

# 新疆阿克希克金矿地球化学异常的研究<sup>①</sup>

吴礼道 周维康 王占宇<sup>②</sup>

(南京地质矿产研究所)

**提 要** 本文综合分析了阿克希克金矿的地球化学背景资料,着重研究了 Au、As 等 11 种元素的地球化学异常特征,对异常的空间形态、规模、强度、异常元素组合特征及异常与原生金矿体间的关系作了系统阐述,并就原、次生异常的特征进行了对比,从而得出本区次生异常与原生异常同样具有找矿意义。

**关键词** 金矿床 地球化学异常 新疆阿克希克

阿克希克金矿位于新疆维吾尔自治区的阿尔泰东部地区,是南京地矿所新疆课题组在实施“七五”国家三〇五项目过程中于 1988 年发现的。该矿的发现是勘查地球化学用于找矿实践的结果。这一发现突破了阿尔泰东部空白区的金矿找矿难关,对在该地区寻找原生金矿起到了先行和导向作用。为了进一步提高化探的找矿效果和扩大找矿远景,在该矿的查证和评价过程中,开展了矿床的勘查地球化学研究。本文在分析了矿区地球化学背景物的基础上,着重阐述了该金矿指示元素的地球化学异常特征。

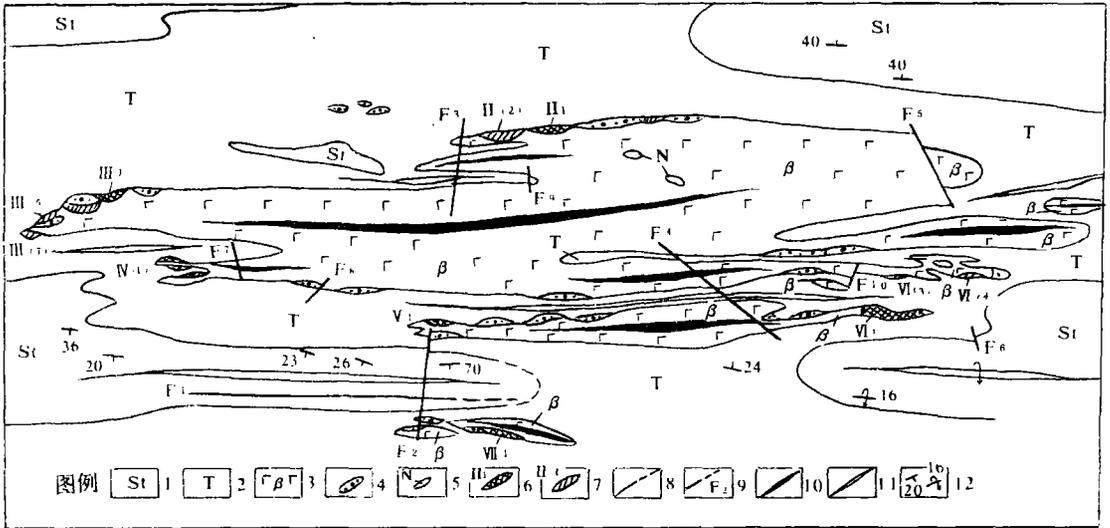
## 1 矿床地质特征

阿克希克金矿所处的大地构造位置为西伯利亚板块南缘的克兰弧后盆地。矿体产在盆地内近东西向的次级构造破碎带中。矿区出露的地层为下石炭统喀拉额尔齐斯组,是一套浅海相火山岩和碎屑沉积岩组合,由下至上可明显地分为三个岩性段:下段为玄武安山岩,中段为凝灰岩,上段为粉砂岩及泥质粉砂岩。在玄武岩与凝灰岩的接触带上有一层与金矿化关系密切的条带状磁铁硅化岩(图 1)。矿区内未发现大的侵入岩体,仅见少量的中基性岩脉出露,但在矿区外围,1~2km 范围内有大量的华力西早中期的辉绿玢岩体及中晚期的花岗岩体出露。矿区褶皱构造总体为一似穹窿伏短轴复背斜(图 1),其核部由玄武岩组成,两翼及倾伏端的次级构造极为发育。矿区断裂构造主要为近 EW 及 NS 向,规模较小。

矿区内共圈出 8 个金矿体和 10 个金矿化体。矿体呈似层状、脉状和透镜状,长 15~50m,最长 120m,宽 1~5m,最宽 7.8m。在空间分布上,它们明显受玄武岩段和凝灰岩段间的磁铁硅

<sup>①</sup> 本文系“七五”国家重点攻关项目(75~56 项)下设的《新疆阿尔泰东段金矿靶区优选和快速追踪评价》(75-56-13-a)专题的部分研究成果

<sup>②</sup> 参加本专题工作的还有:肖惠良、邱金荣



图例说明:1. 粉砂岩段 2. 凝灰岩段 3. 玄武岩段 4. 磁铁硅化岩(体) 5. 基性岩脉 6. 金矿体及编号 7. 金矿化体及编号  
8. 实测及推测地质界线 9. 断层及编号 10. 背斜 11. 向斜 12. 地层产状

图 1 阿克希克金矿构造地质略图

Fig. 1 Structural sketch of Akexike Au-Mine

化岩及与之复合的近东西向构造破碎带所控制。金矿化不均匀,含量变化较大,地表最高金品位为 10.6g/t,平均 3~5g/t。组成金矿石的贵金属矿物有自然金和含银自然金。金属矿物主要有磁铁矿、黄铁矿及少量黄铜矿。脉石矿物主要为石英,其次为绢云母,硅酸盐、高岭土等。矿石的化学组分以 Si、Fe 的氧化物为主,S 含量不高,除 Au 外,还有 Ag、As、Bi、Cu 等伴生微量元素。矿石具包含结构,自形一半自形粒状结构、假象结构;浸染状、网脉状、角砾状、蜂窝状等构造。围岩蚀变单调,主要为硅化、绢云母化、黄铁矿化等。

金主要以自然金或含银自然金的形式存在。它们以包体金、晶隙金、裂隙金的方式赋存于黄铁矿中或石英与黄铁矿晶隙间及褐铁矿裂隙中。金的成色较高(850~970),其中的微量元素为 Ag。

## 2 矿床地球化学特征

### 2.1 矿区岩石中微量元素的平均含量

区内出露的岩石主要有玄武安山岩、凝灰岩及粉砂质泥岩,而近矿围岩则为玄武岩和凝灰岩,它们或强或弱的经受蚀变矿化。区内岩石的元素地球化学背景可大致反映矿床原生异常

元素的分布特征及元素组合。通过对围岩中 11 种微量元素含量平均值( $\bar{X}$ )和衬值(K)的统计结果(表 1),可以得出:

表 1 近矿围岩中微量元素含量的平均值及衬值

Table 1 Trace element average contents and contrasts of samples from the country rocks

元素	Au ppb	Ag ppm	As ppm	Sb ppm	Bi ppm	Hg ppb	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	W ppm	Mo ppm	
粉砂质泥岩	$\bar{X}$	6.50	0.068	1.20	0.25	0.079	5.76	15.06	5.58	41.1	0.18	1.00
	K	1.95	1.94	1.09	2.86	1.22	1.03	2.91	1.03	1.01	2.18	2.22
凝灰岩	$\bar{X}$	7.71	0.078	4.97	0.35	0.106	8.50	17.85	7.14	52.6	0.14	1.96
	K	5.75	1.32	2.11	1.53	1.54	2.92	1.26	1.24	1.16	1.10	1.19
玄武安山岩	$\bar{X}$	9.60	0.102	15.05	0.46	0.157	1.76	37.49	6.50	16.25	0.20	2.29
	K	78.4	1.47	3.24	1.12	2.40	2.11	1.04	1.34	1.11	1.38	1.01

表 2 矿石中微量元素的平均含量(ppm)及衬值(n=21)

Table 2 Trace element average contents and contrasts of samples from gold ore(n=21)

元素	Au	Ag	As	Sb	Hg	Cu	Pb	Zn	Bi	W	Mo
平均含量( $\bar{X}$ )	3.94	0.475	103.01	1.13	0.019	312.2	7.0	131.4	1.05	0.94	6.58
衬值(K)	7.29	1.58	2.84	1.03	1.20	1.28	1.23	2.09	1.59	1.37	1.04

表 3 主要矿物中微量元素的平均含量(ppm)

Table 3 Trace element average contents(ppm)of samples from the major minerals

元素	Au	Ag	As	Cu	Pb	Zn	Bi	Co	Ni	Cr	Ti	V
黄铁矿(1)	8.36	1.16	1650	212	166	624	0.80	473	109	16	1	37
磁铁矿(3)	0.14	0.93	6.7	21.4	105	238.7	0.07	57.4	63	15.8	58.7	261.7
赤铁矿(3)	0.19	0.23	22.3	32	115	187.3	0.05	56.7	54	33.3	80.3	362
石英(11)	0.052	0.487										

括号内数字为参与统计的样品数

(1)成矿围岩中 Au 的平均含量值较高,是地壳克拉克值的 2~3 倍,衬值高达 5~78ppm,表明 Au 在近矿围岩中高度富集,有强异常存在,且异常规模较大。As、Bi 在近矿围岩中的衬值为 2~3ppm,且分布特征与 Au 相似,表明它们也有一定程度的富集,可形成一定规模的异常,且与 Au 异常基本能套合,但分布范围较 Au 异常要小。

(2)Cu、Sb、W、Mo 在成矿围岩中的平均含量较高,然衬值均为 1 左右,表明它们在成矿围岩中基本上不形成异常,其相对较高含量仅反映岩石的原始含量。但它们在粉砂岩中的平均含量较低,而衬值为 2~3,反映它们在粉砂岩中可形成弱小异常。

(3)Ag、Zn、Pb 在近矿围岩中的衬值均为 1 左右,岩石中的平均含量较低,揭示其异常较

弱或无异常。

(4)Hg 的衬值在凝灰岩中相对较高(2.92),且含量也略有偏高,反映 Hg 主要在凝灰岩中略有富集,可在 Au 异常的外围形成一些小异常。

岩石中微量元素的分布特征表明:矿床原生晕中主要 Au、As、Bi 异常出现,且以 Au 异常为主。Cu、Sb、W、Mo、Hg 可在局部地方形成弱小异常。

## 2.2 矿石中微量元素的含量

矿区内部分原生矿石的微量元素含量特征列于表 2。由表 2 可知:

(1)Au 在矿石中具有较高的平均含量,其衬值也较高(7.28),表明它在矿石中强烈富集,反映 Au 的供应水平较高。矿石中含一定量的 As,衬值为 2.84,表明在 Au 矿化过程中,As 有明显的增加。从而反映 As 和 Au 具有较为密切的共生关系。

(2)Ag 在矿石中的含量不高,但其衬值较高(4.58),表明 Ag 的原始供应水平较低,但在成矿作用过程中有一定程度的富集。

(3)Cu、Bi 在矿石中的平均含量约高于围岩一个数量级,但其衬值略低于围岩,表明它们在成矿过程中虽有增加,但不富集。

(4)Sb、Hg、Pb、Zn、W、Mo 等元素的平均含量与围岩中的相似,而衬值较围岩中的略低,表明在金成矿过程中没有这些元素的加入。

表 4 阿克希克金矿原生晕元素相关系数矩阵(n=188)

Table 4 Elements correlation coefficient matrix of the primary halo in Akexike gold deposit

元素	Au	Ag	As	Sb	Hg	Cu	Pb	Zn	Bi	W	Mo
Au	1.00										
Ag	0.49	1.00									
As	0.79	0.47	1.00								
Sb	0.12	0.21	0.35	1.00							
Hg	0.07	0.40	0.09	0.34	1.00						
Cu	0.06	0.30	0.07	0.03	0.01	1.00					
Pb	0.18	0.09	0.16	0.12	0.11	0.01	1.00				
Zn	-0.10	-0.60	-0.18	-0.18	0.01	-0.10	0.04	1.00			
Bi	0.60	0.43	0.80	0.43	0.15	0.05	0.20	-0.17	1.00		
W	0.03	-0.02	0.06	0.04	-0.004	-0.01	0.05	0.20	0.01	1.00	
Mo	0.30	0.37	0.35	0.27	0.09	0.07	0.14	-0.38	0.39	-0.01	1.00

## 2.3 主要矿物中微量元素的分配

矿区内共发现矿物十余种,而与金矿化有关的主要矿物有:黄铁矿、磁铁矿、赤铁矿(氧化磁铁矿),石英等。表 3 列出了这些矿物中微量元素的含量。由表 3 可知:

(1)黄铁矿中的 Au 含量较高,是矿床内最主要的赋金矿物,其中与 Au 伴生的 As 含量也较高,具找矿意义。矿区不同晶形黄铁矿含金性的研究结果表明:含金量最高者为晶形完整的

五角十二面体黄铁矿,其次为不规则粒状黄铁矿和有条痕的立方体黄铁矿。

(2)矿床内磁铁矿的含金性较好,而 As 含量则较低,揭示磁铁矿中 Au 的原始供应水平较高,而成矿过程中富集较少。磁铁矿氧化后,Au 将得到一定程度的富集。

(3)石英中的 Au 含量较低,但较地壳丰度值亦高出一个数量级,表明在矿化过程中 Au 在石英中有一定程度富集,尤其在硫化物石英脉中更为明显,局部地段可形成工业矿体。

### 2.4 赋矿部位的地球化学标志

矿区内矿体主要赋存于玄武岩与凝灰岩界面之上的磁铁硅化岩部位。矿区的地球化学资料表明:当有强烈的 Au 异常出现时,且伴有 As 异常或 Bi 异常,可以指示矿体的赋存部位(图 2)。

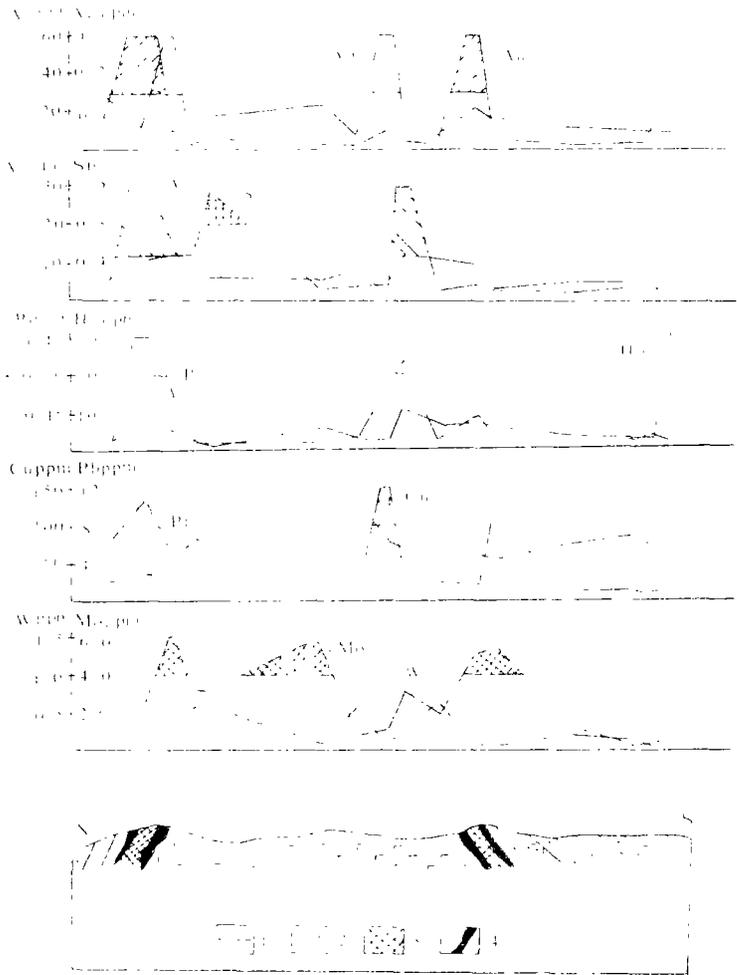
## 3 矿床地球化学异常特征

### 3.1 原生异常元素的组合特征

根据矿区地表基岩样品的测试数据进行元素相关分析及 R 型聚类分析后,得到原生异常元素相关系数矩阵表(表 4)及 R 型聚类分析谱系图(图 3)。

由表 4 可知,与 Au 关系密切的元素有 As、Bi、Ag

等。Ag 与 Au 的正相关可能反映有银金矿或含银自然金的存在;As 与 Au 的正相关可能反映有毒砂的存在或在含金黄铁矿中有类质同象的 As 出现;Bi 的出现则反映有辉铋矿存在的可



图例说明:1 凝灰岩 2 基性熔岩 3 磁铁硅化岩(脉) 4 金矿体  
图 2 阿克希克金矿 3 线地表岩石地球化学异常剖面  
Fig. 2 Geochemical anomalies section of line -3 in Akexike gold deposit

能(但目前尚未发现)。

由图 3 可知,当相似系数为 0.30 水平时,元素可明显地分为:(1)Au—As—Bi—Ag—Mo 组合,(2)Sb—Hg 组合及一些独立组分。前者是本矿床金矿化的特征性元素组合,后者可能是矿体前缘的指示元素组合。

### 3.2 原生异常的空间分布与强度

根据基岩化探数据(矿区 1:5000~1:10000 化探测量),利用统计法求出各原生异常元素特征参数值(表 5)。再根据所确定的异常下限及异常浓度分带编制了各指示元素的原生异常图(图 4)。

由表 5 及图 4 可知,Au 的原生异常规模大,强度高,近东西向展布,清晰度值为 353.3,衬值为 3.9,浓集中心明显,反映 Au 强烈富集。异常的分布范围与 Au 的矿化地段相吻合,其高浓度带能较准确地反映出金矿体的位置,对找矿具有直接指示意义。

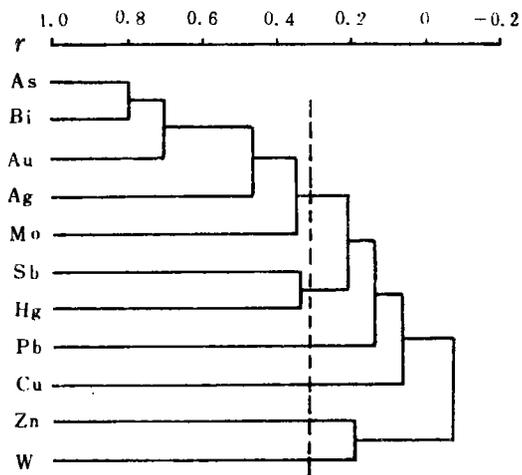


图 3 阿克希克金矿原生晕元素 R 型聚类分析谱系图

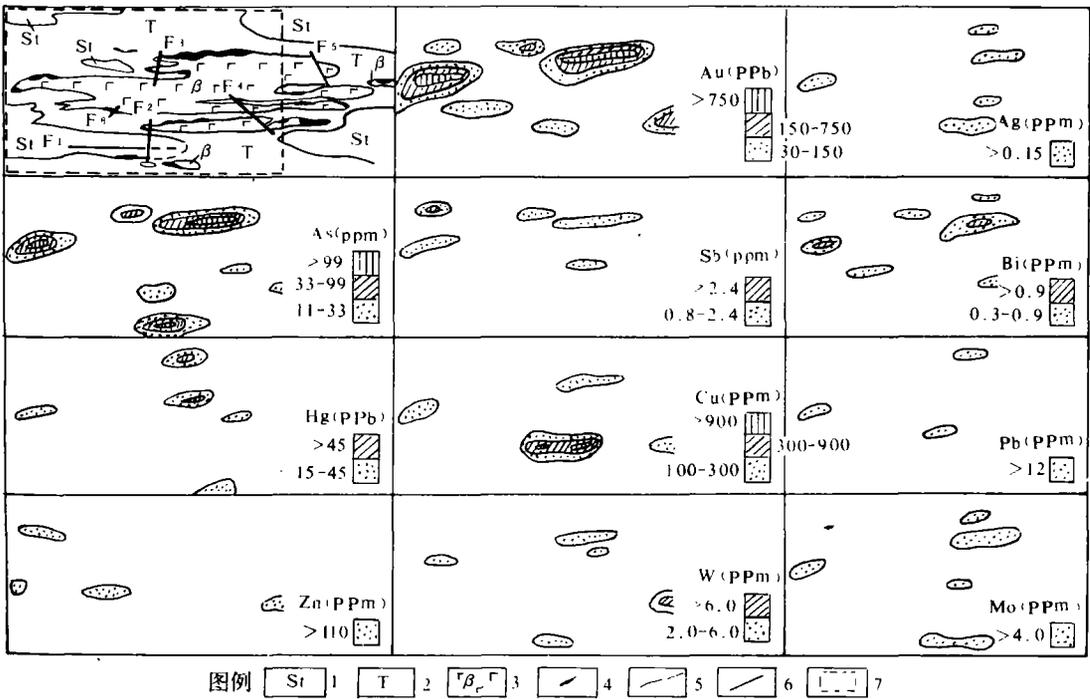
Fig. 3 Elements R-type pedigree chart of primary halo in Akexike gold deposit

表 5 阿克希克金矿原生异常特征参数表(n=188)

Table 5 Characteristic parameter of the primary anomalies in Akexike gold deposit (n=188)

元素	背景平均值(ppm)	异常下限(T)(ppm)	异常特征值					异常浓度分带(ppm)		
			均值( $\bar{X}$ )(ppm)	标准离差( $\sigma$ )(ppm)	变化系数( $C_p$ )	清晰度(max/T)	衬值(K)	外带	中带	内带
Au	0.0065	0.030	0.117	0.836	7.15	353.3	3.9	0.03~0.15	0.15~0.75	>0.75
Ag	0.074	0.150	0.307	0.147	0.46	6.9	2.05	0.15~0.45	0.45~1.35	>1.35
As	4.26	11	15.5	47.3	3.05	20.8	1.41	11~33	33~99	>99
Sb	0.35	0.8	1.51	0.49	0.32	4.7	1.89	0.8~2.4	2.4~7.2	>7.2
Bi	0.09	0.3	0.84	0.44	0.52	12	2.81	0.3~0.9	0.9~2.7	>2.7
Hg	0.005	0.015	0.037	0.0037	0.10	13.3	2.45	0.015~0.045	0.045~0.135	>0.135
Cu	34.0	100	730.5	499.5	0.68	82	7.30	100~300	300~900	>900
Pb	6.4	12	17.2	2.18	0.13	3.83	1.43	12~36	36~108	>108
Zn	44.5	110	158	60.2	0.38	3.12	1.43	110~330	330~990	>990
W	0.55	2.0	4.74	0.74	0.16	11.6	2.37	20~60	60~180	>180
Mo	1.40	4.0	6.30	3.40	0.54	4.0	1.58	4.0~12	12~36	>36

As 的原生异常规模较大,近东西向展布,与 Au 的原生异常重合性较好,清晰度值为 21, 浓集中心明显,具明显的浓度分带。Bi、Sb 异常与 Au 异常的重合性较好,较清晰,但规模小。Ag、Hg 异常强度低,规模小,呈透镜状、星点状分布于 Au 异常的中外带,清晰度值为 6.9~13.3。Cu 异常规模小,但浓集中心明显。Pb、Zn 以小的点异常零星分布在 Au 异常的附近。W、Mo 异常浓度低、规模小、以弱小异常分布于 Au 矿化地段。



图例说明:1. 粉砂岩段 2. 凝灰岩段 3. 玄武岩段 4. 金矿(化)体或磁铁硅化岩(体) 5. 实测、推测地质界线 6. 断层 7. 基岩化探工作区

图 4 阿克希克金矿原生异常图

Fig. 4 Primary anomaly map of Akexike Au-Mine

由上可知,矿区以 Au 异常发育为特征,伴有 As、Bi 等异常。其它元素是以弱小异常出现, Au 异常的浓集中心往往指示矿(化)体的存在。

### 3.3 原生异常的浓度分带

对主要指示元素 **Au**、**As**、**Bi**、**Ag** 等的异常,采用异常下限的等比分级(**Au**: 1, 5, 25; 其它元素 1, 3, 9)进行浓度带的划分(表 5)。由图 4 可以看出,**Au**(**As**)异常的内带与矿(化)体基本吻合,异常范围小;中带大致反映矿化体的位置;外带较宽,反映金矿带的空间展布。异常的内带向中外带的衰减梯度大。

### 3.4 原生异常与金矿体的关系

为了进一步研究本矿床的原生异常与矿体之间的内在联系,我们对区内矿化较好的 II、III、IV 矿带分别进行了加密基岩化探测量(1:500),并编制了各矿带的原生异常图。图 5 为 III 矿带的原生异常图。由图可知,各指示元素异常明显呈线型分布,与原生金矿(化)体的空间分布相吻合。其中 **Au**、**Ag**、**As**、**Bi** 等元素异常的规模大、强度高,形态类似,表明它们在成矿成晕过程中具有相似的地球化学性质。异常的延伸方向与岩性界面及构造破碎带的方向基本一致,但异常的横向浓度衰减较快,这不仅表明原生异常的形成是以成矿热液沿裂隙进行了渗滤作用为主,扩散作用为次的特点,而且表明了矿体是受岩性界面及构造破碎蚀变带控制的。然而,异常在空间的连续性较差,各元素异常间的套合性不好,这可能是成矿物质组分简单之故。这与矿床的矿化单调,矿物组合简单是相吻合的。

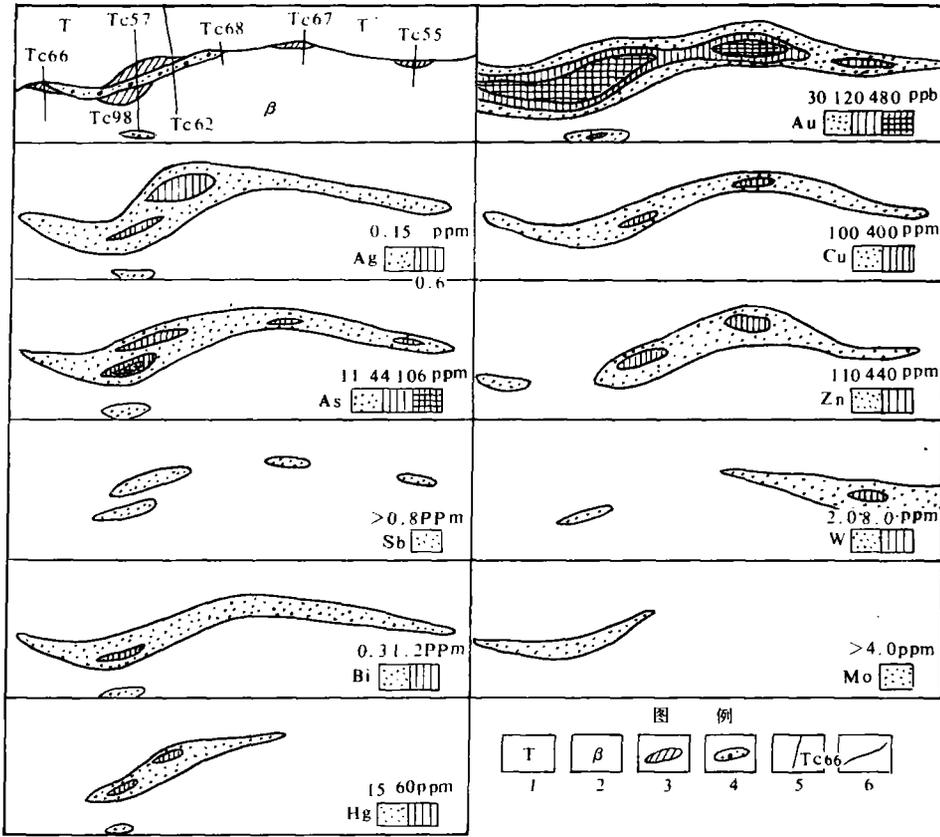
### 3.5 原生异常与次生异常的对比

阿克希克金矿处在干旱的戈壁地带。矿区地形平坦,植被稀少,地表发育有一层厚 0.1~1.0m 的砂质土,其颜色与其下的基岩相似。区内以物理风化为主,化学风化以氧化作用为主,风化产物多为原地或准原地堆积。因而,这样地区的土壤化探测量对发现原生矿体具有直接的指示意义。表 6 给出了本区土壤化探测量(1:1000)所得出的各元素次生异常的特征参数,图 6 绘制了各元素的次生异常图。

表 6 阿克希克金矿次生异常特征参数表(n=205)

Table 6 Characteristic parameter of the secondary anomalies of Akexike gold deposit

元素	背景平均值(ppm)	异常下限(T)(ppm)	异常特征值					异常浓度分带(ppm)		
			平均值(X)(ppm)	标准离差( $\sigma$ )(ppm)	变化系数(Cp)	清晰度(max/T)	衬值(K)	外带	中带	内带
Au	0.0027	0.010	0.023	0.122	5.3	125	2.3	0.01~0.05	0.05~0.25	>0.25
Ag	0.083	0.14	0.292	0.102	0.35	8.4	2.1	0.14~0.42	0.42~1.26	>1.26
As	6.5	10	18.8	24.1	1.28	14.8	1.9	10~30	30~90	>90
Sb	0.5	0.8	1.69	0.85	0.50	9.1	2.1	0.8~2.4	2.4~7.2	>7.2
Bi	0.21	0.35	0.67	0.54	0.81	7.0	1.9	0.35~1.05	1.05~3.15	>3.15
Hg	0.012	0.030	0.079	0.045	0.57	17.3	2.6	0.03~0.09	0.09~0.27	>0.27
Cu	32	60	90.3	40.4	0.45	3.6	1.5	60~180	180~540	>540
Pb	11.8	19	24.5	3.2	0.13	2.12	1.3	10~57	57~171	>171
Zn	68.8	95	101.5	6.5	0.06	1.33	1.1	95~285	285~855	>855
W	1.1	2.0	2.52	0.09	0.03	1.66	1.26	2.0~6.0	6.0~18	>18
Mo	1.8	3.5	7.78	4.2	0.54	10.3	2.22	3.5~10.5	10.5~31.5	>31.5



图例说明:1.凝灰岩段 2.玄武岩段 3.矿(化)体 4.磁铁硅化岩体 5.探槽及编号 6.实测地层界线

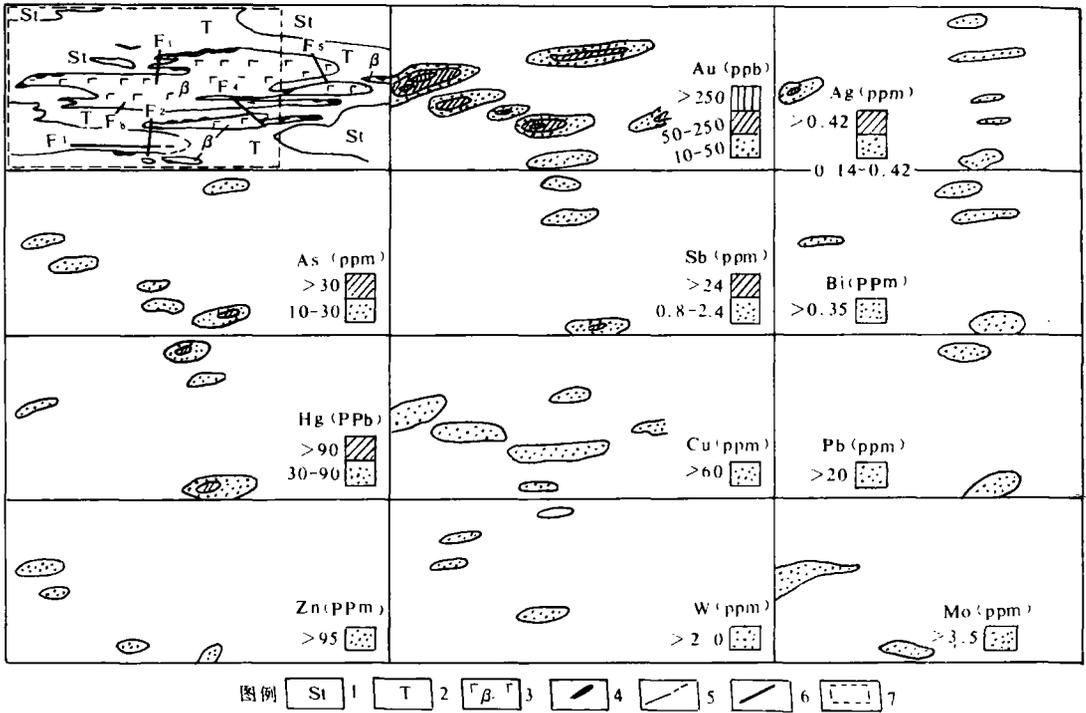
图5 阿克希克金矿Ⅲ矿带原生异常图

Fig. 5 Primary anomalies map of ore zone III in Akexike gold deposit

将表6图6与原生异常特征进行对比后发现:原、次生异常在形态、规模、异常特征值等方面都具有相似性,尤其是金元素的原、次生异常的空间分布基本一致,表明矿区内Au的次生异常是由原生异常或原生矿(化)体直接引起的。因此,本矿区的次生异常与原生异常同样具有找矿意义。

### 4 结论

(i)区内Au的丰度值较高,尤其是基性熔岩中Au的背景值较高,衬度大,能形成高强的异常。



图例说明:1. 粉砂岩段 2. 凝灰岩段 3. 玄武岩段 4. 磁铁硅化岩(体)或矿(化)体 5. 实测、推测地质界线 6. 断层 7. 土壤化探工作区

图 6 阿克希克金矿次生异常图

Fig. 6 Secondary anomaly map of Akexike Au-Mine

(2) 矿区金矿化的特征元素组合为 Au-As-Bi-Ag。

(3) 原、次生异常在其形态、规模及特征值等方面相类似、尤以 Au、As 等异常更为明显。Au 的次生异常是由原生异常或/和原生矿(化)体直接引起的。因此,本区次生异常和原生异常同样具有找矿意义。

(4) 金元素异常多呈线状、带状及扁园状、具明显浓度分带,浓集中心明显,且多与原生金矿体的空间位置相叠合,是一种直接找矿标志。

(5) 形成高强异常的元素较少、反映成矿作用过程中,物质组分单调。矿物组合简单。

参考文献

- 1 张本仁主编, 勘查地球物理勘查地球化学文集(第2集), 地质出版社, 1985
- 2 谢学绵, 区域化探, 地质出版社, 1979
- 3 [加]博伊尔 R W. 金的地球化学及金矿床(马万钧等译, 1984), 地质出版社, 1979
- 4 Levinson A A. Introduction to Exploration Geochemistry. Applied Publishing Ist. wilnetta Illinois, U. A., 1974

## A STUDY ON GEOCHEMICAL ANOMALIES OF AKEXIKE GOLD DEPOSIT

*Wu Lidao Zhou Weikang Wang Zhanyu*

*(IGMR, Nanjing)*

### **Abstract**

Akexike gold deposit is situated in eastern Altai, Xinjiang. It is a meso—epithermal vein type gold deposit which occurs in intermediate—mafic volcanic rocks. The characteristics of the geochemical anomalies of the deposit have been described in this paper. Study on geochemical data of the deposit indicates that the element association of gold mineralization is Au—As—Bi—Ag, and that the primary anomaly of gold element is directly caused by gold ore bodies. Thus, the primary gold anomaly is a direct mark in discovering gold mineralization. According to comparing between the primary and the secondary anomalies, it is obvious that both of the anomalies are of the same significance in discovering gold mineralization.