

物化探方法在东坪金矿的应用效果^①

赵天心 宫元吉

(中国人民武装警察部队黄金第八支队)

提 要 东坪金矿是东坪式金矿床的典型实例,研究找矿方法、总结勘查经验,对丰富矿床理论、指导找矿具有实际意义和理论意义。东坪金矿是产于碱性杂岩体内接触带上的石英脉及硅钾化蚀变岩型特大金矿床,在勘查过程中,综合物化探方法(次生晕、激电中梯、 γ 能谱)地质效果显著,起到缩小靶区,指示赋矿地段及隐伏盲矿体预测。为地质工作起到了导向作用。

关键词 东坪金矿 物理化学特征 应用效果

1 矿区地质概况

东坪金矿床位于华北地台北缘燕山台褶带与内蒙地轴过渡部位,尚义—崇礼—赤城深大断裂南约8公里,水泉沟碱性杂岩体南内接触带中。岩体内的NWW向(中山沟—上水泉)断裂严格控制着金矿床的分布,其次级NNE、NE及NW向断裂为储矿构造。金矿脉多赋存于隐伏的NNE和NW向两组断裂的交汇部位。上部为含金石英脉型,中部为石英脉+硅钾化蚀变岩型,而下部则为含金蚀变岩型。金成矿与上太古界桑干群变质岩基底和碱性杂岩体形成演化密切相关。

矿区出露地层主要由麻粒岩相-角闪岩相一套变质岩石组成。水泉沟碱性杂岩体由角闪二长岩、二长岩、石英二长岩和正长岩组成。断裂发育,严格地控制着矿体产状、规模及分布。区内已发现矿脉70余条,其中1、2、3号脉群及22、70号脉带矿化强、规模大。尤以1号脉群及70号脉带为最有望发展成超大型金矿床。金矿床类型有石英脉型+蚀变岩型和破碎带蚀变岩型。金矿石属贫硫化物类型,矿物组合有黄铁矿、褐铁矿、方铅矿、黄铜矿、闪锌矿、自然金和碲金矿。主要载体矿物有石英、黄铁矿、方铅矿等。石英脉、黄铁矿、钾长石化和绢英岩化可视为找矿标志。

2 地球化学、物理特征

2.1 地球化学特征

^① 收稿日期 1997-03-17

为了掌握东坪金矿床元素分布分配特征,在 30 平方公里矿区范围内开展了 1/万土壤和岩石地球化学测量,摸清区内金矿特征、元素组合及与金的相关性,为扩大矿区远景提供了重要靶区。从 10 件样品元素相关分析得出结果看出(图 1)Au-Ag 相关性最好, ($R_{Au,Ag} \approx 0.8$) 表明 Au、Ag 相互依存。Au/Ag 在 5:1~10:1 范围内,Au 与 Cu、Pb 相关性较差,V、Ti、Mn 则与 Au 不相关,但在矿石中偶尔也能见少量穆铁矿和钒钛磁铁矿与 Au 共生,表明该矿床元素组合有其独特的规律。

基岩中微量元素含量(表 1)各异。上太古界涧沟河组、花家营组地层金的平均含量较高,高出地壳金丰度值 1~3 倍,与金相关的 Cu、Pb、Zn、Mo、Ba 等元素含量也偏高,混合岩中金的平均含量最高为 10×10^{-9} ,Ag 为 123×10^{-9} ,Cu、Pb、Zn 含量低,变粒岩、片麻岩中金的平均含量接近 8×10^{-9} ,Ag 为 97×10^{-9} 。而 Cu、Pb、Zn

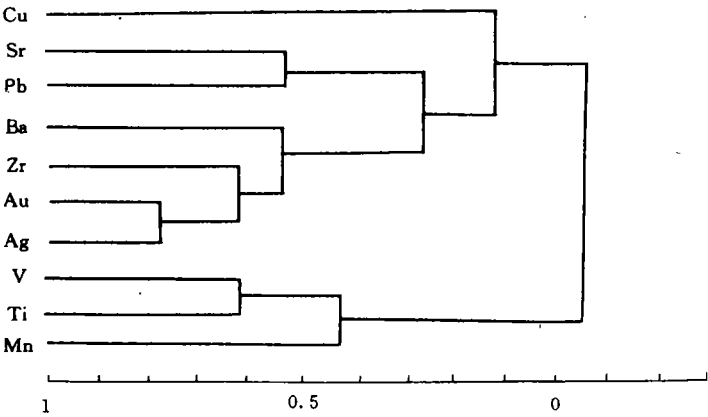


图 1 东坪金矿床微量元素相关谱系图
Fig. 1 Pedigree of micro-elements in Dongping Au deposit

含量较高,麻粒岩金含量低,平均 4×10^{-9} ,Ag 最高为 134×10^{-9} ,Cu、Pb、Zn 含量中等。说明在混合岩化过程中,微量元素发生活化、迁移,使金元素重新分异,并为金矿提供了部分物质来源。因此认为东坪金矿属岩浆-混合岩化热液充填及交代型金矿床,是混合岩化、岩浆演化的产物,具有多期多源成矿特征。从岩浆热液与金的富集规律上分析,金易在岩体内外接触带 Ba、Sr 的低值区富集成矿,这就明确地指示了找矿方向,认为窑湾子以南的化探低缓异常区应是成矿有利地段。

2.2 地球物理特征

(1)东坪矿区岩、矿石电阻率特征明显(表 2)。从表中看出含金石英脉与围岩(石英二长岩、二长岩)电性差异较大,即含金石英脉电阻率平均值为 $7000 \Omega \cdot m$,极小值 $482 \Omega \cdot m$,极大值 $178165 \Omega \cdot m$ 。高出围岩 10~30 倍之多,但总体表现为高电阻率,而蚀变岩中电阻率变化范围小,如 70 号脉,平均值 $7288 \Omega \cdot m$,极小值 $2705 \Omega \cdot m$,极大值 $13870 \Omega \cdot m$,因硅化程度强,易形成较高的电阻率。

表 1 区域地层微量元素平均含量表

Table. 1 Everage contents of micro-elements in regional strata

层 位	样品 数量	平 均 含 量													
		Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Mo	As	Mn	Ti	Ba	Cr	Ni	V	
中生界侏罗系	7	3.8	140.0	7	19	69		0							
上元古界长城系	8	0.8	86.0	49	21	27		0							
下元 古界	红旗营子组 Arh	15	0.7	58.00	38	10	237		<1						
上太 古界	南沟河组 Arg4	31	7.0	116	57.55	22.26	77.42	77.4		712.90	4774.19	932.26	90.32	63.73	224.84
	花家营组 Arg3	41	9.3	212.4	25.54	48.78	70.73	4.88		531.23	3792.68	1141.84	45.61	27.80	153.41
	水地庄组 Arg2	32	1.1	/	31.75	15.00	53.44	5.00		459.38	3190.63	1056.25	97.81	50.31	217.50
	西葛峪组 Arg1	38	1.1	/	38.00	12.29	23.95	5.13		281.58	2110.53	900.53	68.68	24.74	152.37

注:1. 表中元素含量单位:Au,Ag为×10⁻⁹,其他元素为×10⁻⁶
2. 据河北省地矿局地质三队资料。

表 2 东坪金矿区岩、矿石物性参数测定表

Table. 2 Physical property measurement of rocks and minerals in Dongping Au Mine

类别	矿体号	块数	岩性	电阻率 (Ω·m)		极化率 η(%)		硅化率 K	剩磁 J.	γ-K (N/cm³)
				平均值	范围	平均值	范围	平均值	平均值	平均值
围岩		22	片麻岩	1485	126~7335	1.48	0.4~2.8	0.21	0.14	2.94
		10	片麻岩捕掳体	1528	79~2844	3.90	1.5~18.5	1.97	0.78	3.71
		12	角闪二长岩	860	43~1509	1.89	0.8~3.8	0.53	0.04	3.95
		30	二长岩	1731	482~5373	1.92	0.9~3.1	0	0	3.79
		30	石英二长岩	4508	1172~9788	1.60	0.9~2.9	0	0	3.36
单脉型	2	14	石英脉矿石	5526	1114~24875	2.14	1.0~8.1	0	0	3.12
		12	蚀变围岩	1202	399~1508	1.98	0.9~3.5	0	0	4.04
	3	10	石英脉矿石	4543	650~11056	1.42	0.4~2.3	0	0	3.24
		11	蚀变围岩	921	453~1800	2.57	0.3~3.8	0	0	3.81
	22	12	石英脉矿石	31081	5932~142734	2.52	0.5~5.8	0	0	2.65
		12	蚀变围岩	747	104~2538	6.88		0	0	4.04
蚀变岩型	1	25	石英脉矿石	33596	846~178165	2.65	0.3~31.8	0	0	2.91
		20	蚀变带	814	258~1852	2.18	1.5~3.6	0	0	4.59
	70	13	蚀变岩型矿石	7288	2705~13870	2.12	1.3~3.3	0	0	3.93

注: N 为计数率, 只表示相对数量, 无量纲。

(2)区内矿石属贫硫化物型,一般中低极化率,含金地质体与围岩的极化率差异较小(表2),一般矿石极化率的平均值相差均<1%。其中含金石英脉中含较多金属矿物时,极化率高出围岩,标准差较大。矿化蚀变带略高于二长岩类围岩,电性差别较小,由于矿化蚀变带规模大,内含一定的石英脉矿体,所以该类蚀变带是矿区引起视极化率的主要地质体,这种微弱而又稳定的差异为激发极化法在该区的应用提供了确切依据,因此说极化率异常就是找矿的目标体。

2.3 γ能谱特征

东坪金矿围岩蚀变发育,钾长石化、硅化与矿化密切相关。钾长石化、硅化蚀变岩金品位一般 $3 \times 10^{-9} \sim 4 \times 10^{-9}$, 最高达 48×10^{-6} 。近矿围岩中除 K 外还存在两种放射性元素 U 和 Th。在成矿过程中多期次热液活动、蚀变作用造成 K、U、Th 三种元素在配比分布上有独特的规律。K 聚集带规模比 U、Th 聚集带大而广,在矿脉上及近矿围岩蚀变带中,K 高而 U、Th 相对偏低。而在超变质作用中,若有深源碱质流入时则 U 和 Th 在交代岩中相对富集,使得 K、U、Th 三种天然放射性元素与金形成稳定的关系。因此,通过 K、U、Th 含量变化研究矿体(化)在空间分布关系,实现间接找矿的目的。

2.4 磁性特征

岩体中除角闪二长岩具一定弱磁性,其余蚀变岩及矿石均无磁性。

3 物化探方法在矿区的应用

3.1 地球物理异常特征

3.1.1 视电阻率异常特征

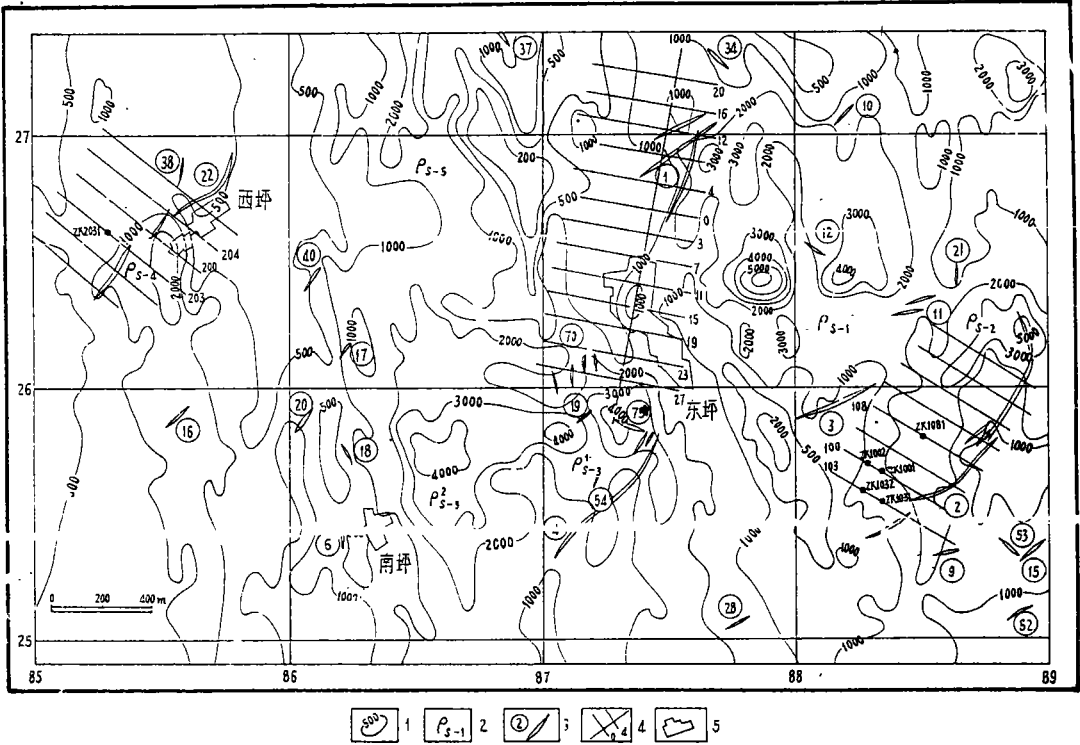
在矿区 10 平方公里内开展 1/万测网 $100 \times 20\text{m}$ 电法测量,圈出六个高阻异常带(图 2)。均呈北西向展布。这些异常带与已知矿带对比,发现异常带与金成矿过程中形成的硅化程度有关,金矿脉多分布高阻异常带边缘。其中 22 号脉视电阻率不高,走向近南北,一般为 $1000\Omega \cdot \text{m}$,最高 $2400\Omega \cdot \text{m}$ 。1 号脉上盘伏盖的 $\rho_{\text{s}}-6$ 号高阻异常与 22 号脉相比电阻率更低,一般 $500 \sim 1000\Omega \cdot \text{m}$ 。最高值在 1 号脉出露部位为 $3000\Omega \cdot \text{m}$ 。由于 1 号脉 1622 米标高以石英脉为主,所以出现高阻异常,而下伏即 1538~1464m 标高为石英+钾化蚀变岩型或复脉+网脉+钾化蚀变岩型,所以异常反应越来越不明显。目前除 5 号高阻异常未发现工业矿体外,其余 5 处高阻异常分别与 1、3、2、70 号及 22 号脉带(群)基本吻合。其中 3 号异常带长 2000m,宽 400m,走向 320° , ρ_{smax} 为 $1 \times 10^3\Omega \cdot \text{m}$,为正常场的 10 倍,与 70 号脉深部矿体走向一致,经工程验证(CD10、ZK191、ZK193)均见到厚大的工业矿体。

3.1.2 视极化率异常特征

区内以 1.0% 和 1.3% 为异常下限,圈定 11 处异常,异常主要分布该区矿化集中区,呈北西向展布,与矿体总体矿化特点相一致。异常源主要由矿体及两侧蚀变岩引起,均为中弱异常,其形态、规模基本与已知矿脉(带)的赋存状态和规模一致。

东坪矿区矿石类型为硅钾化蚀变岩和石英脉两种。石英脉以 2、22 号脉为代表,与 $\eta_{\text{s}}-2$ 、 $\eta_{\text{s}}-11$ 异常相对应。因矿体规模小,矿化不均匀,所以引起 η_{s} 异常强度和规模也小(异常只有 1.0%~1.5%,宽度小于 200 米),异常形态对称无负异常,与矿脉出露位置大致对应,与稳定的背景值对比,异常识别较清楚,因矿化蚀变不均匀,部分异常尚不能完全控制走向长度与规模。

复脉、蚀变岩型,以 1、70 号脉为代表,矿化基本以脉群或密集节理带形式出现,规模大,多以盲矿体形式赋存,可引起 η_{s} 强度 1.3%~1.5% 的异常,局部大于 20%,宽度达 500 米左右,其下盘常出现负异常区。如 1、70 号脉群和 $\eta_{\text{s}}-1$ 和 $\eta_{\text{s}}-5$ 异常。该类异常规模、形态与矿脉赋存



1. 视电阻率等值线 单位 $\Omega \cdot m$ 2. 视电阻率异常编号 3. 矿脉编号 4. 勘探线及编号 5. 居民点

图 2 东坪金矿视电阻率异常特征

Fig. 2 Apparent resistance features of Au ore bodies in Dongping Au Mine

状态基本相一致。

3.1.3 地面磁异常特征

矿区可分为两种磁场,磁异常总体展布为北西向,说明岩体成岩、成矿作用过程中受北西向构造控制。其中北部异常弱,但平稳,一般 $0 \sim 200nT$ 。南部异常强度大而零乱,强度大于 $400 \sim 1200nT$,反映了岩体与片麻岩接触线比较复杂性和片麻岩中磁铁矿分布的不均匀性。

3.1.4 地面 γ -能谱异常特征(图 3)

表 3 金异常验证结果表

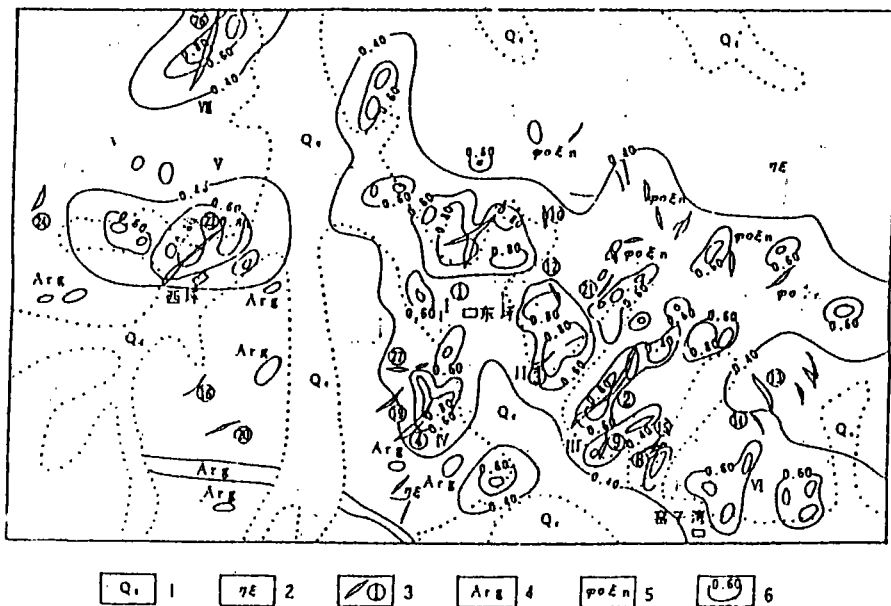
Table 3 Check of Au anomaly by drilling, aditing

异常编号	验证方法	金品位($\times 10^{-9}$)	矿脉编号
Au-4	槽探	36.9	10
Au-5	槽、坑、钻探	平均品位 7, 普查储量 $\times \times$ 吨	70
Au-6	槽、坑、钻探	40	盲矿
Au-7	槽、坑探	15	81, 82
Au-9	槽、坑、钻探	平均品位 8	22
Au-14	钻探	2.9	盲矿

东坪金矿 γ 能谱测量面积 40 平方公里,是用 $100 \times 50(10)m$ 测网,圈出 7 处能谱异常(图 3)。异常形态最大特点是客观反映了矿脉”体的大致走向。其中 I、II、IV、V 为较大异常,呈 U 字型北西向展布。II、IV 异常与电法 ρ_s-3 高阻异常带吻合,两种异常反映了矿脉产状特征。根据地质学观点认为,如果东坪金矿属于张性断裂,在导矿与储矿通道的某一深度可能存在矿源结。验证结果 CD10 见矿厚累计达 70 余米,最厚一层 47.3m,而地表仅见到几至十几厘米,因此 II IV 异常交结端部应为矿脉膨大部位的客观反映,这一信息为工程验证提供了依据。

3.2 化探异常特征

在矿区 30 公里范围内开展 1/万土壤测量,以 4×10^{-9} 为异常下限圈异常 15 处,矿脉集中区圈出 9 处异常(图 4),异常形态展布方向与矿脉基本一致,异常位于矿脉边缘,位移 60~100m。异常强度及规模反映矿体规模。



1. 第四系 2. 正长岩,石英正长岩 3. 石英脉及编号 4. 角闪斜长片麻岩夹斜长角闪岩 5. 角闪正长斑岩 6. γ -能谱异常等值线

图 3 东坪金矿区 γ -能谱晕等值线图

Fig. 3 Isoline of γ -spectrum halo in Dongping Au Mine

Au—1、2、3 号异常为已知脉 1、2、3 号脉群引起,异常强度最大 200×10^{-9} , Au—5 异常与 70 号脉群相对应。4、6、7、9、14 号异常规模,强度也较大,工程验证均见矿(表 3),是有价值的矿致异常。而 0、12、13 号异常表征为低缓异常,因其处于第四系覆盖层中,是寻找隐伏或盲矿体的有望靶区。各异常特征见表 4。

3.3 原生晕异常特征

通过对 470 件坑道及钻孔原生晕样品测量结果,东坪金矿体具有下列地球化学异常特征。

(1)元素组合有四种类型: Au、Pb、Mo 组合; Au、Pb、Ag 组合, Au、Ag、Te 组合与 Au、Mo、Pb、Zn、Ag、As、Si、Bi 组合。从元素组合来看,各脉略有不同,石英脉型金矿石较复杂,蚀变岩型较简单,北部较复杂,南部较简单。

(2)元素的轴向分带: 1500 米标高以上为: As、Cu、Pb、Au、Sb、Ag、Bi、Hg 和 Mo,下部为 As、Hg、Cu、Pb、Au、Zn、Ag、Sb、Mo、Bi。

(3)元素的纵向分带: 北部(7 线以北): Au、Pb、Zn、Sb、Cu、Mo,南部为 Au、Cu、Ag、Te 组

合。

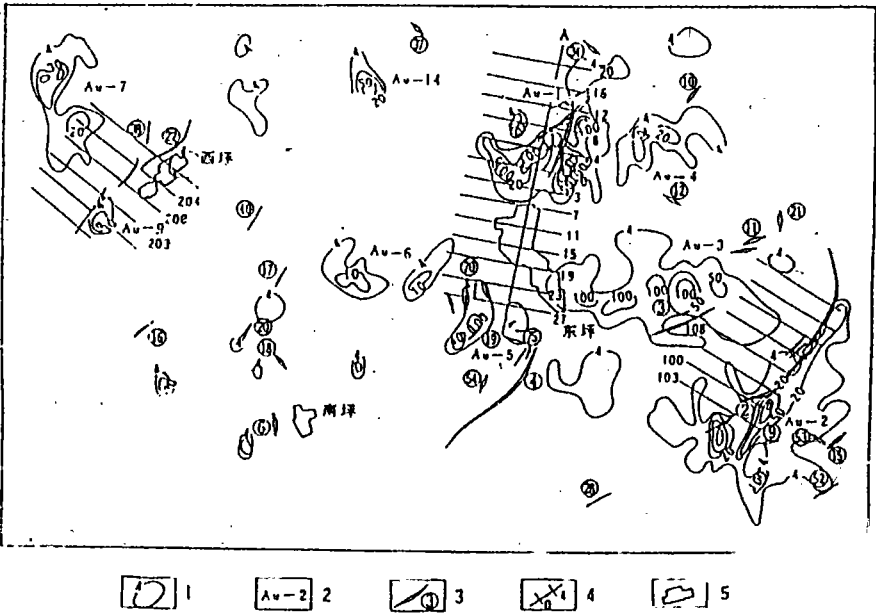
(4)横向分带: 内带 Au、Ag、Mo; 中带 Cu、Bi、Zn、Sb; 外带 Pb、Hg、As。

(5)盲矿体判断: $Cu + Pb + Zn/Mo > 2$

矿头及前缘晕: As、Cu、Ag、Pb 组合

中部晕: Au、Pb、Zn、Sb、Ag 组合

尾晕: Bi、Hg、Mo 组合



1. Au 含量等值线 2. Au 异常编号 3. 矿脉及编号 4. 勘探线及编号 5. 居民点

图 4 东坪金矿区土壤测量 Au 含量(10^{-9})等值线平面图

Fig. 4 Isoline plan of soil sampling in Dongping Au Mine

表 4 东坪金矿主要 Au 土壤测量异常统计表

Table 4 Major soil anomalies

异常编号	异常面积 (Km^2)	异常点数	平均值 $\times 10^{-9}$	极大值 $\times 10^{-9}$	异常形态	地质情况与推断解释
Au-1	0.17	85	39.56	>200	双中心, 北北东向	与 1 号脉上盘、下盘对应
Au-2	0.39	199	14.06	>200	北东走向, 条形	与 2 号脉走向、长度对应
Au-3	0.29	146	22.36	>200	近东西向, 椭圆	部分地段的 3 号脉
Au-4	0.07	37	9.73	50	主体北东向	与 1 号下盘已知脉对应
Au-5	0.05	26	14.23	100	南北向, 条形	与 70 号脉群已知脉对应
Au-6	0.07	37	6.78	25	两个小异常	
Au-7	0.10	49	20.96	150	南北向, 双中心	22 号脉北西部位覆盖, 推断矿引起
Au-9	0.02	8	42.00	200	圆形	22 号脉部分地段
Au-14	0.02	8	21.3	150	半变异常, 南北向	第四系覆盖, 推断矿引起

4 综合物化探方法的应用效果

通过对东坪金矿区进行物化探工作,捕获了一些物化探异常,经工程验证,取得明显的地质效果(表3),证明综合物化探方法在东坪金矿区的应用,寻找隐伏和盲矿脉(体)是成功的。

土壤测量 Au 异常,基本反映 Au 元素在本区的分布分配规律,以与 Au-1、Au-2、Au-3、Au-9 异常对应的 1、2、3、22 号脉看,电法、 γ 能谱在相应的位置也有明显异常与其吻合。如 1 号脉群上盘有极化率 η_s 、电阻 ρ_s ,土壤测量 Ht 异常, γ 能谱 K 道异常几种异常叠加,其它金矿脉也有类似的反应。如 70 号脉除以上异常存在外,还与高阻异常吻合,主要是 70 号脉以硅钾化为主,所以能引起高阻异常。从这推论,土壤测量 3、5、6、7、8 与 1、70 号脉都有类似的物化探特征,所以还可找到新的金矿脉。

鉴于上述找矿信息,建立四高一低的找矿概念模型,即 Au 含量高, η_s 、 ρ_s 高,K 高,U 低,Ht 不定的综合异常为矿致异常。

5 几点认识

(1)随着地勘工作深入,露头矿越来越少,找矿难度越来越大,充分利用地、物、化进行找矿已成为最佳举措。东坪金矿的发现就是根据河流重砂资料追踪异常源找到的,在地质勘查过程中,物化探提供的多种找矿信息,为进一步开展地质工作,扩大矿区远景奠定了基础,是综合方法找矿成功的实例。

(2)东坪金矿具有适宜的景观地球化学条件及有利的物性前提,土壤及岩石化学测量有效地圈定矿化范围,电阻率、极化率能够反映三维硅钾化蚀变体,两种方法异常重叠吻合,即是靶位或目标体。

(3)东坪金矿钾化蚀变与金矿化密切相关。因此, γ 能谱测量对区内找矿工作起到狭缩靶区的作用。 K^{40} 异常区即为找矿靶区。

参考文献

- 1 王学芳. 河北省崇礼县东坪金矿地球物理、地球化学找矿模型评价指标的研究及预测. 1993
- 2 中国人民武装警察部队黄金第八支队. 河北省崇礼县马丈子乡东坪金矿区 70 号脉普查地质报告. 1993 年
- 3 中国人民武装警察部队黄金指挥部. 河北省东坪碱性杂岩岩金矿地质.《中国黄金地质丛书》之三,1996

EFFECT OF GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL METHODS USED IN DONGPING Au MINE

Zhao Tianxin Gong Yuanji

(The 8th Gold Branch of Police Army)

Abstract

Dongping Gold Deposit is a typical Au deposit in the Dongping style gold deposits. Ore-searching method research on it and the explorational summary are of importance for paractice of guiding ore searching and theroy of metallogeny.

The deposit occurs in the inner contact of alkaline intrussive as a large Si-K alteration type of Au deposit. Geophysial and geochemical methods are integrated during the exploration, such as secondary halo, IP, intermediate gradient, γ -spectrum survey which throw highlight on mineralized boides. The integration is very help to geology and ore-searching in North Heibei Provine.

Key words: Dongping Au Mine physicochemical feature application effect.