

山东省招莱金矿带金矿地球化学 异常模式及地质效果

杨化国

(冶金工业部山东地质勘探公司地球物理探矿队)

提要 金矿带位于胶北隆起的西北部,栖霞复背斜北翼。矿床类型为蚀变岩型和石英脉型。金矿严格受NE、NNE向构造控制。

金矿床最佳元素组合是: Au、Ag、Te、Bi; Au、Ag、Cu、As、Pb。找矿指示元素为: Au、Ag、Te、Cu、Pb、Zn、Sb、Mn、Ba等10种。Au与Ag、As、Te、Bi、Cu密切相关, Au与Ag、As、Te相关系数接近1。

矿体异常按三级浓度带圈定,出现三个浓度带的元素有: Au、Te、Ag、Cu,还有Zn、Mo。外带与蚀变带空间展布基本一致,内带反映矿体空间位置。矿体元素轴向分带自上而下是: Sb、As、Ag、Pb、Bi、Cu、Se、Te、Au、Zn、Mn、Ba、Mo。矿体不同标高元素对比值 $(As \times Ag) \times 100 / Mn$,矿体头部比值 >2 ;矿体中部比值 >0.5 , <2 ;矿体尾部比值 <0.5 。矿体头尾晕判别函数分带指标,判别函数是: $y = 0.0685 \ln(Ag \times As) - 0.0182 \ln(Au \times Te) - 0.0203 \ln Cu - 0.1046 \ln Mn$ 。判别临界值 $Y_c = -0.4960$,当判别函数 Y_c 大于或小于 -0.4960 时,分别为矿体头部和尾部指标。

金矿床地球化学异常模式,异常元素在矿体空间有明显浓度分带和垂直分带。异常受构造控制,并与构造方向一致,且呈带状分布。矿体头部元素: Sb、As、Ag;近矿指示元素: Au、Te、Bi、Cu、Pb;矿体尾部指示元素: Mo、Ba、Mn、Zn。

金矿原生晕可以有效地直接圈定破碎蚀变带及脉体含矿富集地段,以及寻找深部盲矿体和判断矿体剥蚀程度。

山东省招莱金矿带是我国著名的金矿成矿带之一。该区金矿资源丰富,成矿地质条件有利,是金普查找矿的重要远景区。自1978年,山东冶金地质系统物化探队在该区开展大面积次生晕黄金普查找矿工作,并在岩石出露较好的山区开展大面积原生晕详查工作,都取得较理想的地质效果。为评价原生晕异常、建立评判指标、对金矿原生地球化学异常模式进行初步研究。本文着重介绍这方面的成果和原生晕找矿效果。

一、区域地质及地球化学特征

招莱金矿带位于沂沭断裂带东侧,胶东隆起的西北部栖霞复背斜北翼,受东西向阜山背斜控制。金矿床受NE、NNE向断裂与东西向构造复合控制,其地质及地球化学特征

简述如下:

1. 区域地层主要为太古界胶东群,局部有下元古界粉子山群和上元古界蓬莱群。胶东群中的Au、Ag及其他微量元素与地壳丰度值存在一定差异,其中Au、Pb、Cu、Zn等元素明显高于地壳丰度值,显著低于地壳丰度值的元素有Ag、Mn、Te等。胶东群中Au岩的丰度值为0.019ppm, Ag为0.21ppm。Au的丰度大约是地壳的5倍,为一般花岗岩的4倍,且厚度大、分布广,成为本区特有的高背景区,与招莱金矿的成矿关系极为密切。地层普遍经受中—高级区域变质作用。其混合岩化程度因地而异,金矿带内混合岩化强烈形成混合化岗岩。胶东群被认为是招莱金矿带的矿源层。

2. 区内岩浆岩主要有玲珑花岗岩,次为郭家岭花岗闪长岩。玲珑花岗岩总体规模大,呈岩基产出,呈宽带状北北东向展布,为金矿的近矿围岩,并与金的成因联系较为密切,百分之九十以上的金矿床产于玲珑花岗岩中,Au、Ag丰度值在玲珑花岗岩中分别为:Au0.016ppm, Ag0.041ppm。低于胶东群中的Au、Ag含量。

郭家岭花岗闪长岩中Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Na等元素的含量与玲珑花岗岩比较相对较高,Au的平均含量为0.036ppm,是玲珑花岗岩的2—3倍。Ag为0.058ppm,是玲珑花岗岩的1.4倍¹⁾。

区内脉岩主要有基性岩脉、闪长岩、辉绿岩及煌斑岩脉等。

3. 本区成矿严格受构造控制,一般认为招莱金矿带是受东西向阜山背斜和与其相交的北东及北北东向主干断裂构造控制。以及由主干断裂派生的支断裂控制。矿体一般赋存于断裂下盘(断层泥对矿液富集起着一定的封闭作用)及断裂由陡变缓的地段。在二组断裂交叉复合部位则有利于金矿的富集。

4. 招莱金矿带金矿床类型有两种:一是含金石英脉型,二为蚀变岩型。含金石英脉型:走向一般为N30°—80°E,倾向NW,倾角50°—90°,其形态复杂,主要是透镜状、扁豆状及脉状,延长大于延深,含量变化大,一般由几克/吨—几十克/吨,最高可达620克/吨。矿物成分主要为黄铁矿,次为黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿、钼矿等。金矿主要为银金矿和自然金,围岩蚀变主要有硅化、绢云母化、黄铁矿化,次为碳酸盐化、高岭土化及绿泥石化。

蚀变岩型金矿:为山东主要金矿类型,该类型金矿一般为大型特大型金矿。矿床受北东向主干断裂控制。矿体走向一般为N10°—40°E,倾向NW及SE,倾角30°—60°,矿体形态呈脉状。矿脉较宽,平均厚度3—9米,最大厚度30米,矿脉长300—1200米,延深大于900米,一般延深大于延长。含金量变化稳定,一般金品位在6—10克/吨。蚀变岩型金矿一般赋存于靠近断裂带下盘,受强硅化,黄铁绢英岩化及黄铁绢英岩化花岗岩碎裂岩控制,矿体与非矿体呈渐变过渡关系。其他特征与含金石英脉型金矿相似。

1) 胶东群、玲珑花岗、郭家岭花岗闪长岩分析数据引用1982年地质局六队《山东“焦家式”金矿床控矿条件与地质特征》一文。

二、招莱金矿带金矿床地球化学特征

(一) 主要金矿床微量元素分布特征

区内不同矿床微量元素含量与围岩(玲珑花岗岩)中的微量元素相比,有明显差异,大多数元素含量高于围岩。仅个别元素如:Mo、Se、Ba低于围岩含量,而Au、Ag、Cu、Pb、As等元素含量高出于围岩的几倍至几十倍。

在矿床中能显示异常的元素有: Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Mo、Bi、Ba、As、Te、Mn等(表1)。

上述显示异常的元素在不同矿床中,含量相差较大。如: Cu在望儿山金矿中明显高于其它矿床几倍至几十倍。从平面上看招莱金矿带的某些微量元素表现出含量西高东低的规律。如: Cu在西部矿床平均含量高达698.05ppm,而在东部矿床只有45.06ppm,相差十几倍。Pb、Ag也存在着西高东低的分布规律,西部矿床Pb平均含量>1000ppm,Ag45.83ppm,而在东部Pb平均含量只有58.03ppm,As7.5ppm,As、Sb等挥发性元素在矿石中含量均较低,其分布也有西高东低的变化规律。西部矿床中Sb为5.15ppm,As87.58ppm,而东部则Sb为0.27ppm,As12.29ppm。Mn则表现与其他元素相反的规律,出现东高西低的规律。如东部矿床中Mn含量为1029.67ppm,西部则为497.7ppm。除此之外,某些元素分布还与矿石类型有关,Bi、Te元素与蚀变岩型矿石有密切关系,表现为蚀变岩型矿石中含量高于石英脉型矿石中的含量。

(二) 主要金矿床元素组合特征

招莱金矿带分布着大、中、小型金矿多处,各矿床元素组合也各不相同。各矿床元素组合根据表1异常频率统计结果如下:

焦家金矿床: Au、Ag、Pb、As、Te、Sb、Se、Bi、Ba、Zn、Mn。

新城金矿床: Au、Ag、Cu、Pb、As、Sb、Te、Se、Zn。

望儿山金矿床: Au、Cu、Ag、Mn、Bi。

灵山沟金矿床: Au、Te、Se、Ag、Ba、Pb、Bi、As。

金翅岭金矿床: Au、As、Pb、Mn、Ba、Ag。

玲珑金矿床: Au、Ag、Bi、As、Te、Mn。

上述六个矿床中有三个以上矿床出现的元素即为本区的有效指示元素。结合本区实际有效指示元素是: Au、Ag、Te、As、Bi、Mn、Ba、Pb、Cu、Zn等10种。

全区最佳元素组合,根据R型因子分析得出正交因子矩阵(表2)。因子分析结果中某一因子能近似地代表某一地质作用过程,不同元素组合反应不同地质作用,表2数据可以作为指示某一成矿作用的综合变量,从而指导化探找矿。Au除在第I主因子有高载荷(0.9636)外,在第III主因子亦有一定的载荷(0.2151),而其他主因子载荷都很低,说明I、III主因子分别为地质作用的两个矿化期,是金矿形成的主要阶段。即主因子I表征Au、Ag最重要的一次矿化阶段,其中Au、Ag、Te、Bi这些元素起主导作

表1 招莱金矿带主要金矿床矿石中微量元素平均值及元素组合特征

地区 元素	玲珑金矿		金翅岭金矿		望儿山金矿		焦家金矿		灵山沟金矿		新城金矿	
	平均值 (ppm)	异常频率 (%)	平均值 (ppm)	异常频率 (%)	平均值 (ppm)	异常频率 (%)	平均值 (ppm)	异常频率 (%)	平均值 (ppm)	异常频率 (%)	平均值 (ppm)	异常频率 (%)
样品数	8		5		5		20				3	
Au	12.49	100	6.94	100	6.26	100	7.57	62.5	12.24		5.22	
Ag	7.51	100	0.93	40	8.40	80	12.10	100	4.66	87.5	45.83	100
Cu	45.60	12.5	42.68	20	698.05	100	18.85	37.5	192.67	50	325.71	100
Pb	58.03	37.5	127.82	80	74.05	40	581.55	100	55.18	75	>1000	100
Zn	53.98	16.6	91.90	40	54.63	0	137.7	62.5	35.58	12.5	166.25	66.6
Mo	0.64	37.5	0.20	0	0.25	0						
Bi	3.01	75.0	1.00	0	4.04	60	29.04	62.5	21.78	75	13.57	33.3
Mn	1029.61	75.0	534.90	100	302.50	60	497.7	75	86.61	12.5	363.82	33.3
As	12.29	87.5	7.88	100	2.21	20	17.3	100	5.14	62.5	87.58	10
Te	1.04	87.5	0.04	0	0.07	40	3.35	87.5	1.30	100	1.89	66.6
Se	0.06	12.5	0.01	0	0.69	20	0.19	87.5	0.63	85.7	0.60	66.6
Ba	558.37	100	1093.00	60	518.50	0	922.6	62.5	1050.56	87.5	212.53	33.3
Sb	0.27	25	0.26	0	0.15	0	1.38	87.5	0.39	0	5.15	100
矿 元 组 合 特 征	Ag, Bi, As, Te, Au, Mn		Pb, Mn, As, Au Ba		Cu, Ag, Bi, Mn Au		Ag, Pb, As, Te, Ba Se, Bi, Zn, Mn		Te, Se, Ag, Ba, Pb, Bi, As		Ag, Cu, Pb, As, Se Te, Zn	

说明: 异常频率 > 60% 的均列入元素组合特征

用, 并在空间分布上是密切相关的、它反映了金—石英—黄铁矿阶段的元素组合。第Ⅲ主因子表征 Au、Ag 矿化的多金属硫化物阶段, 以 Cu、As、Pb 起主导作用, 次为 Au、Ag。它反映了金—石英—多金属硫化物阶段的元素组合。

综上所述, 主因子 I、Ⅲ概括了本区 Au、Ag 矿化的主要过程, 其中 Te、Bi、Cu、Pb、As 等元素和 Au、Ag 关系最密切。因此, 得出 I、Ⅲ因子是指示金矿床形成的最佳地球化学标志组合。根据表 2 结果最佳地球化学元素组合是: Au—Ag—Te—Bi; Au—Ag—Cu—As—Pb。

表 2 方差极大正交旋转因子载荷矩阵表

主因子 元素	I	II	III	IV	V	VI	VII
Au	0.9536	-0.0768	0.2151	-0.0173	0.0138	-0.0487	0.1301
Ag	0.5683	-0.5671	0.4231	-0.0164	-0.3268	0.1068	0.2512
Cu	0.2113	-0.0309	0.9646	0.0349	-0.0314	-0.1273	0.0741
Pb	0.1335	-0.9239	-0.2905	0.0124	-0.1161	0.1044	0.1402
Zn	-0.1356	-0.0105	0.0263	-0.0173	-0.9899	-0.0189	-0.0467
Mo	-0.0273	-0.0051	0.0282	0.9978	0.0169	0.0330	-0.0389
As	-0.0344	-0.8895	0.3893	-0.0023	0.1985	-0.0968	0.0885
Bi	0.9763	-0.1596	0.0624	-0.0048	0.1032	-0.0806	0.0189
w	0.0893	-0.1760	0.0791	-0.0416	0.0456	-0.0293	0.9744
Te	0.9926	-0.0637	0.0206	-0.0203	0.0867	-0.0479	-0.0039
Se	-0.1054	-0.0267	-0.1089	0.0344	0.0153	0.9867	-0.0364
方差贡献	3.5465	1.6264	1.2017	1.0448	1.0378	0.7519	0.7121

(三) 主要金矿床中 Au 与微量元素的相关关系

通过对变量(元素)的“相关分析”, 了解它们之间的亲疏关系, 与金元素关系密切的那些元素作为找金的指示元素。相关分析计算结果(表 3)。

计算结果表明, Au 与 As、Ag、Bi、Te、Cu 等元素是密切相关的, 其中 Au 与 As、Ag 相关系数接近于 1, 说明 Au 与 As、Ag 的相关性非常密切。除此之外, 相关性密切的元素还有: Ag 与 Bi、Cu、As、Te; Bi 与 Cu、As; Te 与 As、Cu; Cu 与 As。表 3 所列九种元素除 Pb、Se、Mn 与 Au 相关系数低于临界值外, 其他元素与 Au 的

表3 玲珑金矿52号脉相关系数矩阵表

	Au	Ag	Bi	Te	Cu	Pb	As	Se	Mn
Au	1	0.8291	0.7833	0.6754	0.6189	-0.3181	0.9144	-0.0785	0.3799
Ag		1	0.9564	0.5363	0.9173	-0.1398	0.8327	-0.0661	0.3068
Bi			1	0.4839	0.8972	-0.6380	0.8082	-0.1205	0.2613
Te				1	0.6754	-0.3633	0.7569	0.2954	0.1873
Cu					1	-0.1185	0.6543	-0.3465	0.0485
Pb						1	-0.1445	0.4223	0.1320
As							1	0.0883	0.2204
Se								1	-0.1622
Mn									1

相关系数及它们相互间的相关系数均大于临界值。说明在成矿过程中，这些元素与Au在成因上的关系是密切的。除成矿元素Au之外，Ag、Te、Bi、Cu、As也是指示金矿的重要指示元素。

三、主要金矿床地球化学异常分带特征

金矿成矿溶液在沿着断裂构造带上升过程中，随着物理化学环境的不断变化，由于元素的迁移形式不同，沉淀条件的差异，导致金及其他伴生元素在时间上沉淀有先有后和在空间分布上的分带性。

(一) 矿体元素浓度分带特征

金矿原生晕中其元素的浓度在矿体空间分布上往往出现有规律的变化，即由高浓度中心（即矿体）向外，含量逐渐降低，直至趋近于背景。根据三个已知金矿之矿体五条剖面的分析结果，按三级浓度带（内、中、外带）圈定，结果发现，矿体异常出现三个浓度带的元素有：Au、Te、Ag、Cu，还有Zn、Mn。在中带出现的元素除上述元素外有As、Pb、Mo，只出现外带的元素有Ba、Bi。

Au、Ag、Te元素各浓度带的界限与蚀变带的展布空间基本一致，其内浓度带基本反映矿体的空间位置。

(二) 矿体元素垂直分带特征

根据元素垂直分带特征规律，可以确定原生异常与矿体的空间关系。对推断矿体的剥蚀程度和寻找盲矿体有着实际意义。从以下几个途径研究垂直分带特征。

1. 根据分带指数建立元素分带序列

按着格里戈良的计算方法分别对玲珑、望儿山金矿的两条剖面进行分带序列计算，结果如下：

玲珑金矿52号脉83线元素分带序列（自上而下）是：

(上) As—Ag—Sb—Se—Ba—Mo—Te—Au—Mn—Zn (下)

望儿山1—1号脉22线元素分带序列自上而下是:

(上) Sb—As—Ag—Bi—Pb—Cu—Au—Se—Te—Zn—Mn—Ba—Mo (下)

这样的分带序列与物探公司在本区所做的分带序列相比较并与苏联某些金矿的分带序列相对照, 除个别元素位置前后有位移外, 大部分元素的排列基本相似。综合二个矿床的元素分带序列特点, 结合地质及地球化学特点等多方面的因素, 综合考虑本区分带序列从上而下是: (上) Sb—As—Ag—Pb—Bi—Cu—Se—Te—Au—Zn—Mn—Ba—Mo (下)

2. 根据不同标高元素对比值建立元素的分带指标

选择矿体的前缘元素 (As、Ag) 和矿体的后尾元素 (Mn) 之比值确定矿体头部及尾部分带指标。各矿体不同标高元素对 $As \times 100 / Mn$ 、 $Ag \times 100 / Mn$ 比值以及元素组合累乘晕 ($As \times Ag \times 100 / Mn$) 比值结果看出, 矿体在不同标高深度上, 元素累乘晕比值随深度的增加, 比值有越来越小的趋势。说明矿体上部 As、Ag 元素发育, Mn 相对不发育。而越往深部即矿体下部 As、Ag 相对降低, 而 Mn 元素则相对增高。从组合晕比值变化 (图1) 看出, 矿体头部晕比值, 在五条剖面上除22线矿体头部没有外, 其他剖面比值都大于2。在矿体中部组合晕比值五条剖面只有22线矿体中三个点, 其中一个点大于2外, 其它剖面都小于2, 大于0.5。矿体尾部组合晕比值除83、65线没有取样外, 在50 B线尾晕比值大于2, 也可能是另一层矿体的头部晕反映。其他剖面都小于0.5。具体指标如下 (表4):

3. 利用多元判别分析建立矿体头部和尾部晕判别函数分带指标

本区各元素在矿体不同空间有明显的垂直分带规律, 用多元判别分析, 建立已知矿体的头部晕和尾部晕的判断函数, 以便对未知异常进行判别是有实际意义的。我们以玲珑金矿52号脉83线化探分析数据为基础。样品个数: 矿体头部 $N_1 = 19$, 尾部 $N_2 = 11$, 共30个。变量: 按各元素在矿体中的分散特点, 确定下列变量, 取对数值 $\ln(Au, Te)$ 、 $\ln(Ag, As)$ 、 $\ln Cu$ 、 $\ln Mn$ 。

经判别分析计算求得判别函数如下:

$$y = 0.0685 \ln(Ag, As) - 0.0182 \ln(Au, Te) - 0.0203 \ln Cu - 0.1046 \ln Mn.$$

判别临界值 $y_c = -0.4960$ 。

当判别函数 $y_c > -0.0496$ 时, 应为矿体的头部指标。 $y_c < -0.4960$ 时, 应为矿体的尾部指标。

上述函数经过显著性检验, 认为矿体头部和尾部晕之间有明显的差异, 因此, 用上述判别函数对晕的性质进行判别, 结论是可靠的。

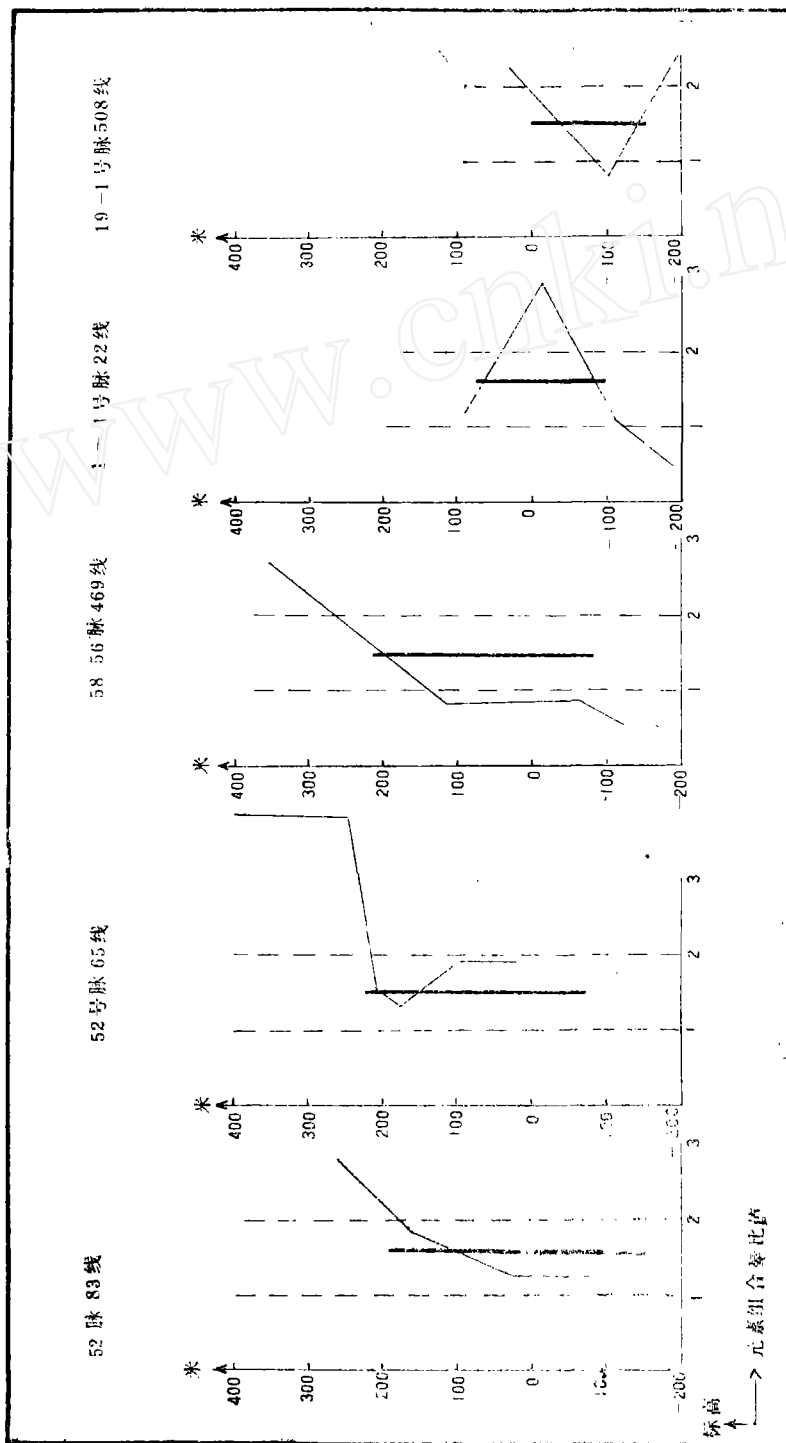


图1 组合量 $(\frac{As \times Ag}{Mn} \times 100)$ 比值曲线变化图

表4 判断矿体剥蚀程度预测指标

矿体剥蚀程度比值	$(As \times Ag) \times 100 / Mn$
矿体头部比值	> 2
矿体部位比值	$> 0.5, < 2$
矿体尾部比值	< 0.5

四、金矿床原生地球化学异常模式

综合区带内主要金矿床原生地球化学异常特征元素在矿体空间的展布及垂直分带特征, 抽象的建立招莱金矿床原生地球化学异常模式(见图2), 其特点是:

1. 原生地球化学异常元素组合是: Au—Ag—Te—Bi; Au—Ag—Cu—As—Pb
最佳指示元素是: Au、Ag、As、Te、Bi。一般指示元素是: Cu、Pb、Zn、Mn、Sb、Mo、Ba等

2. 原生地球化学异常在矿体空间上显示明显的浓度分带和组份分带特征。

(1) 浓度分带: 以矿体为中心向外随着远离矿体浓度逐渐降低, 直至趋近于背景。紧紧围绕矿体出现的元素有: Au、Te、Bi、Cu、Pb、Ag、As等。其中Au、Te、Ag的内浓度带基本反映矿体的空间位置。外带的界限与蚀变带的展布空间基本一致。

(2) 元素的组份分带:

本区元素分带序列自上而下是: Sb、As、Ag—Pb、Cu、Bi、Te、Au—Zn、Mo、Ba、Mn。在矿体头部出现的元素有Sb、As、Ag, 其中Sb向矿体上方发育并延伸较远, 是头部晕的特征元素。As、Ag除在矿体头部出现外, 而在矿体中部也有出现, 但它是矿体头部晕的特征元素。在矿体尾部出现的元素有: Ba、Mo、Zn、Mn。其中Zn、Mn在正个矿体中有异常出现, 而尾部更为发育向下延伸较远, 异常宽度大, 有明显的尾部特征。

3. 原生地球化学异常严格受构造控制, 异常呈带状分布与构造方向一致。异常宽度一般大于矿体的实际宽度。

4. 根据金矿床原生地球化学异常模式建立本区金矿头部(前缘)、近矿及后尾晕指示元素如下:

矿体头部(前缘)指示元素: Sb、As、Ag。

近矿指示元素: Au、Te、Bi、Cu、Pb。

矿体尾部晕指示元素: Mo、Ba、Mn、Zn。

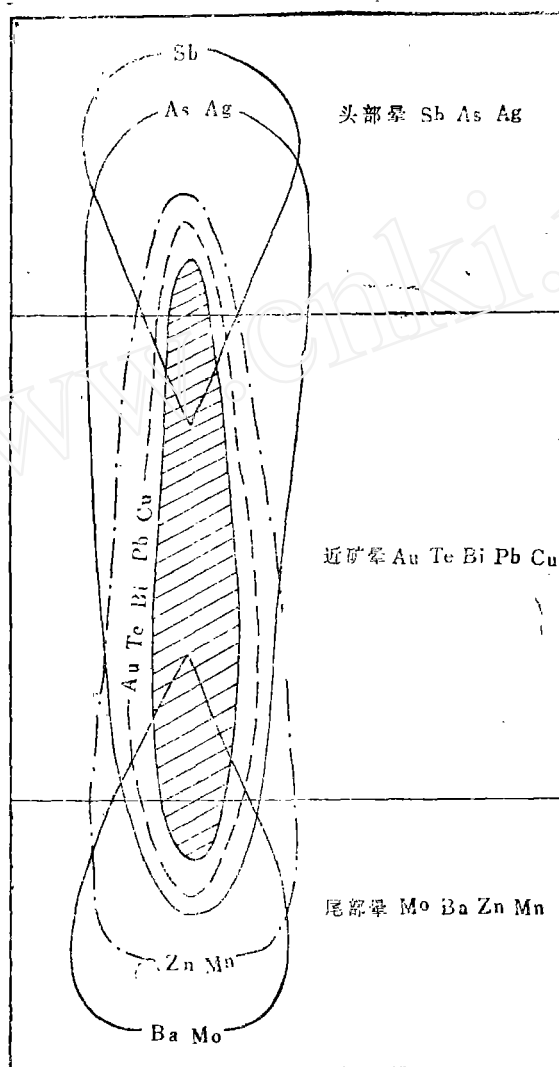


图2 金矿床原生地球化学异常模式示意图

五、金矿地球化学指示元素及预测指标

(一) 地球化学指示元素及指示作用

综合本区主要金矿床的成矿元素和伴生元素的地球化学特征，原生晕发育特点及分带性得出：**Au**、**Ag**、**As**、**Sb**、**Bi**、**Cu**、**Pb**、**Zn**、**Te**、**Mo**、**Mn**、**Ba**等对找金矿都有重要的指示作用。

Au是成矿元素也是找金的直接指示元素，**Au**在矿体周围极为发育，是区分石英脉

和蚀变岩中是否含金的重要标志。Au的内浓度带圈定赋矿地段。As、Ag、Te是金的重要伴生元素。As在矿体头部发育是找金的重要指示元素。Sb在矿体头部发育是找金的远程特征指示元素。Mo只有在矿体中下部发育,是Au矿尾部的特征指示元素。

在本区找金出现Au、Ag型及Ag、As、Pb型等元素组合异常,一般为致矿异常,是不可忽视的。

(二) 评价矿体剥蚀程度预测指标(表5)

表5 矿体剥蚀程度判别指标表

判别指标	$\frac{(As \times Ag) \times 100}{Mn}$	指示元素	判别函数指标
矿体剥蚀程度			
矿体头部	>2	Sb, As, Ag (Mn)	$Yc > -0.4960$
近矿	$>2 < 0.5$	Au, Te, Bi, Pb, Cu (As, Ag)	
矿体尾部	<2	Zn, Mo, Ba, Mn	$Yc = -0.4960$

六、金矿原生地球化学找矿地质效果

当地表岩石出露良好时,进行地表原生晕找矿工作,可以有效的直接圈定破碎蚀变带和脉体的含矿富集地段。以及寻找深部盲矿体,并在一定条件下判断矿体的剥蚀程度。根据以往在招莱地区开展原生晕工作实践证明,原生晕找矿效果是非常好的。原生晕找矿概括起来有以下四个方面的作用。

1. 直接找矿: 原生晕工作区矿体或矿化体大多出露于地表或埋藏较浅。矿体或矿化体中Au及伴生元素含量与围岩有明显的差异。原生晕异常即反映所处地质部位的含量变化情况。根据原生晕异常元素组合及浓度特征可直接判断是否为金矿体。因而化探原生晕找矿信息直观,可用来直接找矿。如(图3)所示,在3号脉体上方出现一套以Au、Ag、Pb为主的矿致异常元素组合类型,其异常浓度Au为0.7ppm, Ag为17ppm, Pb450ppm, Cu250ppm, Zn250ppm。地表槽探揭露刻槽取样0.3米, Au品位0.58g/t。综合分析认为该异常为矿异常。经打钻验证三个孔,在深部均见到金工业矿体。ZK20-2孔在65.45米—66.11米处见到矿体厚0.60米, Au品位19.60g/t, Ag23.12g/t。ZK20-4孔在孔深210米处见到2.05米厚, Au品位3.08g/t的工业矿体。ZK20-6孔在深285米见到厚0.78米, Au品位12.47g/t的工业矿体。

2. 寻找深部盲矿体: 根据原生晕地球化学异常模式特征规律,凡地表异常出现以Sb、As、Ag为主的矿体头部晕组合类型的矿致异常,其深部可能有金盲矿体存在。利用这一规律寻找深部盲矿是有实际意义的(如图4),剖面异常有二个高峰值。右边的高峰异常元素组合为Au、Pb、As、Bi、Ag,是出露地表已知金矿体引起的。而左边的高峰异常元素组合为Ag、As、Pb、Au、Zn等,相对应地质体为绢英岩化破碎蚀变带,根据异常特征推断深部可能为盲矿体存在引起的。因此,设计ZKB孔,一方面追索已知

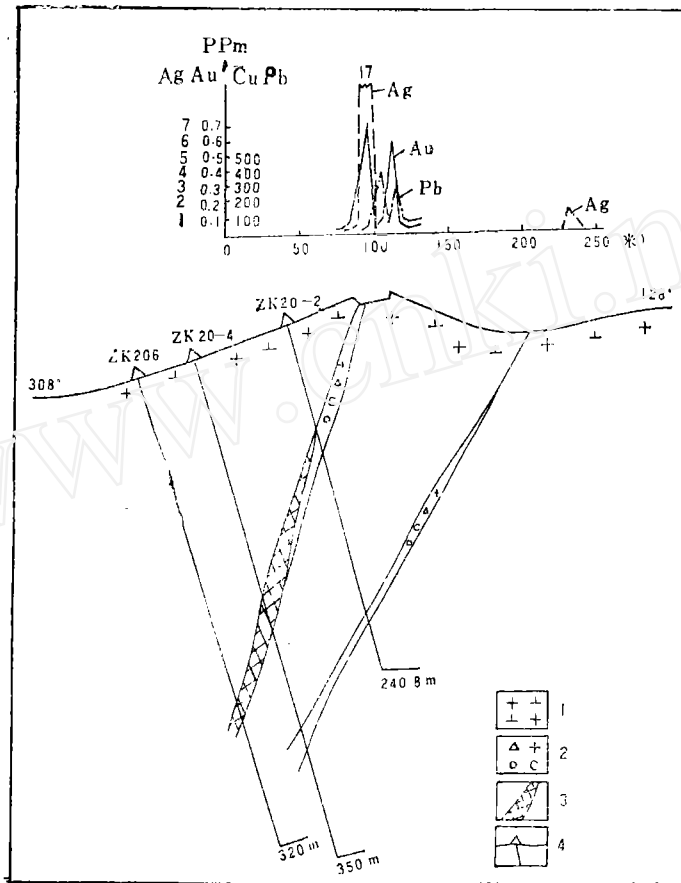


图3 原生晕异常验证剖面图

1.花岗岩长斑岩; 2.绢英岩化碎裂岩; 3.金矿体; 4.钻孔

金矿体的延深,另一方面验证深部是否有盲矿体存在。验证结果证实在深部确实见到金的工业矿体,达到了预期效果。

3.圈定和发现已知和未知隐伏含矿破碎带及脉体的含矿富集地段。

招莱金矿带金矿都赋存在含矿蚀变带及石英脉中,但不是所有蚀变带和脉体都有矿,即使是含矿蚀变带或脉体,也不是整个蚀变带或脉体都有矿,仅仅是在某一地段内富集。通过化探原生晕工作能起到圈定和发现已知和未知隐伏破碎带及脉体的含矿富集地段。如(图5),为评价①②号脉体的含矿性,地质上布置二个孔ZK1和ZK2,结果均未见到矿体。后来做原生晕工作圈定出847和849号异常,发现异常并不在原来打钻的位置上。为验证847和849号异常,又布置二个钻孔ZK3和ZK4,施工结果二个孔均见到金的工业矿体。充分说明原生晕能起到圈定脉体的含矿富集地段。

另外表土覆盖下的隐伏含矿蚀变带,由于没有工程揭露是难以发现的。通过原生晕异常特征和异常所处地质部位分析,可推断出隐伏含矿蚀变带来,玲珑矿田原生晕工作后

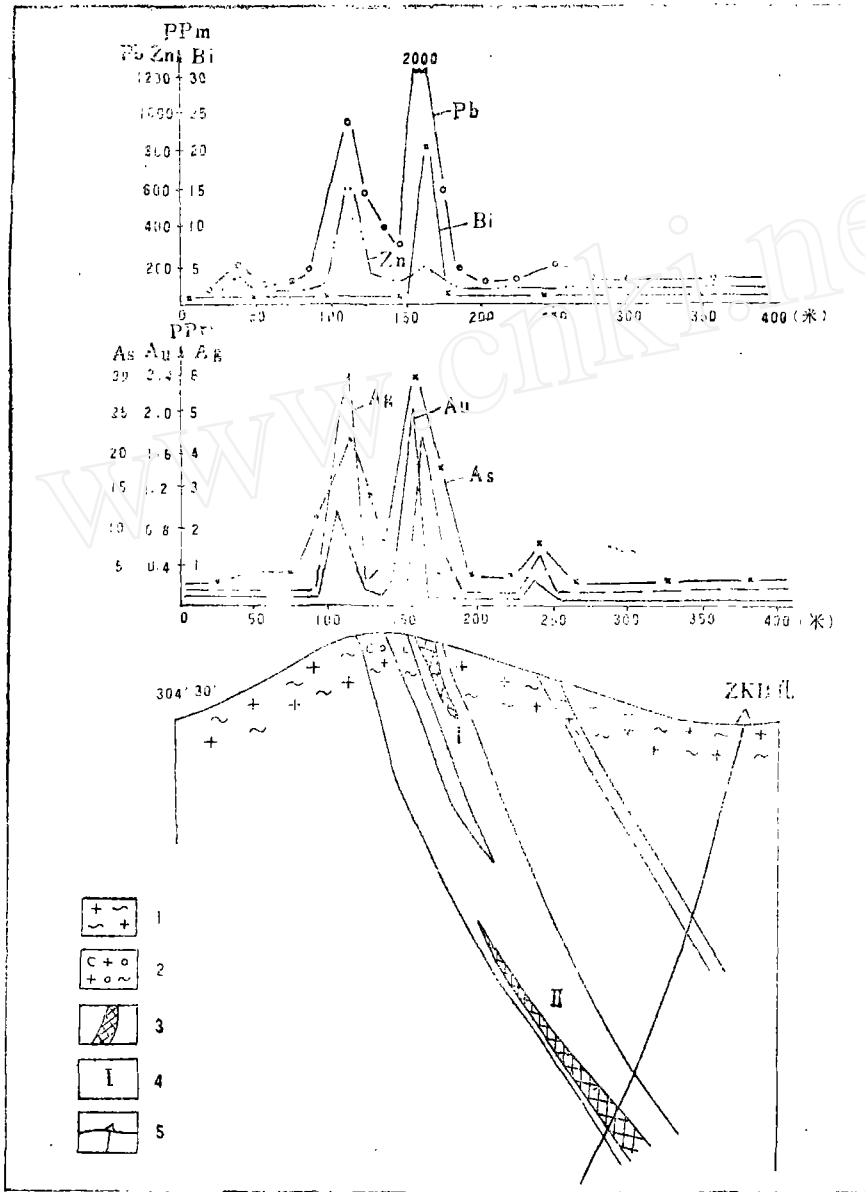


图4 原生晕异常验证剖面图

1. 玲珑混合花岗岩； 2. 绢英岩化花岗岩； 3. 金矿体； 4. 矿体编号； 5. 钻孔

推断出隐伏断裂带70多条。如H48—8、H84—7号异常，处于48、50号脉体的延伸部位，地表没有发现蚀变带。根据化探原生晕异常分析推断，认为该异常为金矿化蚀变带引起。经过TC119—2号探槽揭露，见到数层矿化蚀变带，刻槽取样分析，多数样品均含金，其中六个样Au在2g/t以上，Au品位最高达26.99g/t。

4.判断矿体剥蚀程度：根据原生晕异常元素组分在矿体空间分带特征规律判断矿体剥蚀程度。若异常出现矿体头部晕的一套组合类型，说明矿体没有被剥蚀或浅剥

蚀,可能有深部盲矿体存在。若异常出现尾部晕的一套元素组合类型,说明矿体被剥蚀掉或大部被剥蚀了。如(图6)即反映矿体被剥蚀的例子。117号脉体上地表剖面出现一套

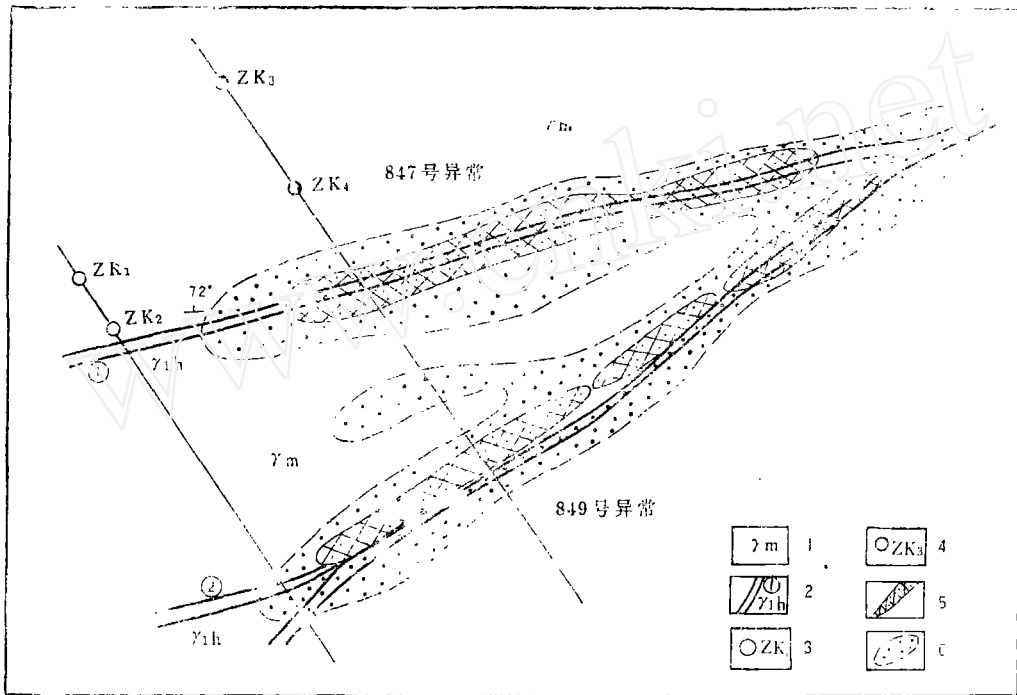


图5 原生晕异常平面图

1. 玲珑花岗岩; 2. 金矿脉及编号; 3. 未见矿钻孔; 4. 见矿钻孔; 5. Au异常等值线;
6. Ag、As、Pb、Zn、Cu异常等值

尾部晕元素组合类型非常发育的元素组合,有Ba、Zn、Mo等,其含量值Ba最高值大于10000ppm, Zn500ppm, Mo50ppm,根据这一特征推断矿体被剥蚀了。为评价171号脉含矿性,地表布置二个孔,ZK117-1和ZK117-2孔,验证结果二个孔都没有见到工业矿体,证实推断结论是正确的。

上述实例说明招莱金矿带化探原生晕找金矿效果非常明显,是重要的找矿方法之一。工作在进行中有些结论有待今后进一步总结和探索。有不当之处望提出指正。谢谢。

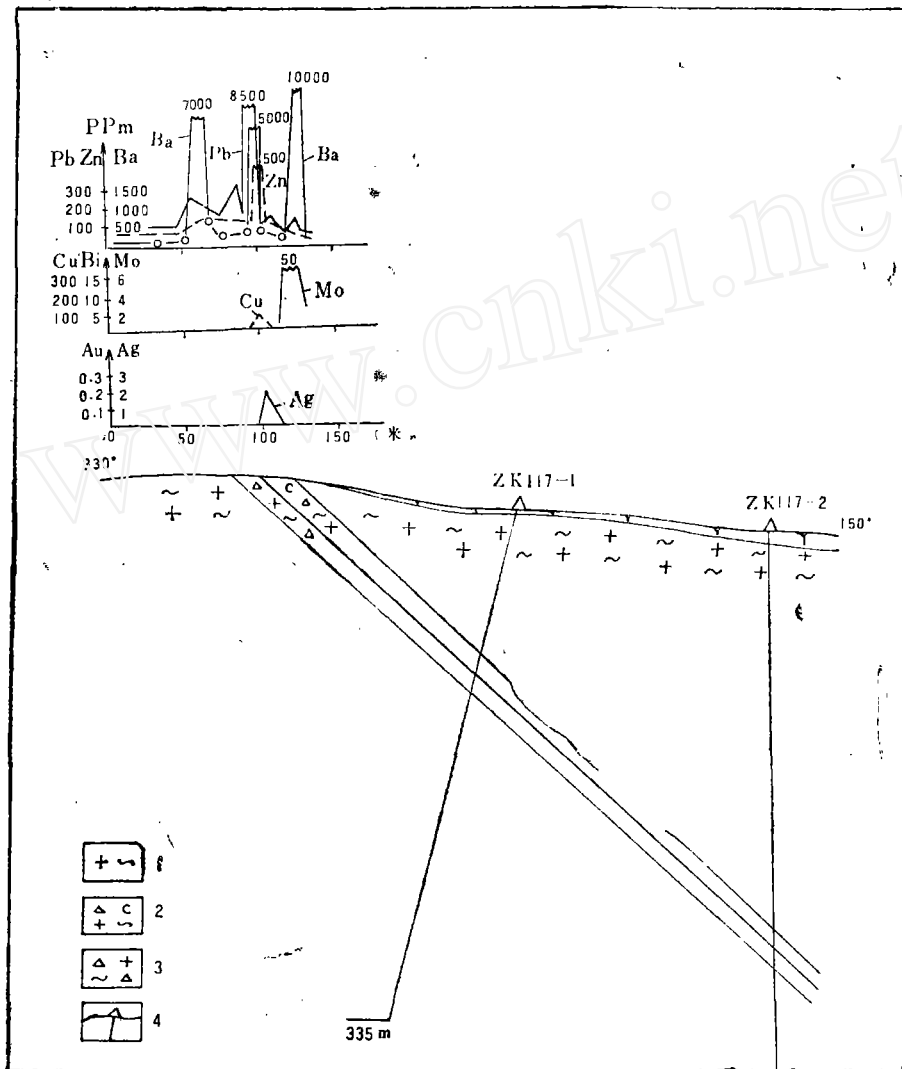


图6 原生晕异常验证剖面图

1, 玲珑混合花岗岩; 2, 绢云母化碎裂混合花岗岩; 3, 碎裂混合花岗岩; 4, 钻孔

THE GEOCHEMICAL ANOMALY PATTERN AROUND THE GOLD DEPOSITS IN THE ZHAOLAI GOLD BELT AND ITS APPLICATION IN GOLD EXPLORATION

Yang Huaguo

(The Geophysics—geochemical Prospecting Brigade, Shandong Bureau of Geology & Mineral Resources)

Abstract

The gold ore zone is located in the north—west of the Jiaobei Uplift and the north flank of the Qixia Anticlinorium. The depositions can be classified into two types, namely, the alteration rock type and the quartz vein type, which are highly controlled by the NE trending and NNE—trending structures.

The most favourable combinations of the gold deposits are: Au, Ag, Te, Bi; Au, Ag, Cu, As, Pb. There are ten indicator elements for gold prospecting, ie. Au, Ag, As, Te, Cu, Pb, Zn, Sb, and Ba. Au is closely related to Ag, As, Te and Cu, and the correlation coefficient between Au and each of Ag, As, and Te is close to 1.

The geochemical anomalies of orebodies can be delineated in the light of three concentration zones with respect to the elements of Au, Te, Ag, Cu, Zn and Mo. The spatial distribution of the outside zone is almost the same as that of the alteration zone. The inside zone corresponds spatially to the orebody. The distribution of the element within and around the orebody is featured by a vertical zoning and it goes like this: Sb, As, Ag, Pb, Bi, Cu, Se, Te, Au, Zn, Mn, Ba and Mo (from above to below). The $(As \times Ag) \times 100 / Mn$ ratio in the orebody changes with the elevation, being >2 , $0.5-2$ and <0.5 for the upper, middle and lower parts of the ore body, respectively. The Zoning indexed discriminant function of the frontal halo and the tail halo of the ore body is $Y = 0.0685 \ln(Ag \times As) - 0.0182 \ln(Au \times Te) - 0.0203 \ln Cu - 0.1046 \ln Mn$, with the critical value Y_c being -0.4960 . For the frontal halo, Y_c is greater than -0.4960 whereas the tail halo has Y_c less than -0.4960 .

In terms of our geochemical anomaly pattern of the gold deposits, the distributions of elements are obviously in concentration zoning and vertical zoning. The anomalies are controlled by the structure having

the same orientation with it and distributed in zonation. The elements occurring on the top of the ore bodies are Sb, As and Ag. The indicator elements near the ore bodies are Au, Bi, Cu and Pb. The indicator elements in the tail zone of the ore bodies are Mo, Ba, Mn, and Zn.

The primary halo of the geochemical anomalies can be used to delineate effectively and directly the crush-alteration zone and veins of gold-concentrated mineralization, to search for blind orebodies in the deep and to determine the erosion level of the known orebodies.