

山东焦家金矿床深部成矿预测与找矿效果对比

李德亭¹, 孙之夫¹, 张锐¹, 许道学¹, 王兆军²

(1. 山东黄金集团有限公司 焦家金矿, 山东 莱州 261441; 2. 山东省第六地质矿产勘查院, 山东 招远 265400)

摘 要: 焦家金矿床是著名的构造破碎蚀变岩型金矿床, 通过物化探研究, 对深部成矿远景进行预测并布置了钻探工程, 大致查明了矿床深部破碎蚀变带地质特征及含矿性; 基本探明了矿体的规模、形态、产状及赋存部位、矿石的类型和结构构造等特征, 并合理地圈定了矿体。以深部原生晕建立了深部化探异常模式, 指出了深部矿体矿头和近矿指示元素组合特点, 从而为深部是否继续开展普查提供了依据。通过钻探工程验证, 矿体及构造带的位置与物探结果比较吻合, 说明本区物探方法寻找隐伏矿体有较好的效果。

关键词: 焦家金矿床; 深部成矿预测; 找矿效果; 山东省

中图分类号: P618.51; P612 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2002)02-0107-09

1 综述

黄金矿山是典型的资源型企业, 尤其是老矿, 面临资源日渐枯竭的危机, 因此探矿增储是矿山提高经济效益、延长服务年限的重要途径。

1.1 以往探矿工作评述

焦家金矿床是著名的构造破碎蚀变岩型金矿床(张韞璞等, 1983, 1988, 1996; 朱奉三, 1980, 1989), 1967 年, 山东省地矿局第六地质队发现了焦家金矿床, 并于 1969~1972 年进行矿区地质普查和地质勘探工作, 并提交了《山东省掖县焦家金矿区地质勘探报告》, 同年经山东省地矿局(72)鲁地审字第 1 号文批准。此后, 有多家地勘单位对矿区做了大量的地质工作, 到 1996 年底, 先后提交了勘查储量报告 6 份。焦家金矿基建开始后, 随着-70 m 中段坑道的开拓, 继而发现在 I, II 号主体矿脉下盘, 存在着与主矿体走向基本相同, 但倾向完全相反、倾角较陡的多条矿体组成的矿体群, 这些矿体与地质队原报告所圈定的 III, IV, V 号矿体的空间位置完全不同。1986 年焦家金矿提交了《焦家金矿床新 1、新 2、新 6 号矿脉地质勘探报告》, 1992 年又提交了《焦家金矿新增 3 号脉地质勘探报告》; 1987 年山东冶金地质勘探公

司第三勘探队提交了《焦家金矿床下部矿体群评价地质报告》。

焦家金矿被国家做为典型金矿床实例纳入岩金矿地质勘探规范中, 矿床发现几十年来, 对胶东乃至全国金矿找矿工作产生了重要的影响。1980 年矿山投产后, 虽然进行了大量补充勘查工作, 但仍缺少系统的总结和对原报告的补充修改, 无法满足矿山生产、勘探、科研、教学及对外科技交流的需要。1996 年 12 月, 矿山和地质六队联合提交了《山东省莱州市焦家金矿床勘探-生产勘探总结报告》, 1997 年 6 月, 全国矿产资源委员会“全咨准字[1997]071 号”文批准该报告。批准地质勘探累计金属量 84 832 kg; 批准生产勘探升级累计储量 67 964 kg; 批准至 1996 年底矿山保有金属量 40 773 kg; 批准-70 m 以上储量全部注销。

1.2 深部探矿的必要性

焦家金矿始建于 1975 年, 1980 年正式投产, 规模为 500 t/d。以后逐步扩建, 现已形成 1 250 t/d、年产 1 600 kg(50 000 两)黄金的生产能力。到 2000 年底, 共有 6 个中段(+10 m~-190 m)的回采及-230 m, -270 m 两个中段的开拓工作。现在-70 m 以上已基本回采完毕, 进入残采阶段; -230 m, -270 m 两个中段的开拓工作已近结束, 主矿体向下逐步尖灭。按目前矿山的生产规模计算, 矿山尚可服务 12 年。

收稿日期: 2001-11-23; 修订日期: 2002-02-19

基金项目: 原冶金工业部“九五”黄金地质科研项目(95-81)研究成果。

作者简介: 李德亭(1968-), 男, 山东沂南人, 工程师, 硕士, 主要从事矿山地质及科研工作。

焦家主断裂蚀变带宽 50~400 m, 产状与主裂面基本一致。根据井下工程揭露情况可知, 在主裂面下盘的黑云母混合花岗岩蚀变带最为发育, 上盘蚀变带规模相对较小, 厚度一般为十余米; 下盘蚀变带沿走向及倾向均很发育, 随深度增加而呈扇形张开, 蚀变带厚度增大(图 2)。与构造期次相对应, 围岩蚀变也呈现多期叠加的特征, 各种蚀变往往同时伴生, 只是程度有强弱之分(表 1)。自主断面向下依次可分为: 主裂面断层泥、黄铁绢英岩质碎裂岩带、黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带、黄铁绢英岩化花岗岩带、钾化及红化花岗岩带。主要蚀变有: 钾长石化及红化,

黄铁绢英岩化、绢云母化、硅化和碳酸盐化等, 它们与金矿化密切相关。主要蚀变矿物有石英、绢云母、钾长石、斜长石、碳酸盐等; 金属矿物主要有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等, 其中黄铁矿为主要载金矿物, 具有强烈破碎特征。黄铁矿裂隙内常充填有自然金、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿和石英等。黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等硫化物共生, 以不规则形状赋存于黄铁矿中或单独分布于脉石中; 黄铜矿也常以浑圆状、角砾状赋存于脉石中, 或呈乳滴状分布在闪锌矿中; 方铅矿、闪锌矿大多以枝杈状、网脉状等不规则形状分布于黄铁矿中, 有时含有金矿物包体。

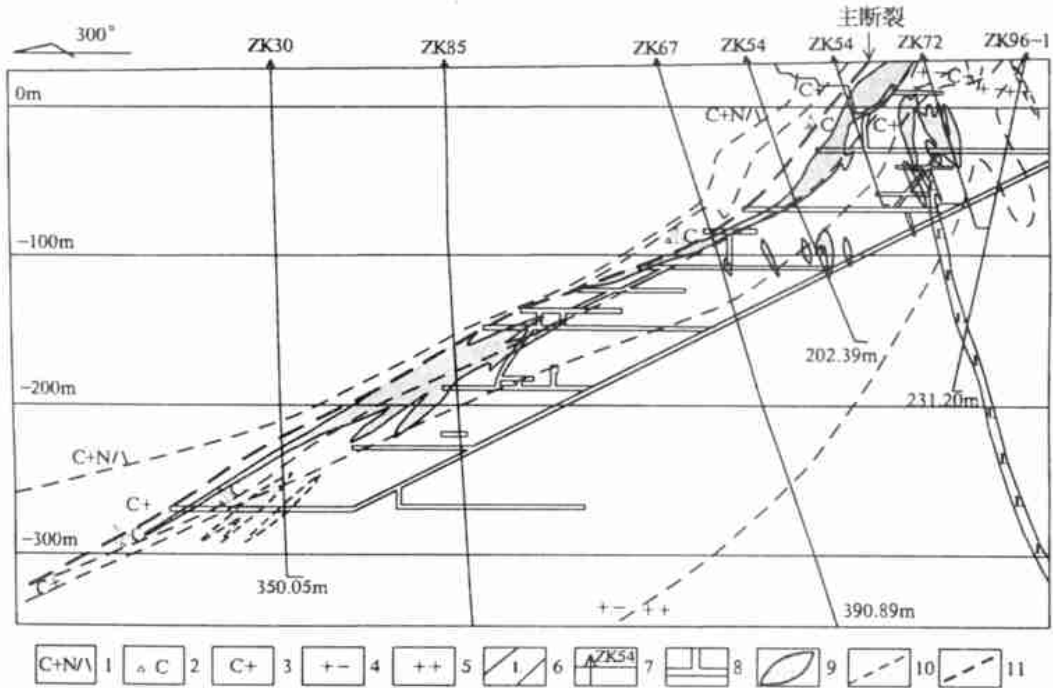


图 2 焦家金矿 96 号勘探线地质剖面图

Fig. 2 Geological profile of No. 96 line in Jiaojia Au mine

1. 混合岩化斜长角闪岩 2. 绢英岩质碎裂岩 3. 绢英岩化花岗岩 4. 钾长、硅化花岗岩 5. 黑云母花岗岩 6. 煌斑岩
7. 钻孔及编号 8. 坑道工程 9. 金矿体边界 10. 主断层 11. 岩性界线

表 1 焦家金矿床围岩蚀变及矿化特征

Table 1 Wallrock alteration and mineralization characters of Jiaojia Au deposit

距主裂面 距离	破碎带 构造岩	围岩蚀变			矿化特征	
		蚀变作用	蚀变岩	厚度(m)	矿化类型	金品位
近 ↓ 远	糜棱岩	钾长石化	黄铁绢英岩质碎裂岩	2~30	浸染状	较稳定
	碎裂岩	红化	黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩	1~34	细脉浸染状	↓ 不稳定
	碎粒岩	黄铁绢英	黄铁绢英岩化花岗岩	30~100		
	碎斑岩	岩化	钾长石化、红化花岗岩	100~200	细脉、网脉状	

2.3 矿体地质特征

矿体分布受断裂蚀变带控制(黄德业, 1991), 分为 I, II, III号矿体, 矿体呈似层状、脉状、透镜体状, 总体上沿主裂面展布(表 2); I 号矿体赋存于主裂面下盘约 50 m 内的碎裂岩、绢英岩带中, 矿量占总储量的 73%; II号矿体多为 I 号矿体的下盘分支, 产于

绢英岩带内, 与 I 号脉在剖面上的分支复合现象明显, 规模较大者在下盘硅化花岗岩带内有III号脉分支, 占总储量的 11%; III号脉群产于钾化、硅化花岗岩带内, 常成群成带产出, 占总储量的 16%, 矿体的空间产出形态如图 2 所示。

表 2 焦家金矿床浅部矿体特征简表
Table 2 The simply tabulated characteristics of orebodies at shallow depth

脉号	产 状		赋存区间 (标高及范围)	平均 厚度(m)	走向 长度(m)	矿化 类型	平均品位 $w(\text{Au})/10^{-6}$	品位变化 系数(%)	厚度变化 系数(%)	总储量 比例(%)	矿体变化趋势
	走向	倾向/倾角									
I	40°	NW30°	+ 30~- 450 m 52~136	5.74	1200	细粒浸染 状网脉状	5.01	157	84	73	产状浅陡深缓、南缓北陡; 深部浸染状矿化不发育
II	40°	NW30°~70°	+ 30~- 400 m 80~114	3.00	45	浸染状及 细脉状	4.98	176	86	11	近上盘者较缓, 往下盘渐陡 直至直立产出
III	30°	SE80°	+ 30~- 300 m 60~116	2.00	30	裂隙脉状	5.61	164	87	16	向深部规模、数量迅速减少

3 深部物化探预测

3.1 地球物理特征

根据本次工作成果并综合前人研究结果(鲁安怀等, 1993; 吕古贤等, 1993, 1997)认为, 焦家矿区各类岩石极化率特征存在明显差异(表 3), 无矿化岩石的极化率较低, 虽因岩性不同而有所变化, 但变化幅度不大, 一般 $\eta=3\%\sim5\%$; 而一些蚀变矿化岩石的极化率一般 $\eta=4\%\sim6\%$ 。由于各类含金矿石与多金属硫化物(主要是黄铁矿)共生, 而且硫化物含量与

金的品位呈正消长关系, 其极化率较高, 一般 $\eta=6\%\sim25\%$ 。同时, 岩石的电阻率随其破碎程度的增高而明显降低, 随硅化程度的增强而升高, 区内混合花岗岩视电阻率的平均值 $\rho=810\ \Omega\cdot\text{m}$, 胶东群地层斜长角闪岩仅为 $324\ \Omega\cdot\text{m}$, 其间存在一定差异, 但随着接触带硅化程度的变化, 一般视电阻率为 $1\ 300\sim2\ 000\ \Omega\cdot\text{m}$, 石英脉视电阻率高达 $4\ 483\ \Omega\cdot\text{m}$ 。因此, 在已知含矿蚀变带或矿体处因硅化影响而出现变化梯度较弱的高阻异常。由此可利用电阻率法圈定蚀变带中硅化较强地段。矿体在平面上投影与视极化率异常位置对应性很好, 因而用该方法寻找硫化物富集带较为可靠。

表 3 焦家金矿床不同岩石的极化率(η)和视电阻率(ρ_s)统计
Table 3 Statistics of polarization and apparent resistivity of various rocks in Jiaojia Au mine

岩石名称	样数	$\eta/\%$			$\rho_s/\Omega\cdot\text{m}$		
		$\eta(\text{min})$	$\eta(\text{max})$	$\eta(\text{平均})$	$\rho(\text{min})$	$\rho(\text{max})$	$\rho(\text{平均})$
混合花岗岩	96	1.17	6.49	333	490	1167	810
似斑状花岗闪长岩	15	2.16	6.4	4.25			
斜长角闪岩	22	1.8	8.2	4.4	50	606	324
碎裂状混合花岗岩	15	1.5	4.6	3.04	427	967	672
蚀变混合花岗岩	29	1.8	6.1	4.9	485	6409	2040
石英脉	11	1.4	4.7	3.2	1759	9643	4483
绢英岩	20	1.1	6.29	3.45			
黄铁矿化绢英岩	72	4.17	10.9	7.37	275	9900	1615
含金黄铁绢英岩	74	11.2	70.3	25.4	176	7420	1285
氧化矿石	30	3	8	5.09	314	1265	693

注: 平均数为算术平均值

根据矿床内矿体和蚀变带的分布特征, 本次选择了 96 号和 112 号勘探线优先进行电测深测量, 电测深结果(图 3, 图 4)表明: 96 号勘探线剖面电性差异自南东向北西有逐渐变深趋势, 视极化率表现尤为明显。视电阻率在剖面上梯度变缓, 可能是各类岩性之间视电阻率差异较小引起的。二者的变化反映了焦家断裂带的位置及产状, 高极化率带为已知矿体(富硫化物带)的反映, 下部高极化率带(-450 m 以下)可能为隐伏高硫化物带的反映。两极化率之间

- 350 m~-450 m 标高为高极化率异常间断带, -450 m 标高以下沿主断裂带出现另一个高硫化物含量带。112 号勘探线剖面(图 4)与 96 线相似, 其反映的电性界面(相当于主断裂面)自南东到北西沿勘探线方向逐渐加深, 视极化率所反映的硫化物高含量带(矿体)有明显的变化趋势; 所反映-500 m~-600 m 附近的低极化率分布区与 96 线-350 m~-450 m 标高的矿化间断区相对应, 这也可能预示着矿床下部有第二成矿梯段存在。

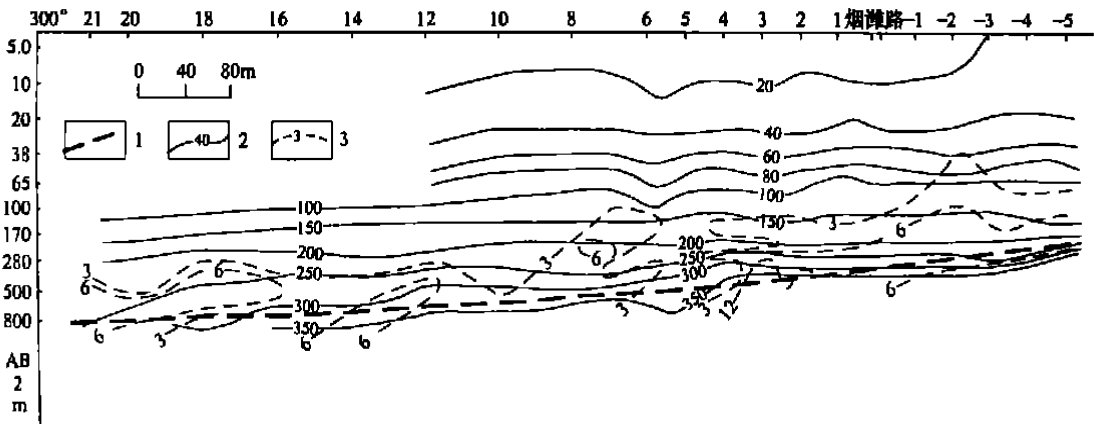


图 3 焦家金矿床 96 号勘探线电磁测深断面图

Fig. 3 Eelectro magnetic detected-depth section along No. 96 line in Jiaojia Au mine

1. 主断裂面 2. 视电阻率异常 3. 视极化率异常

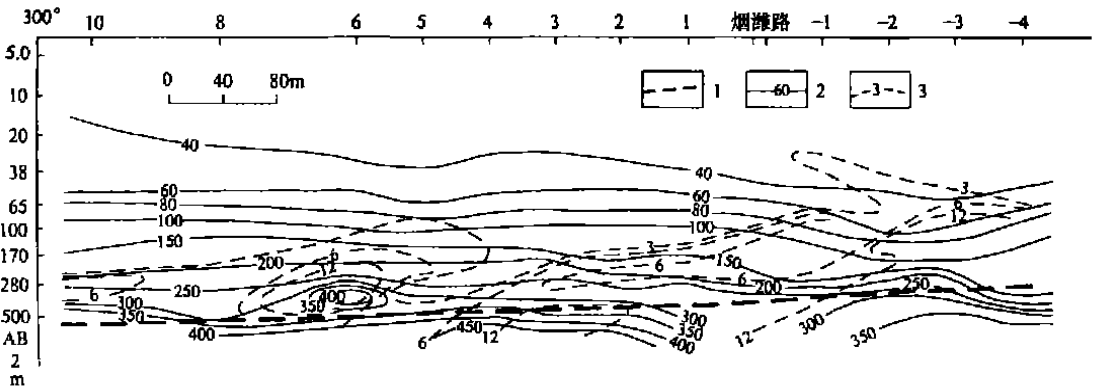


图 4 焦家金矿床 112 勘探线电磁测深断面图

Fig. 4 Plot showing depth detected by electromagnetic method along No. 112 line

1. 主断裂面 2. 视电阻率异常 3. 视极化率异常

这两个剖面反映的矿化间断带(低硫化物异常区)垂高约为 100 m 左右, 在垂直投影图上呈现向 SW 侧伏特点, 侧伏角为 32°。

3.2 微量元素地球化学特征

为查明地球化学特征及金与其他指示元素的相关性, 对焦家金矿 546 件矿石及蚀变岩样品进行因

子分析和聚类分析(表 4)可知, 在 F 主因子中, 第一主因子 F₁ 元素组合为 Hg, Ag, Bi, Pb, 代表着多金属硫化物的热液阶段, 第二主因子 F₂ 的元素组合为 Co, Ni, Ti, Cr, Mn 等亲火山元素, 反映了火山岩系沉积的胶东群是原始的矿源层, Au 所在主因子为 F₈, 其组合元素为 Au, Bi, As, Ag, 代表热液作用中

Au 的主成矿期。

对 530 件原生晕样品进行 R 型聚类分析(图 5)可知,地球化学异常分带明显,最具有相关性的一组元素为 Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Bi, 是该区主要的成矿伴生元素,为理想的指示元素组合;并且离矿化中心越近,指示元素含量就越高。其中 Au, As, Hg, Ag 异常范围大,是较为理想的远程指示元素。由于矿体不同地段所出现原生晕异常组分不同,

使得原生晕异常组分具有明显的分带性。地球化学参数统计结果表明,原生晕异常纵向分带明显,主要特点为:矿体头部异常元素 Hg, Ag, Sb, Pb 为中-外或中-内带异常; As, Au, Zn, Co 为中-内带异常,是近矿异常元素, Bi, Cu 为中-外带异常,是矿体尾部异常元素;元素轴向分带序列为 Ag-Ni-Sb-Mo-Ba-Co-Hg-Pb-Zn-Au-As-Cu-Bi。

表 4 焦家金矿床原生晕样品正交旋转因子载荷矩阵

Table 4 Orthorotating factor matrix of primary halo samples of Jiaojia Au deposit

主因子	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	备 注
Au	0.225	0.003	0.036	0.19	0.039	0.014	0.094	0.949	样品数: 546 各主因子标志元素组合: F ₁ : Hg, Ag, Bi, Pb F ₂ : Co, Ni, As F ₃ : Mo F ₄ : Pb, Zn, Ag F ₅ : Ba F ₆ : Cu, Ag F ₇ : Sb, As, Bi F ₈ : Au, Bi, As, Ag
As	0.261	0.339	0.009	0.236	0.074	0.271	0.709	0.425	
Sb	0.04	0.174	-0.052	0.088	0.115	-0.155	-0.958	-0.042	
Bi	0.66	0.069	-0.059	0.281	-0.052	-0.196	-0.037	0.568	
Hg	0.998	0.008	0.019	-0.019	0.024	-0.102	0.01	0.112	
Ag	0.685	0.122	-0.172	0.423	0.019	-0.318	-0.237	-0.388	
Cu	0.009	0.132	-0.034	0.141	0.054	-0.949	0.228	-0.088	
Pb	0.377	0.04	0.132	0.798	0.034	0.295	0.218	-0.259	
Zn	0.009	0.002	0.029	0.991	0.015	0.016	0.056	0.114	
Mo	0.069	0.1	0.986	0.085	0.025	0.085	0.044	0.043	
Ba	0.028	0.091	0.025	0.078	0.986	0.047	0.444	0.034	
Co	0.148	0.971	0.064	0.011	0.081	0.097	0.122	0.022	
Ni	0.095	0.973	-0.064	0.021	0.033	-0.057	-0.176	-0.06	
方差贡献	4.536	1.962	1.127	1.011	0.98	0.751	0.613	0.511	
累计方差(%)	34.9	50	58.6	66.4	73.6	79.3	84	88.3	

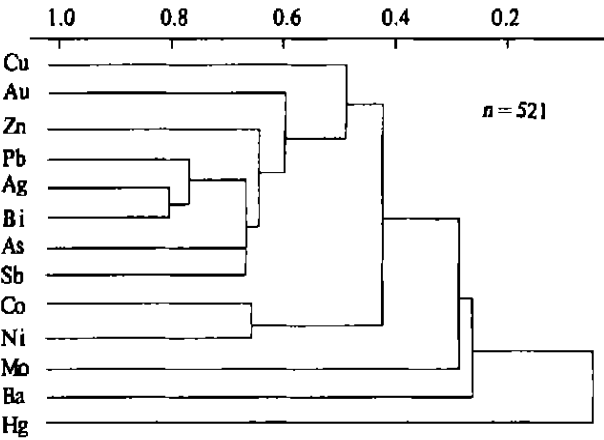


图 5 焦家金矿原生晕样品
R 型聚类分析谱系图(n= 521)

Fig.4 Pedigree diagram of R type cluster analysis of the primary halo samples of Jiaojia Au deposit

依据不同剖面及主蚀变带各指示元素的原生晕及变化趋势图可知,其主要指示元素异常均表现出

向SW 方向侧伏及侧伏角 30 左右的特点,与矿体总侧伏方向一致。由此说明沿侧伏方向矿体有向下延伸的可能。

3.3 预测靶区

依据本次物化探研究成果并综合前人对焦家金矿床地质特征的研究,以及我们对矿体赋存规律的认识,预测深部矿体主要分布在 76~136 勘探线之间、焦家主断裂下盘的破碎蚀变带中,其深度在 - 450~- 1 100 m 之间;且随着深度的增加,Ⅲ号矿脉群会呈陡倾角向纵深发育,离主断裂越来越远;112~96 线- 450 m 标高以下最有可能赋存有与主矿体呈斜列的盲矿体。

4 深部勘探工作

4.1 深部钻孔勘探

本次普查因深度较大,钻探就成了惟一的勘探方法。结合浅部(- 500 m 以上)已探明矿体的规模、

形态和产状,把成矿前景最好的部位作为钻探靶区,工程布置采用勘探线法,且仍然用矿山原有的勘探系统,基线方位为 30°;以 240 m 的走向间距设计了 4 个钻孔以探求 E 级储量。根据矿体向 SW 侧伏的特点,首先施工前景较好的 112 线钻孔,然后由南向北依次施工 96 线、80 线和 64 线的钻孔,以控制矿体侧伏方向上的展布。

经过近两年的工作,共完成钻探进尺 3 500 m,绘制 1:2000 地质图 1.5 km²,普通分析样品 425 件,化探分析样品 35 件。结果表明:4 个孔均在设计的相应部位见到了焦家主干断裂面和含矿蚀变带,蚀变带的特征与上部完全相似,初步控制了 I 号矿

体的侧伏延伸规模,见矿标高在- 620~- 710 m 之间;大致查明了焦家金矿床深部含矿蚀变带的分布、规模及产状,初步探明深部矿体的赋存状态,共圈定出 4 个新矿体,获得 E 级金属量(Au)2 172 kg。

4.2 深部矿体地质特征及围岩蚀变

本次普查共圈出矿体 4 个,编号为 I -16, I -17, II -12 和 VII。其中表内矿体一个,表外矿体三个, I 号矿体规模较大,距主裂面最近,远离主裂面的矿体依次是 II 号和 VII 号矿体,矿体呈脉状、透镜状赋存在下盘的蚀变带中,产状与主裂面近于平行(表 5)。圈定的 4 个矿体中 I -16 是单工程见矿, I -17 和 II -12 由两个钻孔控制, VII 号矿体也是单工程控制。

表 5 深部矿体主要地质特征
Table 5 General geological features of ore bodies at depth

矿体编号	I -16	I -17	II -12	VII
赋存范围	112 线附近	64~96 线	112 线附近	96 线附近
赋存标高(m)	- 580~- 600	- 600~- 710	- 500~- 724	- 850~- 920
赋存岩性带	黄铁绢英岩质碎裂岩带	黄铁绢英岩质碎裂岩带	黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩	黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩
矿体长度(m)	200	360	200	120
矿体走向	30°	10°~20°	30°	30°
矿体倾角	32°	24°	33°	31°
矿体倾向	NW	NW	NW	NW
矿体斜深(m)	240	240	420	240
矿体厚度(m)	1.65	0.50~5.44	1.02~3.61	3.52

深部蚀变作用类型与浅部类似,按其蚀变的先后顺序分为成矿前期钾化和红化;成矿中期黄铁绢英岩化和硅化;成矿期后碳酸盐化和绿泥石化。虽然它们发生的时间不同,但在空间上是重叠的。红化发育于蚀变带边缘,呈鲜艳的红色,与钾长石化相伴出现,为热液早期产物,具有重要的找矿标志意义;黄铁绢英岩化普遍发育,分布在蚀变带的中心,为矿区主要蚀变,与金矿床有密切的时空关系;成矿中期硅化与黄铁绢英岩化中的硅化不同,它是指热液中的二氧化硅在外部条件下形成硅化石英的作用,交代了斜长石或钾长石,使之呈残留状,亦与成矿作用关系密切;碳酸盐化以方解石为主,并伴有少量的石英出现,呈脉状或网脉状穿插于岩石中,是成矿晚期的产物,标志着金银矿化的尾声。矿床的蚀变作用经历了一个由简单到复杂再到简单的交代过程,形成了深部的以黄铁绢英岩为中心的蚀变岩带。蚀变岩分带及其主要矿物成矿以及矿石结构构造等均与浅部一致(表 1)。

4.3 深部矿石物质成分、结构构造及矿石类型

由于本次勘查范围标高在- 500 m 以下,因此均为原生矿石。主要载金矿物有黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、石英和绢云母。矿物成分见表 6。其赋存状态仍与浅部类似。

表 6 深部矿石矿物成分
Table 6 Mineralogy of Au ore

矿物种类及名称	原生矿物			
	金属矿物			非金属矿物
	自然金属	金属硫化物	其他	
主要	银金矿	黄铁矿	菱铁矿	石英、绢云母
次要	金银矿、自然金	黄铜矿、闪锌矿、方铅矿		长石、方解石
少量				云母、绿泥石、重晶石、绿帘石、锆石、榍石等

矿石的结构构造基本和上部矿体矿石相同,仍

以碎裂结构、晶粒结构为主, 其次为填隙结构、交代残余结构和包含结构等。矿石构造以细脉浸染状、脉状及斑点状为主, 其次为网脉状构造。

矿石类型较浅部少, 分为两种: 细脉浸染状黄铁绢英岩质碎裂岩型和细脉浸染状黄铁绢英岩化花岗岩质碎裂岩型, 前者为灰绿—暗绿色, 具较强的碎裂结构, 以浸染状为主, 是 I 号矿体的主要类型。后者矿石为浅灰—浅灰绿色, 半自形粒状结构、碎裂结构, 脉状—细脉浸染状构造, 是 II 号矿体的主要类型。

5 深部找矿效果

5.1 探明地质储量

根据对主矿体的控制程度及特征, 依据《岩金矿地质普查规范》并参考上部矿体的特征, 将本次 240 m×480 m(走向长度×斜深)的钻探工程网度探求储量以及单工程控制的储量定为 E 级。按照主管部门批复的工业指标圈定矿体, 共探明 Au 的 E 级金属量 2 172 kg, 矿石量 83 万 t, 其中表内 E 级金属量 1 172 kg, 各矿体储量、品位等见表 7。

表 7 深部矿体储量计算结果

Table 7 Reserves calculation of ore bodies at depth							
矿体 编号	储量 类别	储量 级别	体积 (m ³)	矿石量 (t)	平均品位 (w(Au)/×10 ⁻⁶)	金属量 (kg)	真厚度 (m)
I-17	表内	E	112804	306827	382	1172.08	2.97
I-16	表外		54285	147655	1.94	286.45	2.65
II-12	表外		87510	238027	2.02	480.81	2.31
VII	表外		50815	138217	1.68	232.20	3.52

5.2 深部原生晕异常特征及地质评价

对本次探矿工程所揭露的蚀变带及矿体分别采取了岩石地球化学样, 分析结果表明: I, II 号深部矿体原生晕发育, 异常组合元素主要为: Au, As, Mo, Ba, Pb, Zn, Ag, Hg, Cu, Ni, Sb, Co。其中 Au, As, Mo 异常衬度大, 且分布范围广, Au 的异常浓度为 $224 \times 10^{-9} \sim 1\,000 \times 10^{-9}$, 为异常的中、内带; As 的异常浓度为 $9.0 \times 10^{-6} \sim 26.8 \times 10^{-6}$, 为异常的中、内带; Mo 的异常浓度为 $1.06 \times 10^{-6} \sim 15.2 \times 10^{-6}$, 以内、中带为主。其次为 Ba, Pb, Zn。Ba 的异常分布范围广, 包围矿体及蚀变带, 浓度为 $700 \times 10^{-6} \sim 3\,000 \times 10^{-6}$, 内、中、外带均有; Zn 的异常浓度为 $50.3 \times 10^{-6} \sim 1\,200 \times 10^{-6}$, 以中、外带为主; Pb 的异

常浓度为 $70.0 \times 10^{-6} \sim 420 \times 10^{-6}$, 以中、内带为主。另外, Ag, Hg, Cu, Ni, Sb, Co 的异常较不发育, 主要围绕矿体产出, 矿化较弱的蚀变岩异常微弱, 总体衬度较低, 分带以外带为主。与 I, II 号浅部矿体原生晕异常特征相比, 深部的矿体原生晕表现为近矿元素 Au, As, Pb, Zn 等较为发育, 以内、中带为主, 矿头元素除了 Ba, Mo 外, Ag, Hg, Ni, Sb, Co 异常较不发育, 衬度低, 基本表现为外带, 说明在 -600~-700 m 标高附近, 矿体已近中部, 其深部前景较差, 而多金属元素组合异常较差, 从另一方面也显示深部矿体规模较小。

VII 号矿体原生晕发育, 异常组合元素主要为: Au, Hg, Ba, Co, Ni, As, 其中 Au 异常范围最广, 异常浓度为 $103 \times 10^{-9} \sim 2\,880 \times 10^{-9}$, 表现为中、内带; Hg 元素分布也最为广泛, 异常包围整个蚀变带, 穿越围岩, 其浓度为 $5.9 \times 10^{-9} \sim 12.3 \times 10^{-9}$, 表现为中、外带; Ba 异常浓度为 $500 \times 10^{-6} \sim 1\,000 \times 10^{-6}$, 表现为中、外带; 另外, Co, Ni, As 异常局部发育, 以中、外带为主。与浅部矿体及深部其他矿体的原生晕特征相比较, VII 号矿体及蚀变带原生晕异常的显著特征是 Ag, Pb, Zn 元素不发育, 只有个别样品中呈现异常, 且浓度低, 仅略高于背景值。推测可能与该矿体 Au 的赋存状态有关。从其元素组合来看, 除 Au, As 为近矿元素外, 其余异常元素以矿头元素为主, 说明深部钻孔控制的 VII 号矿体为矿体头部, 其深部远景较好, 有向深部延伸的趋势。

5.3 深部物化探找矿标志

通过对矿区地球物理和地球化学特征的研究表明, 物化探异常对矿区深部的含矿蚀变带及矿体具有较好的指示作用, 其主要标志如下:

- (1) Cu, Pb, Zn, Ag, Bi, Au 等 6 种元素为金矿体的指示元素, 当组合异常存在时, 则预示着可能有金矿体存在。
- (2) 矿体原生晕必须有明显的金异常存在。
- (3) 化探异常元素组合齐全, 多种元素达到异常值, As, Hg, Sb 等头部晕发育。
- (4) 各元素要有异常的浓集中心, 且与一定的构造破碎带相对应。
- (5) 视电阻率和视极化率的高值区为矿致异常带。

5.4 深部找矿前景

本次普查工作重点对象是焦家金矿床深部 I, II 号矿体, 并在其下盘新发现了 VII 号矿体。I, II 号深部矿体受主干断裂控制, 赋矿围岩为黄铁绢英岩

质碎裂岩和黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩。Ⅶ号矿体受下盘的黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带控制, 其产状与Ⅰ, Ⅱ号矿体相似, 但位于蚀变带底板附近, 距主裂面较远, 其矿化类型为浸染状矿化。结果表明, 深部Ⅰ, Ⅱ号矿体尖灭再现明显, 其控矿条件和赋存特点与浅部对应矿体相同, 与浅部矿体相比规模明显变小, 且赋存较深, 目前因经济条件所限, 暂不能开采, 可在条件成熟时再继续开展深部探矿工作。

参考文献:

[1] 张韞璞, 文子中. 山东焦家式金矿地质[R]. 招远: 山东省地质矿产局第六地质队, 1983. 8-28.

[2] 张韞璞, 吕以发. 山东掖县北部覆盖地区焦家式金矿成矿地质条件及找矿方向[A]. 中国金矿主要类型区域成矿条件文集(5. 胶东地区)[C]. 北京: 地质出版社, 1988. 46-84.

[3] 张韞璞, 孙之夫, 姜洪利, 等. 山东省莱州市焦家金矿床地质-生产勘探总结报告[R]. 莱州: 山东省黄金集团公司焦家金矿, 1996. 10-18.

[4] 朱奉三. 混合岩化热液型金矿床成矿作用初步研究——以招掖地区的金矿床为例[J]. 地质与勘探, 1980, (7): 1-9.

[5] 朱奉三. 中国金矿床的成因类型划分及基本特征研究[A]. 国际金矿地质与勘探学术会议论文集[C]. 沈阳: 东北工学院出版社, 1989. 12-20.

[6] 杨士望, 侯建琪, 郭百创. 胶东半岛东部金矿地质[M]. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1993. 20-30.

[7] 黄德业. 胶东内生金矿成矿期和成矿时代的讨论[J]. 矿产与地质, 1991, (2): 81-89.

[8] 鲁安怀, 陈光远. 铬铅云母成因矿物学——兼论焦家式金矿床成因与找矿[M]. 北京: 地质出版社, 1995. 39-75.

[9] 吕古贤, 孔庆存. 胶东玲珑-焦家式金矿地质[M]. 北京: 科学出版社, 1993. 34-41.

[10] 吕古贤, 孙之夫, 庞绪成, 等. 山东省焦家金矿隐伏矿床构造物化探预测及构造物理化学研究[R]. 莱州: 山东黄金集团有限公司焦家金矿, 1997. 42-45.

ORE PREDICTION AT DEPTH OF JIAOJIA Au DEPOSIT AND
THE EXPLORATION ENGINEERING RESULTS

LI De-ting¹, SUN Zhi-fu¹, ZHANG Rui¹, XU Dao-xue¹, WANG Zhao-jun²

(1. Jiaojia Gold Mine, Laizhou 261441, China; 2. The 6th Geo-exploration institute of
Shandong Geological Exploration Bureau, Zhaoyuan 265400, China)

Abstract: Jiaojia gold deposit is the altered rock type deposit hosted in cataclastic zone. Geophysical and geochemical technologies were engaged in ore prediction at depth. According to the results were arranged drill holes that basically make clear of geological feature and ore-bearing property of cataclasitic alteration rock, size, morphology, occurrence and location of ore bodies and ore textures and ore types. And the ore bodies are located proprely. Characteristics of head and near ore element associations of deep ore bodies are drawn from geochemical anomly model defined by primary geochemical halo at depth. Based on the data further deep exploration is suggested. Coincidence of the drilling and geophysical and geochemical exploration prove that the latter is an effective tool to search for blind ore bodies.

Key words: Jiaojia Au deposit; deep ore prediction; ore-searching result; Shandong province