

# 新疆萨尔布拉克金矿床地球化学 特征研究及找矿信息提取

张 科

(福建省地质调查研究院 福州矿产所, 福州 350011)

**摘 要:** 通过对新疆萨尔布拉克金矿床的地化元素统计特征和元素组合沿含矿地质体的走向、倾向及垂向上的空间分布变化特征的研究, 说明了 Au 在成矿过程中的复杂性, 指出了现今开采矿体为原矿体的中下部及 Au 的近矿指示元素组合, 总结了矿区内成矿的有利部位和矿体的空间分布特征, 为矿体的定位预测工作提供了依据。

**关键词:** 地化元素; 统计分析; 空间分布特征; 金矿; 新疆

**中图分类号:** P632; P618. 51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2006)04-0262-08

## 0 引言

在矿体定位预测工作中, 由于成矿信息的灰色性及其相对成矿过程的有限性, 已进行的矿体定位预测, 甚至矿床定位预测都具有较大的误导性。而大量的找矿事实证明不同级别的地球化学场是不同级别成矿单元内成矿的物质基础, 决定了成矿的矿种及其共生组合。通过对不同级别地球化学场的元素地球化学特征的研究可以揭示微观的、深层次的矿体定位信息, 从而为矿体定位规律研究及预测找矿服务。

## 1 矿区地质概况

矿区位于额尔齐斯深大断裂以南的准格尔—哈萨克板块东北缘活动带一侧。矿区内主要的赋矿地层和围岩为下石炭统南明水组地层, 主要岩性为凝灰质砂岩、砾岩、凝灰质粉砂岩和含生物碎屑结晶灰岩等。矿区内仅见为数不多的球粒流纹斑岩脉平行于 NE 向和近 EW 两组断裂出露, 受断裂控制作用明显, 为成矿期岩脉。区内褶皱、断裂发育, 特别是断裂为金的活化、迁移和富集提供了良好的构

造条件, 断裂按走向可分为 NW 向、NNE 向和近 EW 向 3 组, 其中 NW 向为主控矿断裂, 近 EW 向断裂错扭了矿化带及地层, 为成矿后断裂。矿区全长 18 km, 宽几十米到 300 m, 总体走向  $310^{\circ} \sim 325^{\circ}$ , 矿体的形态、规模及产状都严格受赋矿断裂的控制。矿区内的金矿化沿萨尔布拉克金矿带总体呈 NW-SE 向排列, 具有呈群聚集、分段矿化的特点。根据这一特点, 可将萨尔布拉克蚀变矿化断裂带内的金矿化从 NW-SE 分为西、中、东 3 个矿段。其中中矿段(分布于矿区中部 79~300 勘探线之间, 长 5 640 m), 为主要的赋矿地段, 矿化较好, 规模较大; 东、西两矿段则较差(西矿段位于 213~617 勘探线之间, 长 6 060 m, 东矿段位于 350~544 线间)。矿石类型分为原生矿石和氧化矿石。金矿石中主要金属矿物为毒砂、黄铁矿、自然金, 非金属矿物主要有石英、钠长石、方解石等; 表生矿物主要为褐铁矿(胶状水针矿、针铁矿)等。主要载金矿物为毒砂和黄铁矿, 均具多成因多阶段形成的特点。

## 2 矿区地球化学元素的统计特征

地球化学元素之间的关系通过其量值之间的统计分析途径可以得到揭示, 并且通过元素量值的统计分析还可以推测元素在成矿过程中的演化特征,

进而为预测工作提供有用的信息。

## 2.1 矿床元素组合特征

各典型金矿床指示元素的衬度值(矿石中元素丰度几何平均值/围岩背景值)的大小可以确定矿床的元素组合特征<sup>[1]</sup>。根据本次研究工作的化探分析结果并结合区域资料,对矿床元素的组合特征进行了研究(表 1),从表中可看出,矿床元素组合(衬度值大于 1,浓集克拉克值大于 1)为 Au, Ag, Pb, Sn, Mo, As, 若仅衬度值大于 1,则元素组合为 Au, Ag,

Cu, Pb, Sn, Mo, As, Sb, Bi。从表中也可看出, Au 的衬度值与浓集克拉克值远远高于其他元素,其次为 As, 而 Cu, Pb, Zn 等亲硫元素的衬度值与浓集克拉克值并无明显的异常,这一方面表明矿区主成矿元素 Au 经历了较长时期的活化、迁移,并最终富集成矿(也是矿区仅有 Au 具有工业价值的原因之一);另一方面也解释了矿区的硫化物为何以毒砂为主,而非黄铜矿、方铅矿、闪锌矿的原因,同时 As 的大量富集也为毒砂作为载金矿物提供了前提条件。

表 1 矿床矿体元素质量分数、衬度值、浓集克拉克值表  
Tab 1 Ore element content, contrast and clarke concentration

元素	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Sn	Mo	Ni	Co	As	Sb	Bi
元素质量分数*	1.48	0.12	38.04	194.18	41.42	4.14	1.83	27.02	14.18	151.18	8.71	0.35
Pc	1480	1.79	1.23	13.58	0.46	2.34	2.23	0.82	0.87	15.26	18.53	1.4
Kk	370	1.71	0.82	12.14	0.50	1.66	1.66	0.47	0.16	88.93	0.17	0.39
背景值	0.001	0.067	31.3	14.3	89.41	1.77	0.82	33.1	16.22	9.91	0.47	0.25
地壳克拉克值维氏	0.004	0.07	47.00	16.00	83.00	2.50	1.10	58.00	90.00	1.70	50.00	0.90

\* 本次化探分析数据的平均值。

## 2.2 元素聚类分析

根据本次研究区内全部化探分析结果,对 19 个元素(变量)进行 R 型聚类分析,从聚类分析的结果(图 1)中可看出,在距离系数为 20 的情况下,矿区的元素可以分为 7 个点群: Pb, Sn, Sb; Ti, V, Cr, As; Bi, Ag, B; Ni, Co, Zn, Cu; Au, W, Mn; Mo; Hg。7 个点群的相似性较差,基本上代表了不同的元素组合特征,元素组合的这种多群体性反映了成矿的多阶段性及复杂性。Au 和其他成矿元素的相似性较差,仅和 W, Mn 表现出相似性,和 Mo, Hg 也表现出一定的相似性,但和 Pb,

Zn, Ag, As 等亲硫元素的相关性较差。Au 与尾部晕元素 W, Mn, Mo 表现出相似性可能进一步反映出矿区遭受强烈剥蚀,现今开采矿体为原矿体的中下部。而 Au 与前缘晕元素 Hg 也表现出一定的相似性,则可能是矿区深部隐伏矿体的预示。值得一提的是 Au 和 As 的相似性也较差,这和前人的研究<sup>[2]</sup>有一定的出入。为此,在本次研究中,我们特地又与中国冶金地质勘查工程总局地球物理勘查测试中心联系,对样品进行了复检,以确保数据的准确性。在确信化探数据分析无误的情况下,从化探的部分原始数据(表 2)考察, Au 的含量较高时, As 的含量也较高,但 Au 的含量较低时, As 的含量同样较高。造成这种现象的原因一方面主要是由于在成矿过程中,毒砂的形成可划分为 4 个主要世代,但仅第 2 世代构成 Au 矿化的主期;也就是说当 Au 富集成矿后, As 的富集仍在进行,这就使得贫 Au 地段 As 的含量仍较高,从而造成了 Au 的含量较低的地段 As 的含量同样较高,这也说明仅以 As 作为矿区找 Au 的指示元素是不够的。另一方面可能是由于 As 与 Au 具有相似的化学性质,在成矿过程中,其活化、迁移、富集的方式近乎相同,这就造成了 As 也主要在主断裂带内强烈富集,含量普遍偏高。图 4 显示,在主断裂带范围内  $w(As)$  均大于  $10 \times 10^{-6}$ ,且变化范围较小;而本次研究工作中所采集的

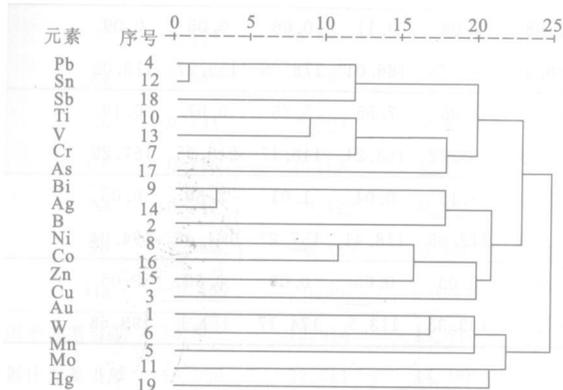


图 1 萨尔布拉克矿区化探元素聚类图

Fig. 1 Cluster diagram of elements of geochemical survey at Sarbulak mining area

样品又仅局限在主断裂带内,故样品中  $w(A_s)$  普遍较高,变化较小。因此,在聚类分析中含量变化较大的 Au 与含量变化较小的  $A_s$  难以聚为一类也就不足为奇了。

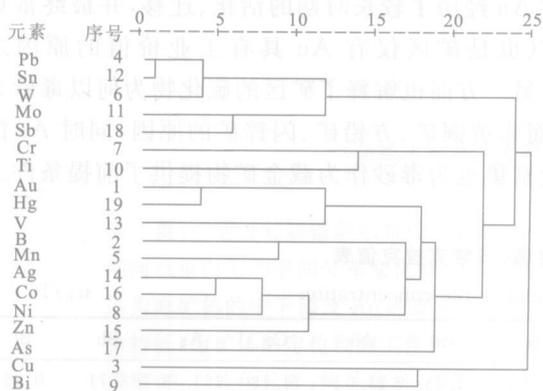


图2 萨尔布拉克矿区 645 线、33 线化探元素聚类图

Fig.2 Cluster diagram of elements of geochemical survey along line 645, 33 at Sarbulak Au mining area

为了进一步分析有关元素在已知矿段的组合特征的内在规律性,分别对成矿较差的 645 线、33 线地段与成矿较好 36 线、72 线、84 线的地段作了聚类分析,从图 2、图 3 可以看出两个地段内的元素组合在保持相似性较差、呈多点群组合特征的总体特征下,具体不同地段则又有明显的差异性:在 33 线、645 线地段(矿化较差) Au 与 Hg 表现出较强的相似性,在距离系数为 3 的情况下就聚为一类,与 V 在距离系数为 12 的情况下也聚为一类,与  $A_s$ 、Zn 在距离系数为 18 的情况下也聚为一类,表现出微细

浸染型金矿床矿体前缘晕的特征。在 36 线、72 线、84 线地段, Au 保持着较强的独立性,与 Bi、Hg 在为 13 的情况下聚为一类,与 Ag 在距离系数为 15 的情况下又聚为一类, Au 与 Bi、Hg、Ag 等高、中、低温元素的相似性,表明 Au 的成矿过程极为复杂,经历多次矿化叠加的特征,同时 Bi、Hg 也可作为 Au 的近矿指示元素之一。结合矿床地质特征分析,645 线、33 线地段应处于成矿偏上部的位置,经受的成矿过程比较单一,断裂带的规模较小,分带较单一;而 36 线、72 线、84 线地段则成矿作用比较复杂,经历了多次矿化叠加,断裂带的规模较大,分带也较为复杂。

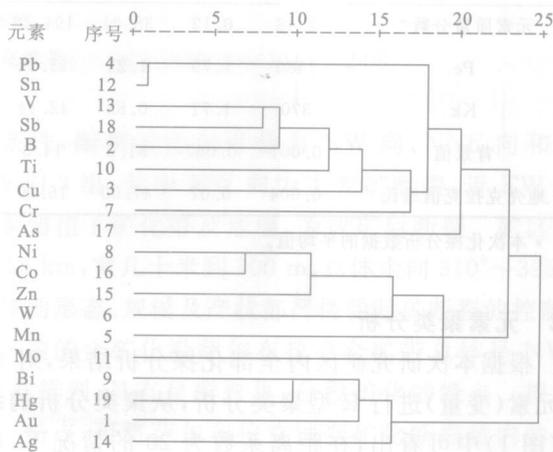


图3 萨尔布拉克矿区 26 线、72 线、84 线化探元素聚类图

Fig.3 Cluster diagram of element of geochemical survey along line 26, 72, 84 at Sarbulak Au mining area

表 2 矿区部分化探 Au, As 原始数据表

Tab 2 Original data of geochemical survey in Sarbulak Au mining area

Au	0.02	0.03	0.7	0.42	0.03	0.05	2.98	2.06	0.11	0.06	0.05	0.09
As	79.28	68.89	107.24	161.65	135.97	55.64	109.93	180.75	186.01	178.05	155.27	173.02
Au	0.63	1.72	0.09	1.85	0.55	0.59	8.95	3.95	7.85	5.25	0.07	0.19
As	166.12	156.95	174.58	147.65	193.1	168.93	151.3	163.22	153.21	148.17	215.35	167.29
Au	0.63	3.19	3.49	9.45	6.85	0.92	2.9	0.15	0.04	1.01	2.86	0.05
As	168.14	156.52	155.38	153.44	147.16	177.6	153.56	212.05	118.41	157.27	161.46	194.04
Au	0.07	0.06	1.6	0.07	0.59	0.67	0.04	0.03	0.05	0.09	0.63	0.05
As	54.08	132.14	160.43	191.45	161.76	160.54	167.06	103.33	113.5	174.17	151.1	199.68

### 2.3 因子分析

根据本次研究的全部化探分析结果,对元素(变量)按特征值 > 0.75, 累计方差贡献 > 80% 为标准选

取主因子进行了正交因子和斜交因子计算。从计算的正交因子载荷矩阵(表 3)中可以看出:

(1) 研究区内的地化元素经历了 Au 的活化、迁

移, Cu, Cr, Ni, Ti, Sn, V, Sb 富集(F<sub>1</sub>); Bi, Ag, Zn 的富集(F<sub>2</sub>); Au 的初步富集, Mn, Ni, Co, As 的富集(F<sub>3</sub>); Pb, Mn, Sn 富集(F<sub>4</sub>); Au, W, Cr 富集(F<sub>5</sub>); Cu, Mo 富集(F<sub>6</sub>); B 富集(F<sub>7</sub>); As 富集(F<sub>8</sub>); B, Hg 富集(F<sub>9</sub>)的演化过程。结合区域及矿区的地质特征分析, 可能反映了区内早期中基性的海盆底火山喷发, 矿源层中的金伴随着火山喷发物、火山喷流体带入地层, 并被搬运到远火山中心和喷口的地段, 在与同期的火山物质、陆源碎屑物沉积成岩作用发生再分配、聚集, 构成了含金建造, 其后又伴随着南明水组地层的层间水、孔隙水以及大量的雨水所组成的混合流体对流循环, 在构造破碎带中形成热液成矿体系, 并最终在断裂带内随热液温度的下降沉淀成矿, 在表生期又受到大气降水的淋滤(金的再次活化迁移), 完成了金的表生再富集的复杂地质成矿演化过程。

(2) Au 的独立性较强, 在区内经历了前期的活化、迁移(F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>), 此后在长期、多期次的地质改造作用下发生了强烈的富集(F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>, F<sub>5</sub>), 这也是 Au 的主成矿阶段, 在表生期 Au 再次活化、迁移、富集(F<sub>6</sub>, F<sub>7</sub>, F<sub>8</sub>, F<sub>9</sub>)。表生期的再次富集可能是造成氧化矿品位高于原生矿的主要原因。

(3) Au 在保持较强的独立性同时, 与 W, Cr, Bi, Mo 也显示出了一定的相关性(F<sub>5</sub>), 这反映了 W, Mo, Bi 所指示的高温热液与 Au 的富集有着密切的联系, 结合矿区地质分析, W, Mo, Bi 所指示的高温热液在 Au 的主成矿阶段为 Au 的富集提供了一定的热源, 促使 Au 进一步活化富集, 这与矿区内蚀变带(矿体所在部位)出现硅化、钠长石化、电气石化等高温热液蚀变和矿区内用爆裂法测得石英脉成矿温度分别 326℃、240~250℃的情况是相吻合的。

表 3 矿区 R 型因子分析正交因子载荷矩阵

Tab 3 R-factor orthogonal load matrix of sarbulak Au mining area

因子	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Au	-0.323	-0.068	0.239	0.155	<u>0.696</u>	-0.242	-0.176	0.027	0.164
B	0.289	0.332	-0.402	0.233	-0.131	0.285	<u>0.414</u>	0.411	<u>0.466</u>
Cu	<u>0.426</u>	0.191	-0.032	-0.078	-0.236	<u>0.440</u>	-0.525	-0.224	0.130
Pb	0.379	-0.565	-0.454	<u>0.472</u>	-0.080	-0.211	-0.064	-0.021	-0.065
Mn	-0.420	0.035	<u>0.515</u>	<u>0.437</u>	-0.099	0.258	-0.020	0.216	-0.188
W	0.190	-0.033	0.380	0.310	<u>0.485</u>	-0.010	0.359	-0.419	-0.044
Cr	<u>0.668</u>	-0.026	-0.037	-0.299	<u>0.453</u>	0.144	-0.285	0.048	0.037
Ni	<u>0.566</u>	0.388	<u>0.435</u>	0.256	-0.021	0.038	-0.171	-0.133	0.145
Bi	0.104	<u>0.596</u>	-0.539	0.269	0.319	0.029	-0.020	0.033	-0.257
Ti	<u>0.682</u>	0.036	-0.048	-0.347	0.162	-0.242	0.285	-0.014	0.081
Mo	0.055	-0.389	0.088	-0.106	0.306	<u>0.582</u>	0.224	0.110	-0.397
Sn	<u>0.403</u>	-0.512	-0.475	<u>0.498</u>	-0.038	-0.209	-0.063	0.025	0.037
V	<u>0.797</u>	0.021	0.034	-0.229	0.047	0.091	0.263	-0.123	-0.003
Ag	0.092	<u>0.665</u>	-0.480	0.263	0.281	0.100	-0.015	0.271	-0.083
Zn	0.251	<u>0.505</u>	0.254	0.219	-0.428	-0.279	0.261	-0.171	-0.233
Co	0.256	0.168	<u>0.567</u>	0.393	0.157	-0.160	-0.257	0.107	0.026
As	0.362	-0.422	<u>0.405</u>	-0.150	0.016	-0.233	-0.013	<u>0.518</u>	-0.016
Sb	<u>0.589</u>	-0.455	0.126	0.360	-0.190	0.312	-0.022	-0.014	-0.093
Hg	<u>-0.469</u>	-0.302	-0.131	0.266	0.139	0.280	0.187	-0.225	<u>0.399</u>
因子方差贡献	18.968	13.614	11.616	9.200	8.331	6.639	5.775	4.871	4.140
累计方差贡献	18.968	32.581	44.198	53.398	61.729	68.369	74.143	79.014	83.154

按特征值> 0.75, 累计方差贡献> 85%为标准选入主因子

(4) As 至少经历了 3 个或 3 个以上阶段的富集 (F<sub>1</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>8</sub>), 其中仅第二阶段构成 Au 矿化的主期次(F<sub>3</sub>), As 在 Au 成矿之前后均有大规模的富集, 这也是矿区内 As 的含量较高和不能仅将 As 作为矿区内找 Au 的近矿指示元素的主要原因。结合矿区地质与聚类分析的结果, 可将 As, Sb, Bi, W, Mo, Hg 的组合作为区内找 Au 的近矿指示元素组合, 当然, 上述元素组合在许多情况下不一定会全部出现, 特别是 W, Mo, Bi 3 种元素往往只会出现 1 种或 2 种, 少见 3 种同时出现。从萨尔布拉克矿区地质地球化学剖面及金等元素含量变化曲线图(图 4)中也可看出, Au 的含量变化规律与 As, Sb, Bi, Mo 极为相似, 即从剖面两端无矿地段向中心矿化带部分, 元素含量均有由中等含量向低含量, 再向较高含量, 到最高含量变化的规律性。在相应的曲线图上表现为较高峰经低谷再至高峰的元素含量分布呈“山”字形的形态。其中 Au 仅与 Hg 的含量变化相差较大。由此可见, 将 As, Sb, Bi, W, Mo, Hg 的组合作为区内找 Au 的近矿指示元素组合是比较合适的。

(5) Au 在初步富集过程中(F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>), 与 Mn, Ni, Co, As, Pb, Sn 均显示出较强的相关性, 特别是在 (F<sub>3</sub>) 过程中, 与 Mn, Ni, Co, As 等显示出很强的相关性。Au 与 Ni, Co 的相关性可能与矿区早期的中基性海盆底火山喷发活动及赋矿围岩有关, 而与 As 等亲硫性极强的元素表现出较强的相关性, 则反映了 Au 与硫化物之间强烈的亲缘关系, 这也是 Au 矿化较好的原因之一。

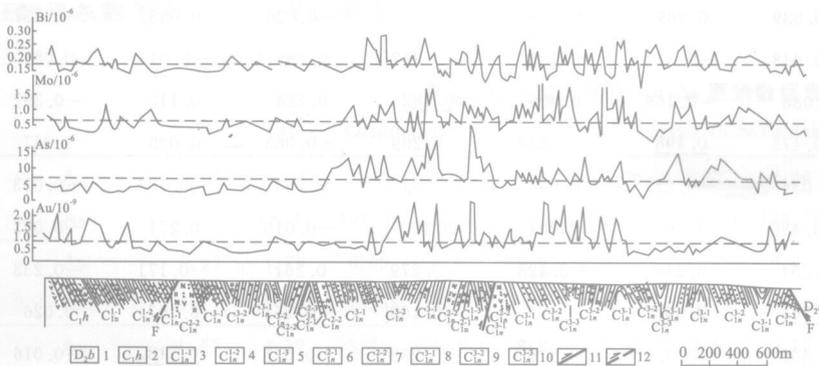


图 4 萨尔布拉克金矿区地质-地球化学联合剖面图  
(据陈尚迪等, 1996)

Fig. 3 Geological and geochemical section of Sarbulak Au mining area

1. 中泥盆统北塔山组
2. 下石炭统黑山头组
3. 下石炭统南明水组下段第一岩性层
4. 南明水组下段第二岩性层
5. 南明水组下段第三岩性层
6. 南明水组中段第一岩性层
7. 南明水组中段第二岩性层
8. 南明水组上段第一岩性层
9. 南明水组中段第二岩性层
10. 南明水组中段第三岩性层
11. 断层
12. 推测断层

### 3 地球化学元素的空间分布特征

元素的空间分布特征研究包括元素沿含矿地质体走向、倾向(横向)及垂向上的变化特征。成矿元素在含矿地质体内的空间分布特征的揭示可以为矿体定位和找矿预测提供有效的依据。

#### 3.1 成矿元素在含矿构造带走向上的分布特征

Au 是本矿床惟一具有工业价值的元素, 也是直接的矿化元素, 因此 Au 矿体在断裂带走向上的分布特征也就代表着 Au 元素断裂带走向上的分布特征。

沿萨尔布拉克金矿化带, 金矿体总体呈 NW-SE 向排列, 具有呈群体聚集、分段矿化的特点, 矿体群大致分布在矿区舒缓波状主构造线向北东突起的转弯部位, 表现出矿体分布明显受压扭性(右行)引张断裂控制。矿体多呈陡倾产出。展布于矿带内的不同矿体群、矿体之间, 矿体长度、宽度和品位均有明显不同。矿带中段(151~ 138 m)金矿化最佳, 而东西两端矿化较差或仅具蚀变矿化现象。矿体群之间大致以 100~ 500 m 间距相继分布。矿体群内矿体分布间距大致在 20~ 50 m。

从表 4、表 5 中可以看出, 在每一单矿体内, Au 也是在矿体中部富集强度高, 两端逐渐变薄直至尖灭, 品位变贫, 直到过渡为围岩。

#### 3.2 成矿元素在含矿构造带倾向上的分布特征

成矿元素在含矿构造带倾向方向上分布的特点是表现出明显的分带性(图 5)。从图中可以看出, 从断裂带上盘到下盘, 地化元素的含量变化随元素种类的不同而表现出一定的差异性。

主成矿元素 Au 与微量元素 Hg, Sb, W, Bi, Pb, Ag, Mo, Sn 的含量在紧靠主断面下盘的破碎程度较高的氧化矿中最高, 在原生矿石中稍次之, 而在主断面两侧的围岩(晶屑岩屑凝灰岩)中其含量均较低, 特别是在远离主构造带的下盘凝灰岩中。这种情况一方面反映了 Au, Hg, Sb, Pb, Ag, Sn 同为亲铜元

素,具有相似的化学性质,体现了 Au 与 Hg, B, Pb, Ag, Sn 之间的亲缘性,而 W, Bi 的叠加则说明了高温热液为 Au 的活化与富集提供了一定热源,另一方面也反映了成矿与岩浆热液有关的特点,这与矿区出现大量中酸性岩脉,且岩脉中可见矿化的现象是相吻合的。

微量元素 Co, Mn, B, Cu, Ni, Zn 的含量在主断裂带中偏低,特别是在紧靠主断面下盘的破碎程度较高的氧化矿中含量迅速下降,反而在主断面两侧的围岩(晶屑岩屑凝灰岩)中含量偏高。造成 Co, Ni, Mn 含量降低的原因可能是氧化矿带的破碎程度较高,大气降水的淋滤作用进行得较为彻底的缘故,而 Cu, Zn 在断裂带中含量较低则充分说明其在

成矿过程中未发生富集,这与前述其浓集克拉克值偏小是相吻合的。

微量元素 Ti, V, As, Cr 的含量在断裂带中没有明显的变化。其中 Ti, V, Cr 同为亲石元素,化学性质相对较为稳定,故其在断裂带中含量未有明显变化;而 As 由于其含量较高,故在图中变化幅度难以体现。

上述剖面的特点反映出成矿元素 Au 在构造变形强烈、岩石破碎程度较高以及原岩蚀变强烈部位富集,其往往与矿体的分布一致。元素含量的差异性分布一方面反映出本区的热液成矿特点,另一方面进一步反映出断裂构造分带性对矿体定位的制约作用。

表 4 号矿体金品位变化统计表  
Tab 4 Statistics of ore grade in ore body V

矿体部位	矿体北西端		矿体中部	矿体南东端	
分布	196~ 198 线	202~ 212 线	208~ 220 线	222~ 224 线	224~ 232 线
品位 $w(\text{Au})/10^{-6}$	1.53	1.33	2.34	1.16	1.09
平均品位 $w(\text{Au})/10^{-6}$	1.43		2.34	1.125	

资料来源:新疆地矿局第四地质大队。

表 5 号矿体金品位变化统计表  
Tab 5 Statistics of ore grade in ore body I

矿体部位	矿体北西端				矿体中部				矿体南东端	
工程编号	TC0201	TC0201	TC0201	TC0201	TC0201	TC0201	TC0201	TC0201	TC0201	TC0201
水平宽度(m)	1.00	3.00	10.40	4.10	4.72	6.65	15.83	12.15	7.15	4.30
平均品位 $w(\text{Au})/10^{-6}$	2.84	7.74	5.24	4.19	2.69	3.45	4.07	3.78	2.95	2.89
平均(宽度/品位)	1/2.84				8.12/4.45				5.73/2.93	

资料来源:新疆地矿局第四地质大队。

### 3.3 成矿元素在含矿构造带垂向上的分布特征

根据矿区部分钻孔资料对主成矿元素 Au 在含矿构造带垂向上的变化进行研究(图 6~ 图 8),可以看出:

(1) Au 主要在地表至地表以下 60 m 的范围富集,向深部迅速变贫;地表以下 10~ 40 m 地段的 Au 矿化较好,品位高、变化小。

(2) 总体上 Au 的品位变化幅度较大,说明矿体内金矿化极不均匀,这为矿体的储量估算及开采都带来一定难度。

(3) Au 的峰值在图中出现多次,说明 Au 沿垂深方向断续聚集,形成多层矿化。同一矿体群各矿

体间距约为 5~ 10 m,不同矿体多以 30~ 50 m 的距离相间出现。

## 4 地球化学找矿信息提取

矿区地球化学特征的研究,可以归纳以下预测找矿信息:

(1) 矿区的主成矿元素 Au 的平均含量与区域上 Au 的平均含量基本接近,均远低于地壳克拉克值,浓集克拉克值也仅为 0.21,属相对贫化状态,但标准离差(3.67)却明显大于区域的标准离差

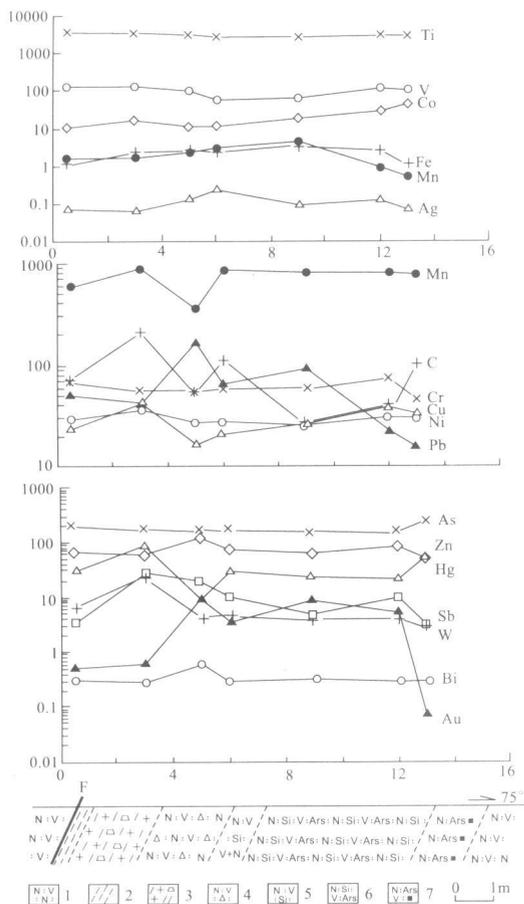


图5 萨尔布拉克金矿72线地质地球化学剖面图

Fig. 5 Geological and geochemical section along line 72 at Sarbulak Au mining area.

- 1. 安山质岩屑凝灰岩
- 2. 主断面(构造片岩)
- 3. 强氧化粘土化片理岩
- 4. 碎裂状凝灰岩
- 5. 弱氧化硅化凝灰岩
- 6. 硅化毒砂化凝灰岩
- 7. 黄铁矿化毒砂化凝灰岩

(1.69), 这反映了 Au 在成矿过程中从赋矿地层中活化、迁移, 最终在断裂中富集成矿的事实。

(2) 地球化学元素聚类分析一方面表明了在该区内 Au 的独立性较强, 仅以某种元素(As)作为找 Au 的指示元素是远远不够的; 同时 Au 与尾部晕元素 W, Mn, Mo 具有相似性则反映了矿区已遭受强烈剥蚀, 目前开采的相当于矿体的中下部; 另一方面又反映了矿区 Au 成矿的多期次性及复杂性, Au 在成矿过程中与硫化物关系紧密, 并经历了多次的矿化叠加过程, 说明了断裂带规模较大、分带较为复杂的部位为成矿的有利部位。因子分析结果表达了 Au 活化、迁移、富集的复杂演化过程, 显示出成矿与 W, Mo, Bi 所指示的高温热液有着密切联系, 结合矿

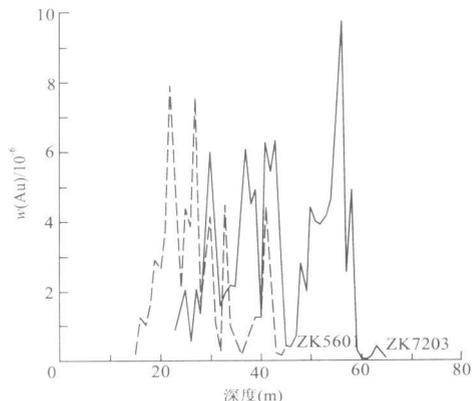


图6 ZK5601, ZK7203 Au 品位变化分布图

Fig. 6 Au grade distribution of ZK5601, ZK7203

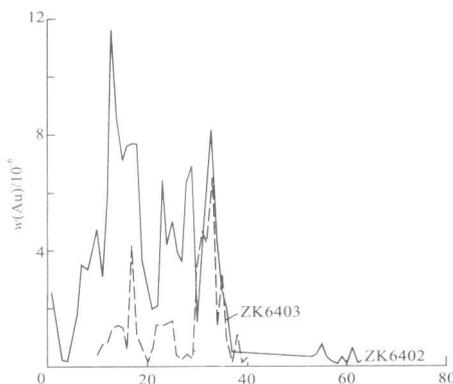


图7 ZK6402, ZK6403 Au 品位变化分布图

Fig. 7 Au grade distribution of ZK6402, ZK6403

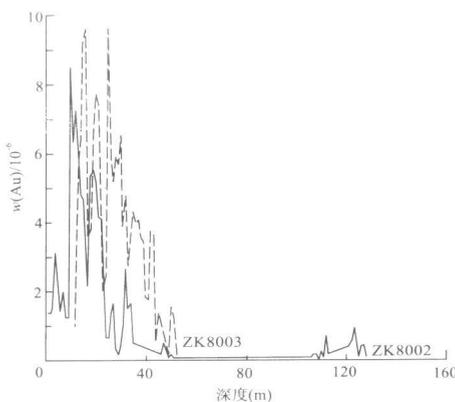


图8 ZK8002, ZK8003 Au 品位变化分布图

Fig. 8 Au grade distribution of ZK8002, ZK8003

区地质和聚类分析结果将 As, Sb, Bi, W, Mo, Hg 作为区内找 Au 的近矿指示元素组合。

(3) 成矿元素在含矿构造走向上的分布特征反

映了沿萨尔布拉克金矿化带金矿体总体呈 NW-SE 向排列, 具有呈群聚集、分段矿化的特点, 矿体群大致分布在舒缓波状主构造线向北东突起的转弯部位, 其中矿带中段(151 线~ 138 线) 金矿化最佳, 两端矿化较差或仅具蚀变矿化现象。

(4) 成矿元素在含矿构造倾向方向上的分布特征反映出 Au 在紧靠主断面下盘强破碎的氧化矿石中含量最高, 在原生矿石中稍次, 而在主断面两侧的围岩(晶屑岩屑凝灰岩) 中含量较低, 越远离主构造带岩石中 Au 越低。说明 Au 与构造变形、岩石破碎程度、原岩蚀变强度密切相关, 体现了构造控矿的特点。

(5) 成矿元素在含矿构造带垂向上的分布特征表明 Au 主要在地表至地表以下 60 m 的范围内富集, 向深部迅速变贫, 并沿垂深方向断续聚集, 形成多层矿化。同一矿体群各矿体间距为 5~ 10 m, 不

同矿体多以 30~ 50 m 的距离相间出现。

致谢: 本文在撰写过程中, 得到中国地质大学(武汉)资源学院曹志新教授的支持和指导, 在此表示衷心感谢。

#### 参考文献:

- [1] 李惠, 张文华. 胶东大型金矿床的地球化学分带特征[J]. 贵金属地质, 1999, 8(4): 217-219.
- [2] 陈尚迪. 新疆萨尔布拉克金矿与找矿[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1996.
- [3] 新疆地矿局第四地质大队. 新疆富蕴县萨尔布拉克金矿区, 2 号矿体普查报告[R]. 乌鲁木齐: 新疆地质矿产局, 1991.
- [4] 新疆地矿局第四地质大队. 新疆富蕴县萨尔布拉克金矿区普查报告[R]. 乌鲁木齐: 新疆地质矿产局, 1996.

## STUDY ON GEOLHEMICAL CHARACTERISTICS AND ORE INFORMATION EXTRACTION FOR SARBULAK Au DEPOSIT, XINJINAG

ZHANG Ke

(Fuzhou Mineral Resources Section, Fujian Provincial Geological Exploration Institute Fuzhou 350011, China)

**Abstract:** Element statistics and spatial distribution of element combination along strike and dip of the ore-bearing geological body and in the vertical direction show: the complexity of Au metallogeny; ore mined at lower part of the original ore body; the element combination, the proximal ore body element combination. Based on these spatial distribution pattern of ore body and favorable ore-forming localities are pointed out thus are provided evidences for prediction of ore body location.

**Key Words:** geochemical elements; statistical analysis; space configuration character; gold deposit; Xinjiang

(上接第 261 页)

**Abstract:** Daliuhang area is situated in the north segment of Penglai-Qixia gold ore belt in the uplift area of the Jiaobei block. Gold ore-control factors are Jiaodong group, Fenzishan group, NE faults and Guojialing granitic body. Gold ore bodies occur in cataclastic zone. The gold deposits are of complexed mesothermal quartz vein-altered rock type. This paper sums up the ore-searching marks and predicts 4 targets for further exploration and proposes to strengthen basic geological works and conduct ore exploration beneath 150m.

**Key Words:** gold deposit; geological characteristics; ore-searching direction; ore prediction; Shandong province; Penglai city; Daliuhang area