

文章编号:1672-4461(2004)02-0058-04

甘肃西秦岭甘加-八松地区金矿  
地球化学特征及找矿标志

王克军

(甘肃省有色地质勘查局 天水总队, 甘肃 天水 741020)

**摘要:**通过对甘加-八松地区金矿地球化学特征的研究,认为该区具有巨大的金矿找矿前景。提出了该区找金以中低温热液构造破碎蚀变型,石英脉型为远景矿化的主要类型。指出了二叠系、下三叠统地层为主要矿源层,构造破碎带是金成矿的先决条件,侵入岩体为Au元素的活化、迁移提供了热源及水系沉积物异常为特征的综合找矿标志。

**关键词:**地球化学特征;找矿标志;金矿;甘加-八松

**中图分类号:**P632

**文献标识码:**A

## 1 区域地质概况

甘加-八松地区位于西秦岭秦-昆构造的中部,地层出露单一,变质作用强烈,燕山期侵入岩十分发育。该区矿产丰富,金化探异常多。

测区位于秦-昆构造的中部,属祁吕弧型西翼褶皱带断裂和秦岭东西复杂构造的结合部位。

## 1.1 地层

区内出露地层主要为二迭系、下三迭统、第三系及第四系,地层总体展布呈NW向,平行区域构造线见图1。

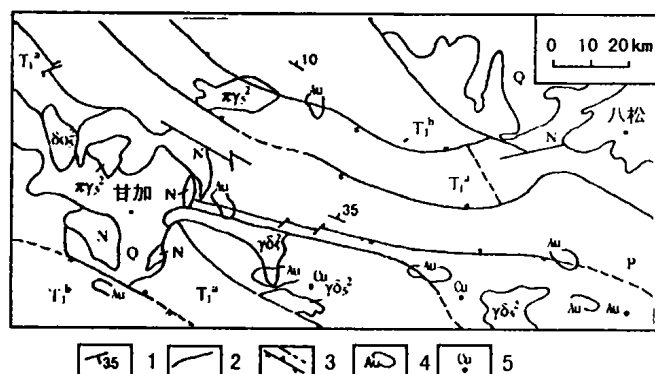


图1 甘加-八松地区地质化探简图

Q-冲洪积砂砾岩、砂土;N-粘土岩; $T_1^a$ -板岩、长石石英砂岩夹灰岩; $T_1^b$ -板岩、粉砂岩、砂岩;P-灰岩、碎屑岩夹板岩; $\gamma\delta_3^2$ -花岗闪长岩; $\pi\gamma_3^2$ -斑状花岗岩; $\delta\sigma_3^2$ -石英闪长岩;1-地层产状;2-地层界线;3-实测及推测断层;4-金异常;5-矿(化)点

二迭系(P):主要分布于该区中部,受达麦-合作、且隆-前东海区域断裂控制,呈NW、近EW向横贯全区。岩性主要为粉砂质板岩、长石石英砂岩、灰岩及灰砾岩。

下三迭统( $T_1$ ):主要分布于达麦-合作断裂以南及且隆-三岔沟与达里加垭-土门关断裂之间,呈NW向带状分布。分为 $T_1^a$ 和 $T_1^b$ 两组, $T_1^a$ 为青灰色粉砂质板岩、泥质板岩、粉砂岩夹少量灰岩; $T_1^b$ 为灰色泥质板岩、粉砂质板岩、长石石英砂岩、长石砂岩夹灰岩及灰砾岩。

第三系(N):主要为红色粘土岩,在区内零星出露。

第四系(Q):为冲洪积砂砾岩、砂土。

## 1.2 构造

区内构造复杂,以发育的断裂构造为主,褶皱构造次之。祁吕弧型西翼褶皱带位于秦岭东西复杂构造带内,为复式不对称紧密褶皱。断裂主要为祁吕弧型西翼褶皱带断裂,由甘加-八松断层、观音大庄-得木强冲断层、切隆沟-得木强斜冲断层等组成,断层走向为NW、近EW向。这些近似平行的数条断层与秦岭东西复杂构造带之复合部位往往是金矿(化)点形成地有利地位。

## 1.3 岩浆岩

区内岩浆活动强烈,以燕山期中酸性侵入岩为主,大多分布于祁吕弧型西翼褶皱带断裂中,少数位于秦岭东西复杂构造带内。岩性主要为花岗闪长

收稿日期:2003-12-09

作者简介:王克军(1967-),男,化探工程师,1992年毕业于桂林工学院化探专业。

岩、石英闪长岩,多呈岩基、岩株产出。岩体富含 Cu、Pb、Zn、Sb 等微量元素和毒砂、黄铁矿、方铅矿等重矿物。伴随着岩浆多次侵入活动,为金矿的形成提供了源源不断的热动力,促进了地层深浅各部的矿源热液的运移和沉淀,形成了与岩浆热液有关的金及多金属伴生矿床,金矿(化)点多分布于岩体的内外接触带上。

#### 1.4 矿产

区内矿产资源丰富,已知矿点十多处,以 Cu、Fe 为主,兼 Cu、Fe、Pb、Sb、W 等有色金属矿种及金矿。金矿(化)点主要产于二叠系粉砂质板岩、长石石英砂岩与燕山期花岗闪长岩体(脉)接触带中,明显受

祁吕弧型西翼褶皱带断裂与秦岭东西复杂构造带的控制。

## 2 地球化学特征

### 2.1 地化背景特征

对该区内岩石地化参数研究,统计结果见表1。

本区 Au、As 平均值高于全国平均值,它们的富集系数( $F_{gx}$ )均大于1.5,分别为2.45、1.74,表明在区内明显富集;Ag、Sb 的平均值分别为1.02、1.36,表明在区内为次生富集元素;其余元素平均值均低于全国平均值,其  $F_{gx}$  值界于0.34~0.99之间,表明它们在区内为不富集或贫化元素。

表1 元素地球化学参数统计

参 数	Cu	Pb	Zn	Ag	Cd	Mo	Be	Au	Hg	As	Sb	W
最大值 MAX	72.1	64.5	281	180	2	97	20.5	201	172	608	446	15.5
背景值 $X_0$	20.4	20.7	67.1	93.7	0.17	0.68	2.25	4.12	23.7	15	1.0	1.9
平均值 X	20.5	21	67.1	95	0.17	0.78	2.27	4.98	24.1	23.1	1.93	1.5
标准离差 $\delta$	3.95	3.72	13.8	61.1	0.06	1.79	0.56	8.51	9.35	3.41	10.4	0.47
变异系数 $C_v\%$	19.3	17.7	20.6	64.4	36.4	230.1	24.6	171	38.8	148	536.3	31.2
富集系数 $F_{gx}$	0.8	0.72	0.87	1.02	0.64	0.69	0.99	2.45	0.34	1.74	1.36	0.71
全国平均值	25.6	29.2	77.2	93.8	0.26	1.13	2.28	2.03	69.1	13.3	1.42	2.73

注: Au、Ag、Hg 为  $\times 10^{-9}$ , 其余元素为  $\times 10^{-6}$ , 全国平均值据任天祥(1996)

以变异系数( $C_v$ )来衡量元素分布均匀性: $C_v > 100\%$  的元素有 Au、Mo、As、Sb, 为极不均匀型元素; $C_v 50 \sim 100\%$  的元素有 Ag, 为不均匀元素;其余元素为均匀型元素。显然,元素含量分布愈不均匀,局部富集成矿的可能性愈大;分布愈均匀的元素,反应受成岩作用控制愈明显,富集成矿的可能性愈小。

Au 元素  $C_v 171\%$ , 为极不均匀元素,局部富集成矿的可能性很大,水系沉积物异常见图1。除金之外,As、Sb、Mo 同样有局部强富集的迹象。

### 2.2 地层元素分布特征

#### 2.2.1 水系沉积物中元素分布特征

该区各地层普遍富集 Au、As 等元素,Ag、Sb 等元素在个别地层中富集,Cu、Pb、Zn 等元素贫化。富集系数介于1.21~2.16之间,变异系数介于36~51%的 Au 元素在本区地层中普遍富集,说明该区有一定的金矿源,是寻找金矿资源的有利地段。Sb 元素的变异系数普遍比金高,且与 As、Ag 成正相关,说明 Sb 元素具独立成矿和找金的潜在价值。N 相对富集( $F_{gx} > 1$ )的元素为 Au; $T_1^b$  相对富集( $F_{gx} > 1$ )的元素为 Au、As、Ag、Be; $T_1^a$  相对富集( $F_{gx} > 1$ )的元素为 Au、As。P 地层相对富集的元素为 Au、As、Sb 等。总之,本区相对富集 Au、As、Be、Ag、Sb, 贫 Pb、Zn、Cd、W。因此,在本区地层中,当发现 Au、

As、Sb、Ag 等元素综合异常时,应当成为寻找金矿的目标。见表2。

#### 2.2.2 异常组合特征

该区金矿点元素组合主要以 Au、As、Sb、Ag 为代表,矿物组合为金矿物、砷矿物、硫矿物,明显具有中低温热液特征。金矿点元素含量与元素组合一致,具有以金为主的综合异常。每个金矿点除主成矿元素为特高含量外,还普遍伴生高含量的 As、Sb、Ag 及低含量的 Cu、Pb、Zn、W、Cd 等元素,As、Sb 与金矿(点)关系特别密切,Ag、Hg、Pb 与金铜矿点密。

通过1/10万水系沉积物测量,共获得6个主要异常区,其元素组合如下:(1)清水 Ag、Hg、Sb 组合;(2)红墙 Ag、As、Sb、Hg、Cu、Co、Ni、V 组合;(3)三索麻 Au、As、Sb、Ag、Bi、Cr 组合;(4)小峡 Au、Hg、V、Zn 组合;(5)许乌 Au、As、Sb、Bi、V 组合;(6)麻莲滩 Au、As、Ag、Sb、Be、Pb 组合。对其中(1)、(2)、(3)号异常区采用沟系次生晕普查31 km<sup>2</sup>,发现品位达3.1 g/t 的矿体1条,表明地球化学找矿效果良好。

### 2.3 侵入岩水系沉积物中元素分布特征

该区在花岗岩体水系沉积物中的元素平均值在岩体出露区具有明显的两个极富集、分异的变化趋势,一是 Au、Ag、As、Sb 元素的平均值较高,属于富集型元素;二是 Hg、Bi 等元素富集系数小于0.7,属

贫化元素;其余元素富集系数介于0.85~0.95之间,属区域低丰度元素,见表3。

总之,Au、As、Sb、Ag等元素的富集与花岗闪长

岩体关系密切,因此,该区出露的花岗闪长岩体(脉)是寻找金矿的主要标志之一。

## 2.4 岩石地球化学特征

表2 地层水系沉积物地球化学参数统计

地层	参数	Cu	Pb	Zn	Ag	Cd	W	Mo	Be	Au	Hg	As	Sb	Bi	Sn
N (n=20)	X	19.10	20.52	58.15	86.20	0.15	1.87	0.62	2.18	3.75	24.87	12.20	1.28	0.25	3.47
	N	0.76	1.08	2.33	6.05	0.02	0.52	0.24	0.40	1.35	2.58	2.07	0.15	0.05	1.21
	Cv(%)	4.0	5.0	4.0	7.0	13	28	39	18	36	10	17	12	20	35
	Fgx	0.74	0.70	0.75	0.91	0.58	0.68	0.87	0.97	1.85	0.36	0.91	0.90	0.50	0.84
T <sub>I</sub> <sup>b</sup> (n=120)	X	20.6	21.00	67.7	105.2	0.18	2.04	0.69	2.32	4.38	23.12	19.18	1.36	0.24	3.48
	T <sub>I</sub> <sup>b</sup>	1.23	1.47	2.70	6.31	0.03	0.69	0.42	0.41	1.79	2.77	4.02	6.41	0.05	1.25
	Cv(%)	6.0	6.0	4.0	6.0	16	34	61	18	41	12	21	472	21	36
	Fgx	0.81	0.72	0.88	1.12	0.69	0.75	0.97	1.02	2.16	0.34	1.44	0.94	0.48	0.84
T <sub>I</sub> <sup>a</sup> (n=50)	X	20.3	21.19	67.1	89.82	0.16	1.90	0.72	2.18	3.43	22.64	16.25	1.37	0.25	2.68
	T <sub>I</sub> <sup>a</sup>	1.22	1.06	2.69	5.39	0.02	0.48	0.61	0.41	1.75	2.49	3.58	25.2	0.06	0.91
	Cv(%)	6.0	5.0	4.0	6.0	15	25	84	19	51	11	22	1838	25	34
	Fgx	0.81	0.73	0.87	0.96	0.62	0.70	1.01	0.96	1.69	0.33	1.26	0.73	0.49	0.65
P (n=30)	X	18.40	19.54	74.8	86.40	0.12	1.86	0.38	2.33	3.06	19.33	16.08	1.04	0.27	2.68
	P	1.47	1.46	3.09	3.75	0.02	0.98	0.21	0.25	0.95	2.79	0.07	2.79	0.06	0.51
	Cv(%)	8.0	5.0	4.0	4.0	9.0	36	56	11	47	14.4	21	268	24	19
	Fgx	0.72	0.67	0.97	0.92	0.49	0.68	0.53	1.02	1.51	0.28	1.21	0.73	0.55	0.65
平均值		25.5	29.17	77.1	93.82	0.26	2.73	0.71	2.28	2.03	69.06	13.29	1.42	0.50	4.13

注: Au、Ag、Hg为 $\times 10^{-9}$ ,其余元素为 $\times 10^{-6}$

表3 侵入岩地球化学参数统计

岩体	参数	Cu	Pb	Zn	Ag	Cd	W	Sn	Mo	Bi	Be	Au	Hg	As	Sb
n=20	X	21.6	25.5	73.5	121.5	0.32	2.34	2.71	0.80	0.31	2.13	5.59	21.7	48.37	2.47
		0.10	0.11	0.07	0.23	0.16	0.16	0.16	0.11	0.15	0.05	0.34	0.15	0.47	0.55
	Cv(%)	10.0	8.0	4.0	11.0	25.0	43.0	36.0	119	10.0	16.0	46.0	11.0	28.0	140
	Fgx	0.9	0.87	0.95	1.29	0.87	0.86	0.66	0.71	0.62	0.93	2.75	0.13	0.64	1.74
	平均值	25.6	29.2	77.2	93.8	0.26	2.73	4.13	1.13	0.50	2.28	0.50	69.1	13.3	1.42

注: Au、Ag、Hg为 $\times 10^{-9}$ ,其余为 $\times 10^{-6}$

各类岩石中微量元素含量见表4。由表可以看出,成矿元素Au、Sb、As在构造蚀变破碎带和石英脉中含量最高,在近矿围岩(石英闪长岩)中含量次之。说明石英闪长岩体(脉)对成矿元素的迁移、活化与再富集有较大影响,有利于金的富集成矿。因此,含金石英脉和石英闪长岩体(脉)将成为本区重要的找矿标志。

志。

## 3 找矿标志

通过对该区现有金矿的地质、化探资料的分析、总结,提出了本区寻找金矿资源的找矿标志,见表5。

表4 岩石中元素平均值含量

岩性	Cu	Pb	Zn	Ag	Cd	W	Sn	Mo	Bi	Be	Au	Hg	As	Sb
砂岩	15.6	17.5	60.5	72.1	0.09	1.5	3.2	0.9	0.32	2.2	2.86	17.3	7.8	1.2
板岩	12.3	32.8	75.1	63.0	0.09	1.7	3.7	0.5	0.48	2.5	2.8	14.4	15.5	1.98
灰岩	8.5	21.0	33.1	64.7	0.09	0.5	1.8	0.4	0.25	1.7	2.18	25.1	10.4	1.17
花岗闪长岩	14.8	37.0	52.0	61.0	0.07	1.7	5.6	0.4	0.96	3.8	3.5	19.0	40.8	4.1
石英闪长岩	5.9	12.5	65.1	70.0	0.30	0.8	2.7	0.6	0.12	2.0	43.7	53.7	52.0	1.8
石英脉	42.3	11.5	5.8	15.5	0.04	2.3	4.6	1.3	100	98.0	240	21.0	198	18.0
蚀变破碎带	12.1	5.7	19.5	63.8	0.04	0.05	1.5	0.9	0.14	2.5	265	58.0	129	21
平均值	38.0	15.0	86.0	50.0	0.05	2.4	4.1	1.6	0.19	4.4	2.25	80.0	1.9	0.15

注: 中国陆壳平均值(据黎彤1993), Au、Ag、Hg为 $\times 10^{-9}$ ,其余为 $\times 10^{-6}$

表5 甘加-八松地区金矿(化)体的找矿标志

类 别	找 矿 标 志
地质	地层 二迭系(P),下三迭统( $T_1^*$ , $T_1^b$ )为主要的赋金层
	构造 NW向断裂破碎带与秦岭东西复杂构造之复合部位
	岩浆岩 燕山期花岗闪长岩体(脉)的内外接触带
	蚀变 硅化、黄铁矿化(地表次生而成的褐铁矿化)、绢云母化、碳酸盐化及毒砂化等
化探	1/10万区域化探异常,异常面积大,浓集中心明显;特定元素组合 Au、As、Ag、Sb(Pb、Zn、W、Cr、Cu、Hg)。

## 4 结 语

甘加-八松地区处在秦-昆东西构造带,属祁吕弧型西翼褶皱带断裂与秦岭东西复杂构造结合部位,具有形成金矿的有利时空地质背景。金矿化在空间上与构造蚀变破碎带、石英闪长岩体(脉)呈正相关,说明构造是本区金成矿的先决条件。燕山期多期次的岩浆活动为 Au 元素的活化、转移、富集提供了热源。其中低温热液构造破碎蚀变型、石英脉型是本区金矿的主要类型。通过 1/10 万区域化探

扫面,共圈出 15 个以金为主的综合异常,当出现 Au、As、Ag、Sb 综合异常且异常强度高、浓集中心明显时,成矿的可能性极大,应当成为寻找金矿资源的远景目标。

## 参考文献:

- [1] 赵伦初,张本仁. 地球化学[M]. 北京:地质出版社,1998.
- [2] 刘英俊,曹励明. 元素地球化学导论[M]. 北京:地质出版社,1987.

(上接第 53 页)

面积试验选取  $L = 80\text{ m}$ ,  $f = 2400\text{ C/s}$ , 测量参数为 Re, 测网  $320 \times 40\text{ m}$ , 点距  $10\text{ m}$ , 走向控制长度  $320\text{ m}$ 。

## 3 几点认识

(1)保持收、发线圈面水平,是提高观测精度、保证质检合格率的重要因素。

(2)推断矿体走向。将各剖面异常 Re/Im 极大点依次连接成一线,该线方向为推断矿体走向。

(3)含铜黄铁矿。①在矿体上获得 Re、Im 异常且 Re 略高于 Im。②矿体异常为电导率引起的。从导电性公式  $\delta = 1/PJErEo\omega$  分析可知,铜矿体电阻率低、传导电流大,则电流密度 Jc 大( $Jc = 1/PEo e^{Jot}$ )、导电性好、电导率高,故 Re、Im 明显。从异常较对称来看,矿体属陡倾斜。③异常过零点基本等于收、发距。

(4)铁矿。①因地面磁测获得  $\Delta Z_{max} 1500\text{ r}$  异常,

且地表赤铁矿又是由磁铁矿氧化还原所形成,故推断赤铁矿下部为磁铁矿。②磁性矿体在外磁场作用下就会感应极化,产生涡流,从而形成二次场  $H_2M$ 。矿体磁性强,则磁化率高,磁导率也高。由高磁导率引起的 Re 异常高于由电导率引起的 Im 值。因地表赤铁矿磁性弱、导电性差,所以 Re 异常认为是由赤铁矿下部的磁铁矿所引起的,而 Im 则在 0% 上下波动。③  $\Delta Z$  曲线呈锯齿状, Re 曲线也略呈锯齿状,反映了矿体矿化不均匀埋藏浅等特点。④利用矿石的导磁性对交电磁场的影响,寻找磁性矿体是可行的,其所受干扰较按导电性找矿所受的干扰小得多。

## 4 结 语

通过野外试验,仪器基本达到设计指标,在已知矿体上获得明显异常,取得一定的找矿效果。证明低频偶极电磁探矿仪可作为一种物探找矿仪器,应用于野外生产及综合研究工作。