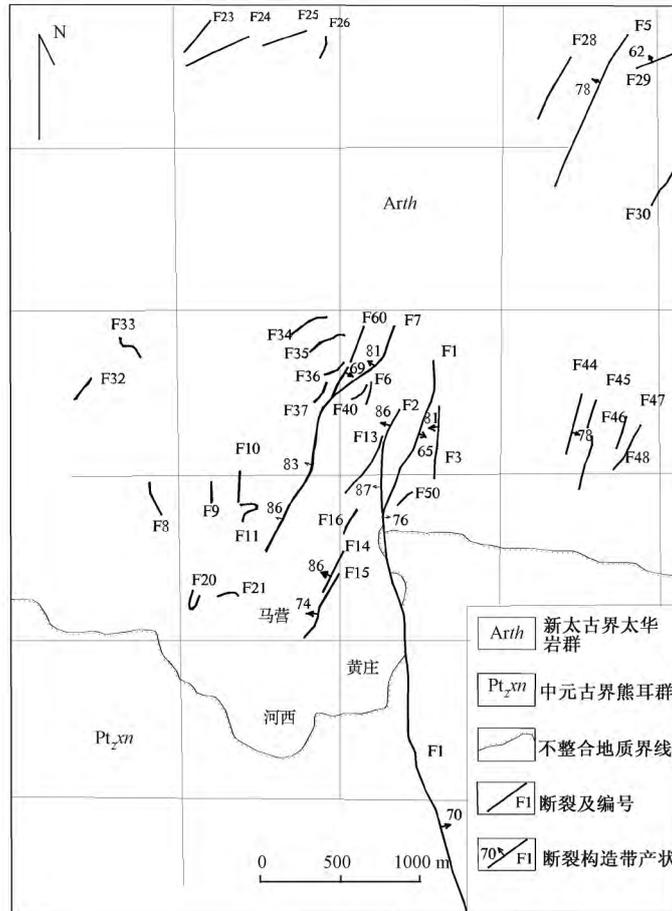


图3 吉家洼金矿外围构造纲要图

Fig. 3 Structure outline map showing the adjacent region of Jijiawa gold deposit

F1含矿断裂带为区内规模最大的断裂(见图3),北起张家沟西坡,经炭窑沟、净池沟向南延伸出研究区,横切太华岩群和熊耳群。F1含矿断裂带在研究区内出露长度3320 m,宽0.16~6.25 m,最宽达30 m。走向近南北,倾向东,倾角50°—88°。呈波状延伸,多处出现光滑镜面,垂直擦痕、斜擦痕、水平擦痕非常发育。断裂具有多期活动特点,可能经历了张-压-扭的发展过程,走向及倾向上常出现分支。断裂带北段围岩为太华岩群混合岩化片麻岩类;南段则以熊耳群安山岩为主。带内岩性由碎裂岩、蚀变岩、断层泥砾岩及少量糜棱岩等组成;岩石矿化蚀变强,主要有硅化、绿泥石化、绢云母化等,金属矿化主要有黄铁矿化、褐铁矿化、方铅矿化、黄铜矿化等。该断裂带控制了2个工业矿体,即F1-I和F1-II矿体。

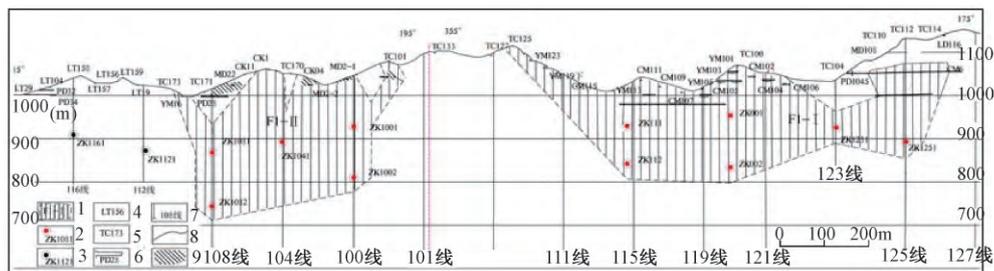
区内岩浆岩非常发育,除新太古代各种正变质岩广布研究区北部和中部、中元古代熊耳群火山岩和次火山岩广布研究区南部外,中元古代辉绿(玢)岩,闪长(玢)岩等脉岩也比较发育。

金矿体均赋存于含矿断裂带内,并严格受其控制,矿体的形态、产状与含矿断裂带基本一致。矿体一般呈陡倾斜的透镜状、薄脉状、似层状等,经工程揭露和控制,目前已圈出金

表 1 主要含矿断裂特征

Table 1 Characteristics of the main ore-bearing faults

断层编号	规模/m		产状/(°)			结构面及岩性特征	力学性质	矿化蚀变
	长度	宽度	走向	倾向	倾角			
F1	>3320	0.16~30.00	341~50	东	50~89	镜面光滑,具分枝复合,发育碎裂岩、角砾岩、石英脉、断层泥砾岩	张-压-扭	硅化、黄铁矿化、褐铁矿化、方铅矿化、绢云母化、方解石化、孔雀石化,金矿化强,圈出两个金矿体
F2	650	0.30~1.60	350~40	西-北西 多处出现反倾	56~89	镜面平直光滑,发育碎裂岩、角砾岩、石英脉、断层泥砾岩	张-压-扭	西-北西,多处出现反倾,金矿化弱,局部有小规模民采痕迹
F3	442	0.50~1.00	351~33	北西西-南西西	60~81	镜面光滑,发育碎裂岩、角砾岩、石英脉	压-扭	硅化、褐铁矿化、黄铁矿化、绢云母化、钾长石化,金矿化弱,局部有民采痕迹
F5	1100	1.00~5.00	10~35	北西	55~85	具劈理化带,发育碎裂岩、角砾岩、碎粒岩、断层泥砾岩	张-压-扭	黄铁矿化、方铅矿化、黄铜矿化,金矿化较强,地表及浅部已采空
F7	1720	0.10~2.10	18~64	北西	54~89	结构面呈舒缓波状,似斜擦痕、水平擦痕发育,具分枝复合,发育碎裂岩、角砾岩、石英脉	张-压-扭	硅化、黄铁矿化、褐铁矿化、方铅矿化、绢云母化、碳酸盐化,金矿化较强,圈出两个金矿体
F34	263	0.10~0.60	60~87	北北西	64~84	发育碎裂岩、角砾岩、石英脉	张-扭	绢云母化、硅化、褐铁矿化,金矿化较强,有小规模民采
F35	360	0.18~0.55	50~78	北北西	66~83	发育碎裂岩、石英脉	张-扭	
F36	194	0.03~1.00	55~80	北北西	60~89	发育碎裂岩、石英脉	张-扭	硅化、褐铁矿化、绢云母化金矿化较强,有小规模民采
F44	434	0.10~0.80	1~35	南东东	72~88	顶底板呈锯齿状,发育碎裂岩、石英脉	张-扭	
F60	490	0.18~0.45	11~37	南东	65~89	镜面平直光滑,发育碎裂岩	压-扭	硅化、褐铁矿化,金矿化不均匀,地表有采空区



1—矿体及编号; 2—见矿钻孔及编号; 3—未见矿钻孔及编号; 4—露头编号; 5—探槽编号;
6—坑道及编号; 7—勘探线及编号; 8—矿脉地表出露线; 9—采空区

图 4 F1-I、F1-II 矿体分布位置纵投影图

Fig. 4 Panel projection map of F1-I and F1-II ore bodies

矿体 4 个 (F1-I、F1-II、F7-I、F7-II)。其中, F1-I、F1-II 为矿区主要矿体, F1-I 分布于 F1-II 之南 (见图 4), 矿体特征见表 2。

2.2 成矿规律

吉家洼矿区金矿均产于太华岩群及不整合面附近的熊耳群中, 距离太华岩群越远, 金矿化强度越弱^[11~12]。金的富集与含矿断裂带的规模、产状、形态有关, 一般含矿断裂带规模越大, 矿体规模也越大; 南北向东倾、北东向北西倾含矿断裂带含矿性较好; 含矿断裂带的

表2 矿体特征

Table 2 Characteristics of the ore bodies

含矿 断裂带 编号	矿体 编号	标高/m	产状				规模				品位/ 10^{-6}		资源储量	
			倾向/ $(^{\circ})$		倾角/ $(^{\circ})$		长度/ m	矿体厚度/m		斜深/ m	变化范围	平均	矿石量/ t	金属量/ kg
			变化范围	平均	变化范围	平均		变化范围	平均					
F1	F1-I	843~1080	71~94	85	50~86	69	10166	0.19~5.15	1.77	235	0.54~34.02	8.63	313011	2700.90
	F1-II	832~1089	87~128	105	56~89	64	530	0.45~3.30	1.37	316	1.08~9.86	5.02	238376	1197.33
F7	F7-I	834~1048	288~334	305	77~89	80	565	0.20~1.01	0.52	182	0.16~147.0	8.90	46231	411.41
	F7-II	908~956	303~314	305	54~87	80	122	0.25~0.78	0.43	57	1.27~17.00	3.42	6579	22.60

分支复合及其膨大部位、两断裂带的交汇部位金相对富集;热液期的石英-黄铁矿阶段和石英-多金属硫化物阶段是金的最主要富集成矿阶段。

3 化探工作方法

3.1 化探方法选择

根据区内覆盖层薄、岩石出露较好等特点,化探工作方法选用岩石地球化学剖面测量。工作对象首选矿区东部外围规模较大的F1、F7矿化断裂带的有利地段(见图3),比例尺1:2000,剖面长度180m,剖面间距200m。在含矿断裂带内及其顶底板视岩性、蚀变及矿化等特征布设样点,围岩点距10m,构造带及顶底板附近加密到2~5m。

3.2 样品采集

采样时,在采样点5m范围内多点均匀采集同种岩性的新鲜岩石碎块,组成一个样品,原始样重大于200g,共采取413个样,样品统一编号,送河南省地质矿产勘查开发局第一地质矿产调查院实验室进行分析。

3.3 样品加工及分析

样品加工采用高铝瓷衬鄂式破碎机粗碎后,再用无污染玛瑙球磨机加工至0.074mm(200目),混匀,分60~100g样用于分析,其余留作副样。

分析项目为银、金、铜、铅、锌、砷、锑、钼、钨、钡、铋、锰等12种元素。分析方法:Cu、Pb、Zn、Ag、Mn、Ba用发射光谱法;Au采用化学光谱法;W、Mo采用催化极谱法;As、Sb、Bi采用原子荧光法。样品分析精度合乎有关规范要求(见表3)。

表3 样品分析精度

Table 3 Sample analysis accuracy

元素	检出限/ 10^{-6}	元素	检出限/ 10^{-6}
Au	0.0003~0.03	Pb	10
Ag	0.05~50.00	Zn	10
As	0.5	Mo	1
Sb	0.3	W	1
Bi	0.3	Ba	100
Cu	2	Mn	100

4 岩石地球化学结果

4.1 微量元素分布特征

区内含矿断裂带岩石中Au、Mn、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Ag明显高于围岩,尤其是

Au、Cu、Pb、Zn、As、Ag，高出围岩几倍到十几倍。W、Bi 稍高于围岩，而 Mo、Ba 低于围岩（见表4）。

表4 地表微量元素特征

Table 4 Trace elements characteristics of surface

岩石类型	Au/ 10^{-9}	Ba/ 10^{-6}	Mn/ 10^{-6}	Cu/ 10^{-6}	Pb/ 10^{-6}	Zn/ 10^{-6}	Ag/ 10^{-6}	W/ 10^{-6}	Mo/ 10^{-6}	As/ 10^{-6}	Sb/ 10^{-6}	Bi/ 10^{-6}
围岩	19.93	1162	1005	24.21	29.505	103.38	0.19	2.615	2.92	2.90	0.42	0.74
含矿断裂带岩石	218.07	1138	1220	299.19	893.980	668.34	11.65	2.715	2.61	260.82	2.24	0.98

4.2 Au 与其他元素相关性

全矿区微量元素统计结果显示，Au 与 Pb、Zn、Ag、As、Sb 的相关系数分别为 0.326、0.299、0.213、0.442、0.368，呈较强的正相关关系；与 Mn、Cu、Mo 的相关系数分别为 0.129、0.046、0.021，呈弱相关关系；与 Ba、W、Bi 的相关系数为 -0.03、-0.002、-0.003，呈极弱的负相关关系。

4.3 地球化学异常特征

4.3.1 地球化学特征值确定

取岩石原生晕样 413 个，用迭代剔除法计算了区内各元素的特征值（见表5）。

表5 元素地球化学特征值

Table 5 List of elements geochemical eigenvalues

特征值名称	Au/ 10^{-9}	Ba/ 10^{-6}	Mn/ 10^{-6}	Cu/ 10^{-6}	Pb/ 10^{-6}	Zn/ 10^{-6}	Ag/ 10^{-6}	W/ 10^{-6}	Mo/ 10^{-6}	As/ 10^{-6}	Sb/ 10^{-6}	Bi/ 10^{-6}
均值	20.82	1157.00	1003.00	24.26	29.08	96.59	0.15	2.64	2.92	2.86	0.42	0.63
标准离差	14.00	639.00	577.00	16.09	12.06	53.87	0.11	0.71	0.81	0.99	0.09	0.26
变化系数	0.67	0.55	0.58	0.66	0.41	0.56	0.72	0.27	0.28	0.35	0.21	0.41
异常下限	50.00	2500.00	2000.00	60.00	60.00	200.00	0.30	4.00	4.50	4.50	0.60	1.20

4.3.2 异常特征

以 50×10^{-9} 为异常下限，在 F1 的北段和南段以及 F7 的北段均圈出了 Au 地球化学异常。现以 F1 北段 Au 异常为例，将区内金异常特征简述如下：F1 北段金异常分布于与 F2 断裂交汇部位以北，控制长度大于 600 m、宽度 10 ~ 30 m。金含量最低 52×10^{-9} ，最高大于 300×10^{-9} ，平均 216×10^{-9} ，异常北强南弱，异常范围与 Ag、Cu、Pb、Zn、As 高度套合；As 异常强度呈中段强两端弱趋势，最高值达 835×10^{-6} ，异常强度高；Ag、Cu、Pb、Zn 含量与 Au 元素相反，呈南高北低趋势，异常强度都很强，最高值大于各矿种的边界品位（见图5）。

综观区内金异常特征，Au 为研究区主成矿元素，沿含矿断裂带高度富集，形成高强度异常。异常图中各异常呈线状展布，与含矿断裂带产状一致，异常宽度与含矿断裂带宽度、带内岩石蚀变强度成正比，其中 Ag、Cu、Pb、Zn、As 各异常强度高，与主成矿元素 Au 异常套合较好。异常图上所圈出的其他异常均与断裂构造有关，为相关含矿断裂带所致。

4.4 矿体剥蚀深度

研究区含矿断裂带内，地表 As、Sb 等矿体前缘元素非常发育，尤其是 As 元素最高含量达 835×10^{-6} ，比围岩中高出几十倍，而 W、Mo 等矿体尾部元素不发育，说明区内地表矿体剥蚀深度很浅，大部分地段还处于矿体的前缘或矿体头部^[3-6]。因此，出现地表矿体不连续、品位偏低的现象。向下，逐渐进入矿体，品位及厚度都有所提高。

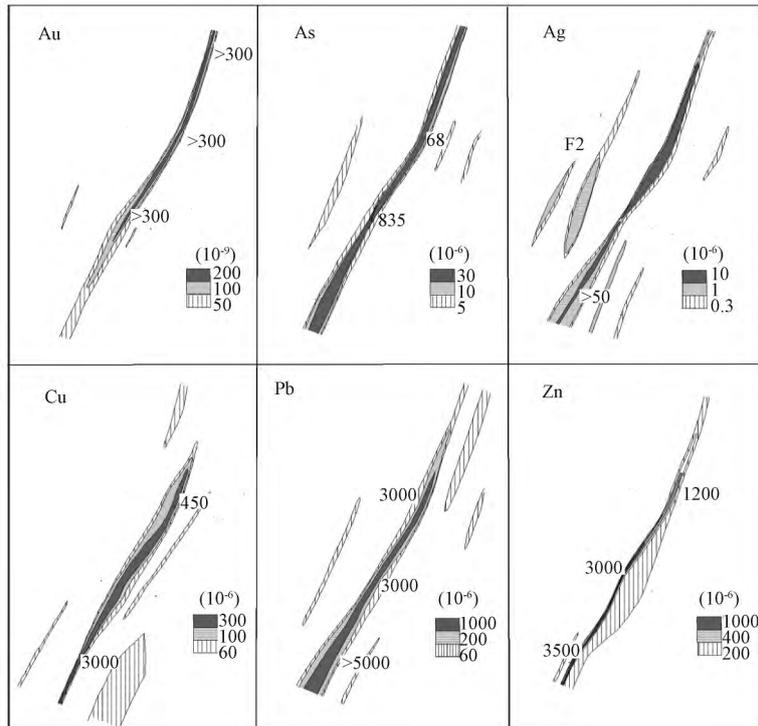


图5 F1北段地球化学异常组合图

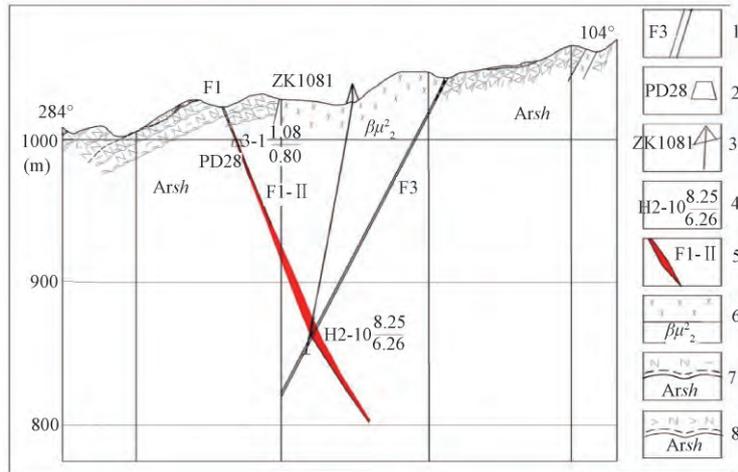
Fig. 5 The combined figure of geochemical anomalies

5 深部预测与工程验证

根据圈出的金异常,首先利用槽探工程对地表异常进行揭露,圈出2个矿化富集段;然后采用钻探工程进行深部验证。首批在F1上布设6个钻孔,其中有5个钻孔见到工业矿体,只有一个钻孔米*克/吨值达不到工业矿体要求,特别是ZK1081(见图6)单样最高品位达到 20.30×10^{-6} ,见矿厚度达6.26 m,ZK1231见矿厚度5.49 m,平均品位 9.29×10^{-6} 。根据工程见矿情况,在F1上圈出2个工业矿体,矿体长度分别为1014 m和560 m,延深235 m。首批深部工程验证结果表明,矿体与化探Au异常吻合,比如F1北段异常长度600 m,钻探工程圈出矿体长度530 m;矿化强度也与异常强度相吻合,呈北强南弱趋势。

为了进一步了解F1-I、F1-II矿体的下延情况,在施工的钻孔中采取了岩石原生晕样,采样方法与地表基本相同,围岩中取样间距10 m,断裂构造带及顶底板加密到1~5 m。通过对样品进行整理、统计,结果见表6。

深部各元素分布规律:围岩中Au、Mo、Bi低于地表,Mn、Cu、Zn、W、As、Sb、Pb、Ba、Ag均高于地表;断裂带中Au、Mo高于地表,Mn、Cu、Zn、W、Mo、As、Sb、Pb、Ba、Bi、Ag均低于地表。深部断裂带中Au、Pb、Zn、Ag、As、Sb、Bi、Mo高于围岩,尤其是As比围岩高8.7倍,Pb比围岩高5.78倍,Au比围岩高17.23倍。从钻探工程施工情况看,深部金矿化比地表强,金品位明显高于地表。从元素分配规律看,矿体前缘指示元素随着深度的增加,含量逐渐降低,而矿体尾部元素Mo、W等随着深度的增加含量逐渐增



1—断裂带编号; 2—坑道及编号; 3—钻孔编号; 4—样品编号 $\frac{\text{品位}/10^{-6}}{\text{厚度}/\text{m}}$; 5—矿体及编号;
6—辉绿岩; 7—太华岩群黑云斜长片麻岩; 8—太华岩群角闪斜长片麻岩

图6 第108勘探线剖面图

Fig. 6 The profile map of 108 prospecting line

表6 深部钻孔微量元素统计结果

Table 6 Statistical results of trace elements in deep borehole

岩石类型	Au/ 10^{-9}	Ba/ 10^{-6}	Mn/ 10^{-6}	Cu/ 10^{-6}	Pb/ 10^{-6}	Zn/ 10^{-6}	Ag/ 10^{-6}	W/ 10^{-6}	Mo/ 10^{-6}	As/ 10^{-6}	Sb/ 10^{-6}	Bi/ 10^{-6}
围岩	13.28	1273.72	1017.98	66.55	47.69	161.49	0.77	3.09	2.64	4.60	0.51	0.59
含矿断裂带	228.75	743.75	1168.75	52.75	275.75	418.75	2.11	2.02	3.46	40.16	0.69	0.76

加,说明向深部已逐渐进入矿体。钻孔中原生晕样统计结果(见图7)显示,其深部除 Au、Pb、Ag、Bi 矿体元素外,其头部元素 As、Sb 仍然很发育。尾部元素含量虽然有所升高,但幅度很小。因此,可以判断,矿体向下还会有一定的延深。在 ZK1081 下部以 160 m 间距布设 ZK1082 进行验证,见到了金矿体,矿体向下延深达到 318 m。平均品位 6.75×10^{-6} 。随着后续工程的施工使矿床规模进一步扩大,(333)+(334)? 资源量达到中型规模。

6 讨论与结论

吉家洼金矿区及外围新太古代太华岩群、中元古代熊耳群发育,出露燕山期中酸性侵入体,断裂构造发育,多期活动,构造蚀变带矿化蚀变强,成矿条件优越。金矿体均赋存于含矿断裂带内,并严格受其控制,形态、产状与含矿断裂带基本一致,一般呈陡倾斜的透镜状、薄脉状、似层状等。

通过对矿区外围 F1、F7 开展系统的岩石地球化学测量,圈定出受断裂控制的高强度 Au 异常,对 Au 异常进行工程验证,钻孔见矿率特高,首批施工 6 个钻孔中全部达到边界品位,其中 5 个达到工业品位,特别是 ZK1081 单样最高品位达到 20.30×10^{-6} ,见矿厚度达 6.26 m。对钻孔进行岩石原生晕采样化验以及统计分析,结果显示矿体向下还会有一定的延深,经钻探施工,在断裂深部打到工业矿体,矿床规模扩大至中型。取得了地质化探找矿重

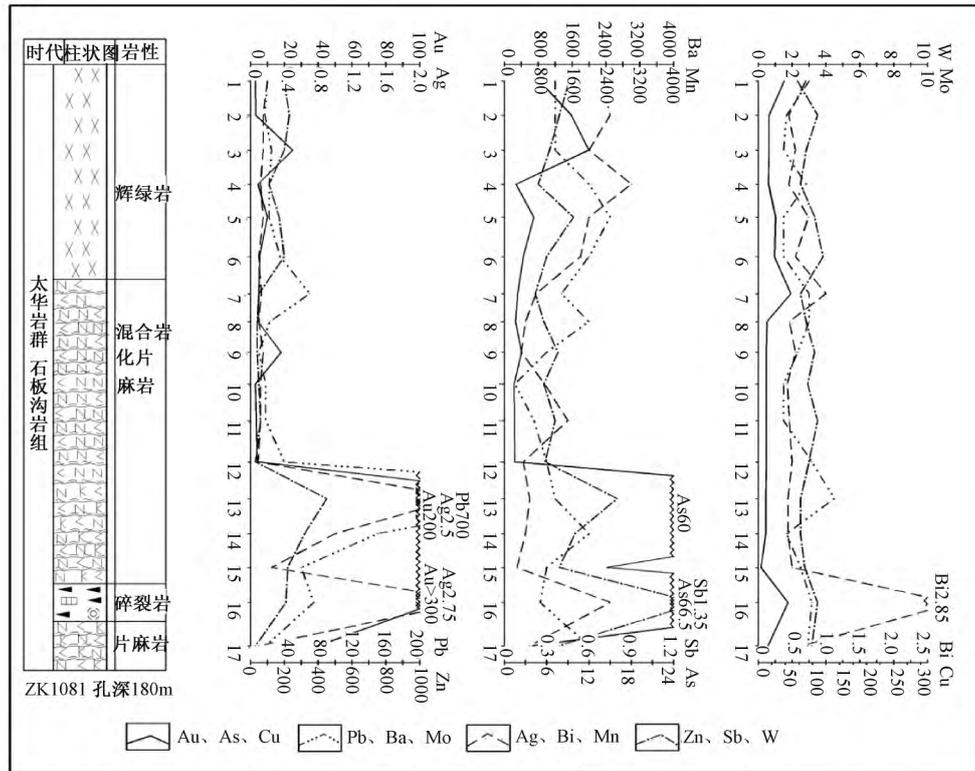


图 7 ZK1081 岩石地球化学柱状图

Fig. 7 The rock geochemical column of ZK1081

大突破。

矿区外围共发现不同规模的断裂 138 条, 除较系统的控制了 F1、F7 之外, 还有数量众多具有一定规模且具有不同程度金矿化的断裂没有控制, 对这些断裂系统开展地质、物化探工作, 均有找到工业金矿体进而取得找矿突破的可能。根据研究, 吉家洼金矿外围金矿体地表剥蚀深度较浅, 前期所施工的钻探工程所圈定的矿体大部分不封边, 深部也有较好的找矿前景。

吉家洼金矿区及外围的找矿突破进一步显示了地球化学方法在地质找矿中的重要性, 该区的找矿成功经验对该区及邻区今后的地质找矿具有较好的借鉴意义。

参 考 文 献

- [1] 河南省地矿局第一地质调查队. 河南省洛宁县吉家洼金矿外围金矿普查报告 [R]. 洛阳: 河南省地质矿产勘查开发局第一地质矿产调查院, 198, 2006.
No. 1 Geological Survey Party of Development of Geology and Mineral Resources of Henan Province, Report on survey of the adjacent region of Jijiawa gold deposit in Luoning county of Henan province [R]. Luoyang: The No.1 Institute of Geological and Mineral Resources Survey, Development of Geology and Mineral Resources of Henan Province, 1984, 2006: 1 ~ 122.
- [2] 王登红, 陈毓川, 李华芹, 等. 湖南芙蓉锡矿的地质地球化学特征及找矿意义 [J]. 地质通报, 2003, 22 (1): 50 ~ 56.
WANG Deng-hong, CHEN Yu-chuan, LI Hua-qin, et al. Geological and geochemical features of the Furong Tin deposit in Hunan and their significance for mineral prospecting [J]. Journal Article, 2003, 22 (1): 50 ~ 56.

- [3] 陈永清, 卢映祥, 夏庆霖, 等. 云南保山核桃坪铅锌矿床地球化学特征及其成矿模式与找矿模型 [J]. 中国地质, 2005, 32 (1): 90 ~ 99.
CHEN Yong-qing, LU Ying-xiang, XIA Qing-lin, et al. Geochemical characteristics of the Hetaoping Pb-Zn deposit, Baoshan, Yunnan, and its genetic model and ore prospecting model pattern [J]. Geology in China, 2005, 32 (1): 90 ~ 99.
- [4] 武广, 陈衍景, 孙丰月, 等. 大兴安岭北端晚侏罗世花岗岩类地球化学及其地质和找矿意义 [J]. 岩石学报, 2008, 24 (4): 899 ~ 1010.
WU Guang, CHEN Yan-jing, SUN Feng-yue, et al. Geochemistry of the Late Jurassic granitites in the northern end area of Da Hinggan mountains and their geological and prospecting implications [J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24 (4): 899 ~ 1010.
- [5] 赵清泉, 孙传斌, 荆龙华, 等. 构造地球化学-判别分析在找矿中的应用——以呼盟甲乌拉银多金属矿床为例 [J]. 矿产与地质, 2005, 19 (4): 414 ~ 417.
ZHAO Qing-quan, SUN Chuan-bin, JING Long-hua, et al. Application of structure geochemistry-discrimination analysis for prospecting: Taking the Jiamala silver polymetallic deposit in Hulunbeier league as an example [J]. Mineral Resources and Geology, 2005, 19 (4): 414 ~ 417.
- [6] 王长明, 邓军, 张寿庭, 等. 河南雀香洼金矿原生晕地球化学特征和深部找矿预测 [J]. 地质与勘探, 2007, 43 (1): 58 ~ 63.
WANG Chang-ming, DENG Jun, ZHANG Shou-ting, et al. Characteristic of primary halo and prediction of deep orebody in the Huanxiangwa gold deposit in Henan Province [J]. Mineral Resources and Geology, 2007, 43 (1): 58 ~ 63.
- [7] 李丙奇, 李毅, 张自森, 等. 河南省新县姚冲钼矿地球化学异常特征及找矿意义 [J]. 地质找矿论丛, 2014, 29 (1): 130 ~ 136.
LI Bing-qi, LI Yi, ZHANG Zi-sen, et al. Characteristics of geochemical anomalies of Yaochong Mo deposit in Xinxian, Henan and its significance in prospecting [J]. Mineral Resources and Geology, 2014, 29 (1): 130 ~ 136.
- [8] 孙社良, 张寿庭, 顾文帅, 等. 河南栾川 Mo 多金属矿集区构造地球化学特征及找矿预测 [J]. 地质与勘探, 2013, 49 (3): 405 ~ 416.
SUN Du-liang, ZHANG Shou-ting, GU Wen-shuai, et al. Tectono-geochemical characteristics and prospecting prediction of the molybdenum polymetallic ore concentration area in Luanchuan, Henan Province [J]. Mineral Resources and Geology, 2013, 49 (3): 405 ~ 416.
- [9] 任爱琴, 张宏伟, 吴宏伟, 等. 河南千鹤冲钼矿地球化学异常特征及找矿模型 [J]. 物探与化探, 2014, 38 (5): 865 ~ 871.
REN Ai-qin, ZHANG Hong-wei, WU Hong-wei, et al. Geochemical anomaly characteristics and model for ore prospecting in the Qian'echong molybdenum deposit, Henan Province [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2014, 38 (5): 865 ~ 871.
- [10] 颜正信. 河南省吉家洼金矿床构造控矿规律及深部成矿潜力预测 [J]. 地质调查与研究, 2012, 35 (4): 247 ~ 252.
YAN Zheng-xin. Ore-control structure and mineralization potential forecast for the deep part of the Jijiawa gold deposit in Henan Province [J]. Geological Survey and Research, 2012, 35 (4): 247 ~ 252.
- [11] 付治国, 瓮纪昌, 卢欣祥. 小秦岭—熊耳山地区金矿硫同位素地球化学特征 [J]. 物探与化探, 2009, 33 (5): 507 ~ 514.
FU Zhi-guo, WENG Ji-chang, LU Xin-xiang. Sulfur isotope geochemical characteristics of gold deposit in Xiaoqinling-Xiongershan Mountain area [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2009, 33 (5): 507 ~ 514.
- [12] 张学忠, 廉宏涛, 随启发. 河南省罗山县皇城山矿床地质地球化学特征 [J]. 物探与化探, 2009, 33 (1): 20 ~ 23.
ZHANG Xue-zhong, LIAN Hong-tao, SUI Qi-fa. Geological and geochemical characteristics of the Huangchengshan silver deposit in Luoshan county, Henan Province [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2009, 33 (1): 20 ~ 23.
- [13] 燕建设, 庞振山, 岳铮生, 等. 马超营断裂带构造特征及金矿成矿规律研究 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2009: 1 ~ 141.
YAN Jian-she, PANG Zhen-shan, YUE Zheng-sheng, et al. Structural characteristics of Machaoying fault belt and its ore-controlling of gold deposit [M]. Zhengzhou: the Yellow River Water Conservancy Press, 2009: 1 ~ 141.
- [14] 祝朝辉, 尉向东, 宋锋, 等. 豫西熊耳山多金属矿集成矿物质来源研究: 来自铅同位素的地球化学证据 [J]. 地质论评, 2013, 60 (6): 1321 ~ 1336.

- ZHU Chao-hui, WEI Xiang-dong, SONG Feng, et al. Tracing on ore-forming metals for Xiong'er Mountain poly-metal deposits cluster, western Henan: A study from Pb isotope geochemistry [J]. *Geological Review*, 2013, 60 (6): 1321~1336.
- [15] 梁涛, 卢仁, 白凤军, 等. 豫西熊耳山 Ag、Ag-Pb、Au、Mo 及 Pb 矿床(点)的空间分布特征及找矿启示 [J]. *矿床地质*, 2012, 31 (3): 590~600.
- LIANG Tao, LU Ren, BAI Feng-jun, et al. Spatial distribution features of Ag, Ag-Pb, Au, Mo and Pb deposits (mineralization spots) in Xiong'er Mountain, western Henan province, and their implication for prospecting [J]. *Mineral Deposits*, 2012, 31 (3): 590~600.
- [16] 胡浩, 李建威, 邓晓东. 洛南—卢氏地区与铁铜多金属矿床有关的中酸性侵入岩锆石 U-Pb 年龄及其地质意义 [J]. *矿床地质*, 2011, 30 (6): 979~1001.
- HU Hao, LI Jian-wei, DENG Xiao-dong. LA-ICP-MS zircon U-Pb dating of granitoid intrusions related to iron-copper polymetallic deposits in Luonan-Lushi area of southern North China Craton and its geological implications [J]. *Mineral Deposits*, 2011, 30 (6): 979~1001.
- [17] 朱嘉伟, 张天义, 薛良伟. 豫西崤山地区金矿成矿年龄的测定及其意义 [J]. *地质论评*, 1999, 5 (4): 418~422.
- ZHU Jia-wei, ZHANG Tian-yi, XUE Liang-wei. Determination of the ore-forming age of gold deposits in Xiaoshan Mountain, western Henan Province and its geological significance [J]. *Geological Review*, 1999, 5 (4): 418~422.

APPLICATION OF GEOCHEMICAL PROSPECTING TO THE JIJIWA GOLD DEPOSIT AND ITS ADJACENT REGIONS IN HENAN PROVINCE

ZHANG Wei-min^{1,2}, LIU Yu-gang^{1,2}, LI Lei^{1,2}, WU Chuan-jun³, XU De-ru³

(1. No. 1 Institute of Geological and Mineral Resources Survey of Henan, Luoyang 471000, China;

2. Key Laboratory of Au-Ag-Polymetallic Deposit Series and Deep-seated Metallogenic Prognosis of Henan, Luoyang 471000, China;

3. Key Laboratory of Mineralogy and Metallogeny, Guangzhou Institute of Geochemistry, CAS, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The Jijiawa gold deposit in Henan Province, located at the southern margin of North China Craton, is a small-scale deposit in the Xiongershan goldfield. Gold ore bodies are hosted within and have consistent attitudes with the NNE and/or SN trending fault fracture zones, which in turn strictly controlled the shapes and occurrences of the ore bodies. A systematic whole-rock geochemical survey on fracture zones F1 and F7 in the adjacent region of the deposit is carried out, and several high strength Au anomalies controlled by the fractures have been confirmed. After drilling construction, gold ore bodies have been discovered. The statistical analysis on the primary halos of the drilling cores further indicates that the ore bodies extend downwards in some degree. The drilling construction also reveals gold ore bodies in depth developing along the fractures. In terms of calculation on resource reserve, the discovered deposit is medium-sized in scale. There are lots of mineralizing fractures in the adjacent regions of the Jijiawa deposit, in which the primary halos have following characteristics. The front-halo elements are well-developed, but rear-halo elements aren't. Moreover, the front-halo elements, main ore-forming halos and rear halo elements are developed at depth. As a result, the new discovered gold ore bodies extend at depth. We thus suggest that there are good ore prospects in the adjacent regions of the deposit.

Key words: Jijiawa gold deposit; Xiongershan gold field; rock geochemical survey; metallogenic prediction; engineering verification