

云南东川区播卡金矿地球化学分带模式 及深部隐伏矿体预测*

吴富强¹, 游延安²

(1 河南省煤田地质局煤炭地质勘察研究院, 郑州 450052)

(2 重庆市地勘局107地质队, 重庆 401120)

摘要:为了探索播卡深部的找矿空间及找矿方向, 本文在播卡矿区钻孔样品分析数据的基础上, 研究了播卡金矿床的元素富集规律、元素组合、元素异常在地表及空间的分布特征, 建立了播卡金矿的原生晕分带模型、地球化学勘查模式, 提出了不同深度的原生晕判别指标, 在此基础上对播卡金矿的深部隐伏矿体进行了预测。结果显示播卡金矿的深部及邻区具有寻找隐伏矿体的良好前景。

关键词:播卡金矿; 分带模式; 隐伏矿体预测; 云南东川

中图分类号:P618.51

文献标识码:A

云南省播卡金矿与贵州省贞丰县烂泥沟金矿、辽宁省盖县猫岭金矿齐名, 曾被国土资源部称为被外资圈定的三大“世界级金矿”(这三大金矿一度分别为澳大利亚的澳华黄金、加拿大的曼德罗矿业公司、加拿大的西南资源公司掌控)。2008年5月末, 江苏省有色金属华东地质勘查局收购了云南播卡金矿的全部外方股权, 成为这家金矿的绝对控股方, 被外资控制长达7年之久的金矿终于回归了祖国。

本文从地球化学的角度研究了播卡金矿的土壤地球化学异常分布特征及水平分带, 研究了金矿钻孔原生晕的异常分布特点, 建立了播卡金矿的分带模式, 并对播卡金矿的深部隐伏矿体进行了预测研究。

1 区域地质概况

播卡矿田位于川-滇-黔多金属成矿域中南部。区域基底为双层基底, 太古-早元古结晶基底(片麻岩、混合岩化)和中元古褶皱基底。曲靖-昭通断裂和绿汁江断裂控制了康滇地轴的东西边界, 小江断裂和普渡河断裂控制了东川次级隆起的東西边界, 汤丹断裂控制了东川次级隆起的南部边界。一系列近南北向脆-韧性断裂带和近南北向褶皱控制了播卡矿田, 出

* 收稿日期: 2010-09-17

第一作者简介: 吴富强(1964~)男, 河南西峡县人, 博士后, 教授级高工, 主要从事金属热液矿床与油气之间成生联系的研究。

露地层为中元古界昆阳群因民组、落雪组、黑山组、大营盘组、小河口组及麻地组,主要为浅变质火山碎屑沉积岩和正常碎屑-化学沉积岩,其中主要的含金地层为因民组、落雪组和黑山组。侵入岩主要以基性岩为主,少量中性岩,产状为岩脉、岩枝、岩株,受南北向深大断裂破碎带构造控制(图1)。

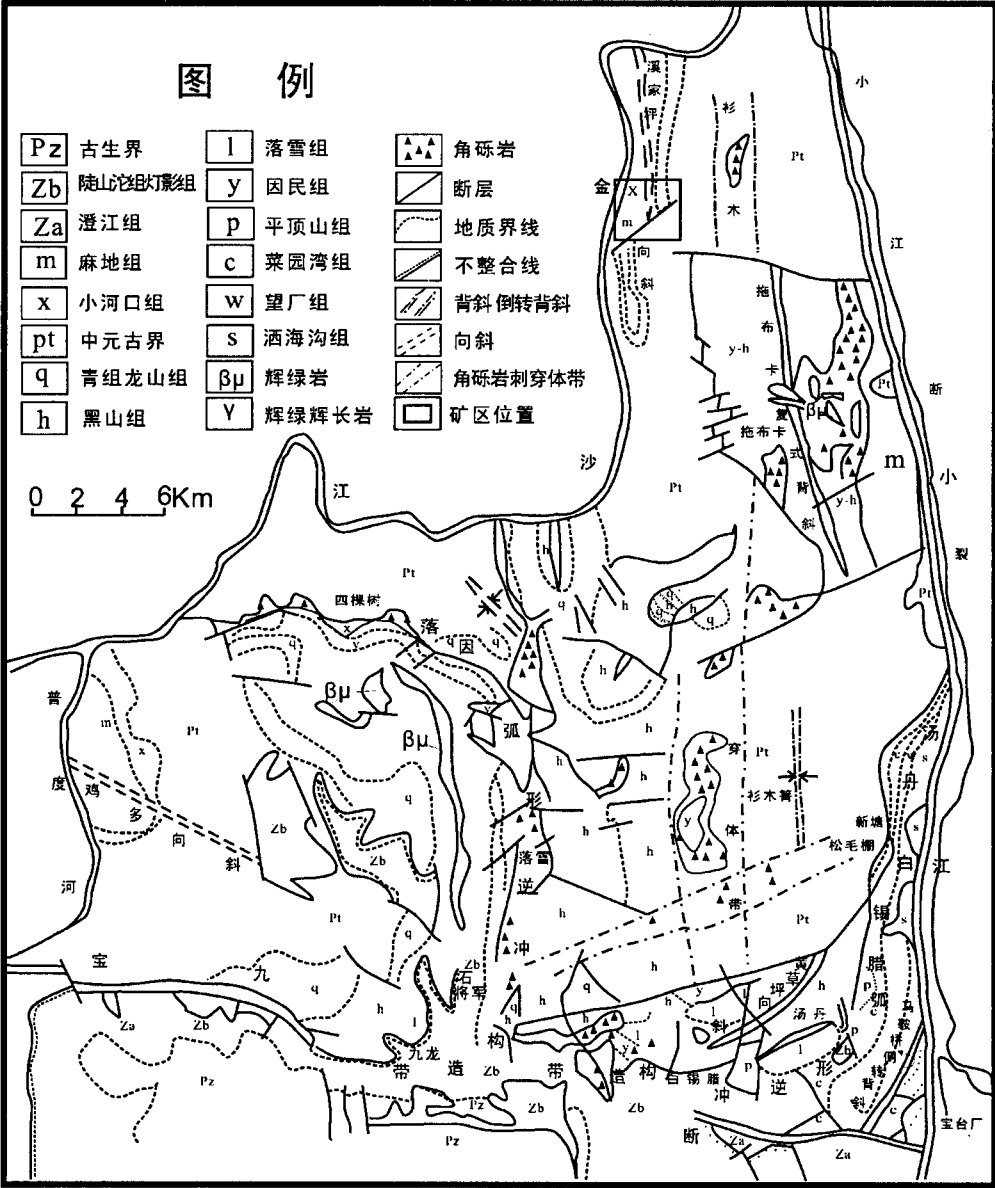


图1 播卡矿田构造纲要图(据蒋家申,1998)

Fig.1 Tectonic outline map of the Boka ore field(after Jiang Jia-shen, 1998)

2 播卡金矿床地质特征

播卡金矿由新山-马家沟两个矿段组成。新山矿段矿带地表出露方向NW20°~30°,出露

长度大于 600 m。马家沟矿段矿带地表出露方向 NE20°~40°,出露长度大于 730 m。播卡金矿床由 16 条矿体组成,新山矿段和马家沟矿段各有 8 条。矿体呈薄层状、透镜状在地表断续出露,连续性差。

金矿体主要赋存于因民组,部分赋存在落雪组、黑山组,岩性主要为各种蚀变构造角砾岩、含碳钙质粉砂岩、含碳粉砂质板岩、含碳板岩及蚀变中基性岩。组成矿石的金属矿物有黄铁矿、褐铁矿,其次有针铁矿、黄铜矿,少量方铅矿、闪锌矿等。脉石矿物有石英、绿泥石、绢云母等。矿石为粒状结构与隐晶结构,残余结构、网脉状结构等。矿石的构造主要有致密块状构造、浸染状构造、斑点状构造,次为蜂窝状、胶状、土状、条纹条带状构造。矿石的自然类型为蚀变岩型金矿。

3 播卡金矿地球化学分带模式研究

3.1 矿床地球化学元素富集系数研究

研究矿床的指示元素及其组合特征是地球化学最重要的工作之一,本项研究在马家沟矿区 5000 勘探线上进行。统计了矿带内各个元素的平均值,同时与我国的元素丰度进行了对比,计算了各元素的富集系数 K_K (表 1)。

表 1 马家沟金矿区 5000 勘探线元素富集系数(K_K)表

Table 1 Element concentration coefficients (K_K) of exploration line 5000 in the Majiagou gold field							
元素	Au	As	Cu	Sb	Ag	Ni	Co
平均值	528.92	185.94	302.45	2.50	0.50	101.96	42.28
元素丰度 *	0.77	2.80	17.00	0.22	0.06	21.00	12.00
K_K	686.91	66.41	17.79	11.36	8.88	4.86	3.52
元素	Cd	Mn	Zn	Pb	K	Ba	Na
平均值	0.11	779.74	43.69	5.58	0.15	24.27	0.07
元素丰度 *	0.075	600.00	63.00	18.00	2.95	640.00	3.14
K_K	1.47	1.30	0.69	0.31	0.05	0.04	0.02

注:元素含量单位 Au、Ag、Cd 为 $\times 10^{-9}$,其余元素含量单位为 10^{-6} ;中国元素丰度(据鄯明才,1997)

从表 1 中可见,矿区所分析元素的富集系数在强度上是不同的。富集系数 $K_K > 100$ 的元素为 Au,富集系数为 $10 < K_K < 100$ 的元素有 As、Cu、Sb。富集系数为 $1 < K_K < 10$ 的元素有 Ag、Ni、Co、Cd、Mn。其它元素富集系数 $K_K < 1$ 。按照 K_K 的大小(从大到小)排列依次为 Au-As-Cu-Sb-Ag-Ni-Co-Cd-Mn-Zn-Pb-K-Ba-Na,由此得出该矿区富集元素是 Au-As-Cu-Sb-Ag-Ni-Co-Cd-Mn,这些元素可作为矿区金矿化重要指示元素。

3.2 矿床土壤地球化学异常分布规律研究

在播卡矿区,地表土壤地球化学测量发现了以 Au、As 为主,伴生 Sb、Cu、Zn、Co 的多元素组合异常。异常呈南北向带状分布,基本上与中昆阳群地层内的南北向韧性剪切构造带对应,说明中昆阳群内的韧性剪切含矿构造带是引起异常的主要地质体。

Au、As 元素范围大,强度高,互相吻合,异常具有浓度梯度变化,异常浓集中心明显,外带同剪切破碎蚀变带相一致,内带反映金矿(化)体的地表出露部位。而且 Au、As 异常共同出现两个明显套合的浓集中心,分别对应播卡南北两个矿区。

Sb、Cu 异常相对较弱,但范围与 Au、As 基本套合,显示是金矿的重要伴生元素。Ag、Co

异常不太发育,零星分布在Au、As异常中。Zn异常浓度低,只以弱的外带散布在Au、As异常周围。

从各元素异常空间分布看,区内元素存在水平分带现象,由矿带内向外,异常元素分布为As、Au(Sb、Cu)-Zn。

3.3 矿床岩石地球化学异常分布特点

为了全方位的了解区内元素的分布特征,按照不同中段,研究了播卡金矿床元素异常分布特征;同时计算了播卡金矿各中段的元素平均值。

(1) Au、As

Au、As异常特征大体相近,两元素原生异常的变化整体反映了播卡矿区的矿体变化趋势。共同特点从标高1 800至1 500 m异常分布逐渐增强,至1 400 m异常减弱。它们的高浓集异常分布在标高1 800~1 500 m的区间,且同一标高的北部的异常面积要大于南部的异常面积,这和主矿体分布位置一致。

(2) Ag、Co、Cu

Ag、Co、Cu三元素的异常总体有相似之处,但高浓集范围不同。在北部Ag元素高浓集区位于标高1 700 m,而在南部Ag元素高浓集区位于标高1 800~1 500 m。Co元素原生晕异常浓集中心分布在标高1 700~1 500 m的空间。北部矿区的异常范围要大于南部矿区的异常。从上至下异常范围变小,但该元素在北部的高浓集区处于1600~1800 m标高内的西部,南部在1 500~1 400 m标高内的东南部。

Cu元素原生异常在1 900 m标高分布在矿区的北部,在1 800~1 500 m标高内Cu异常则主要出现在南部矿区,且从北至南异常范围增加。

(3) Pb、Zn

Pb元素原生异常在北部地区从上至下的异常范围及浓集中心逐渐变小,至1500 m标高消失,高浓集区在1 700 m中段(西部)。南部矿区从上至下,异常范围逐渐变大,浓集范围变大,高浓集范围在1600~1500 m(西南)。

Zn的异常范围要大于Pb,北部矿区高浓集区在1 900~1 500 m的西北部,在南部(南西)可延伸到1 400 m。

(4) K、Na、Mn

K、Na元素原生异常在空间上的变化特征表现为,异常主要集中在北部矿区(1900~1500 m),从上至下异常浓集中心从北部的北西-南东逐步扩大。

综上所述,矿床垂直方向上元素的富集是有差异的,Au、As异常随矿体变化而变化,构成了金矿体指示元素组。Pb、Sb、K(Ag、Cu)在矿体上部相对富集,构成了金矿体前缘指示元素组;Co、Cd、Na、Ni(Mn)相对在矿体下部,构成了金矿体尾部指示元素组。

3.4 剥蚀程度判别指标研究

为了探讨矿床元素变化规律,定量研究矿床剥蚀程度,对播卡矿区不同标高元素分布特征进行了研究。利用金矿体前缘和尾部元素组,建立了两个矿床的剥蚀判别指数K1($K1 = \text{Pb} \times \text{Sb} \times \text{Ag} \times 10 / \text{Au} \times \text{Co} \times \text{Ni}$)和K2($K2 = \text{Ag} \times \text{Sb} \times 10 / \text{Au} \times \text{As}$)。利用对岩石蚀变指示作用明显的典型元素,建立了蚀变判别指数K3($K3 = \text{K} / \text{Na}$),不同标高的判别指标变化趋势见下表2。

表 2 播卡金矿体不同部位原生晕判别指标

Table 2 Primary halo discrimination indicators of ore bodies in different depths in the Boka gold deposit

标高	矿体部位	K1	K2	K3
1900	矿体前缘	0.736	0.690	7.433
1800	矿体上部	0.993	0.302	11.526
1700	矿体中部	0.013	0.026	4.829
1600	矿体中部	0.006	0.019	5.009
1500	矿体下部	0.008	0.028	4.264
1400	矿体尾部	0.012	0.055	3.055

$K1 = Pb \times Sb \times Ag \times 10 / Au \times Co \times Ni; K2 = Ag \times Sb \times 10 / Au \times As; K3 = K / Na$

3.5 典型剖面异常分布

为了深入了解与金矿床有关指示元素的分布规律,选定数据较齐全、分析元素较多的南部金矿区5000 勘探线作为典型剖面(图2),开展了相应的研究工作。在5000 勘探线剖面(图3)上可供使用的钻孔12 个,样品1993 件。

在含矿构造带上,发育 Au、Co、Pb、Ag、Cu、As、Mn、K、Na、Ni、(Zn、Cd)的异常(图2)。

(1)Au、As 异常形态基本相似,异常反映了矿化蚀变带范围。但两个元素的浓集中心有所不同,Au 异常基本上止于矿体,其浓集中心出现在偏下部,显示下部金矿体较上部金矿体更富。As 异常则贯穿整个矿化蚀变带,其范围大于Au 异常,其浓集中心在矿体的中下部连接成片;表明其是金矿化蚀变带的特征指示元素。

(2)Ag、Co 异常基本沿含矿构造带展布,异常浓集中心出现在矿体的中部或下部。Ag 异常可能是金矿体中有 Ag 的独立矿物存在,Co 异常应是 与矿化蚀变带中的黄铁矿化有关。

(3)Cu、Mn(Ni)异常浓集中心基本在矿体的前部,但又有一定的差异。Cu 异常分布在矿化蚀变带的上部,在矿体的前部连续出现较宽的异常。Mn 和 Ni 异常分布特征相近,在矿体周围出现窄小的异常,主要分布于矿体的中偏上部。

(4)K、Na 的地球化学性质是相似的,但在该矿床的分布不同,表明在成矿的过程中发生了分异。K 异常在剖面上呈片状分布在矿体前缘部位和矿化蚀变带下盘地层中,靠近地表部位异常浓度增大,表明上部存在钾化蚀变。Na 异常呈条带状分布在矿体的尾部,浓集中心出现在矿体中下部,预示矿化蚀变带尾部可能存在有钠化蚀变。总之,K、Na 异常特征有利于金矿化蚀变带的判别。

(5)Pb(Sb)异常在矿体的前部为正异常。Zn(Cd)在矿体周围为低值区,在矿体的两侧出现呈条带状展布的异常,展布方向与地层的产状一致。

综上可知,Au、As 异常范围反映了矿体和蚀变带的轮廓,异常均具有较大范围和强度,浓度梯度明显,浓集中心的形状和矿体的展布基本相似。但矿体剖面上出现了分带现象,剖面上 Cu、K、Ni、Ba、Mn 等元素异常分布于矿体前缘或矿体中上部,Na、Co 元素的异常主要分布在矿体中下部或尾部。

3.6 原生晕分带模型研究

(1)元素的分带

表 4 北部金矿区钻孔原生晕分带指数表

Table 4 Primary halo zoning indexes of drillings in the northern mineral district of the gold deposit													
标高(m)	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Cd	Co	Ni	Mn	K	Na
2000~1900	0.025	0.100	0.061	0.070	0.254	0.004	0.076	0.048	0.037	0.125	0.012	0.179	0.010
1900~1800	0.034	0.132	0.049	0.048	0.159	0.012	0.064	0.057	0.037	0.145	0.015	0.170	0.078
1800~1700	0.084	0.109	0.044	0.021	0.147	0.061	0.048	0.068	0.094	0.165	0.016	0.094	0.049
1700~1600	0.108	0.087	0.042	0.012	0.177	0.069	0.035	0.062	0.107	0.123	0.022	0.103	0.053
1600~1500	0.039	0.064	0.040	0.012	0.145	0.078	0.037	0.056	0.110	0.179	0.019	0.112	0.110
1500~1400	0.062	0.107	0.033	0.004	0.125	0.084	0.063	0.036	0.145	0.220	0.024	0.051	0.020

表 5 南部金矿区钻孔原生晕分带指数表

Table 5 Primary halo zoning indexes of drillings in the southern mineral district of the gold deposit													
标高(m)	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Cd	Co	Ni	Mn	K	Na
2000~1900	0.019	0.107	0.106	0.065	0.161	0.014	0.164	0.052	0.050	0.017	0.126	0.105	0.014
1900~1800	0.024	0.114	0.091	0.045	0.136	0.035	0.219	0.053	0.031	0.015	0.039	0.135	0.012
1800~1700	0.072	0.102	0.075	0.026	0.189	0.051	0.093	0.033	0.088	0.030	0.179	0.051	0.011
1700~1600	0.069	0.102	0.076	0.025	0.166	0.050	0.065	0.029	0.105	0.038	0.213	0.051	0.010
1600~1500	0.088	0.161	0.077	0.019	0.196	0.039	0.060	0.039	0.096	0.027	0.139	0.049	0.011
1500~1400	0.050	0.160	0.079	0.016	0.099	0.048	0.082	0.043	0.113	0.029	0.209	0.054	0.018

根据南部矿区不同中段元素分带指数的计算结果(表5),获得的金矿床元素垂直分带序列(从矿体上部向下部)为:(Cu、Pb)-(Cd、K、Sb)-(As、Mn、Ni)-(Au、Ag、Zn)-(Co、Na)。

以上只是初步结果,通过各元素变异性指数计算,进一步明确在同一中段上不同元素的上下顺序。结果获得的元素轴向分带系列如下:

- 南部矿区 5000 勘探线:K-Pb-Ag-Sb-Cd-Zn-Cu-Ni-Mn-Au-Co-As-Na
- 南部矿区:Pb-Cu-Sb-K-Cd-As-Ni-Mn-Zn-Ag-Au-Co-Na
- 北部矿区:Pb-K-Zn-Sb-Cu-Ag-Cd-Au-Na-Mn-Ni-Co-As

以上结果可以看出,虽然是从不同方面对矿体的分带指数的计算,但结果有一个大体的规律,综合上述两个矿区的分带指数,获得的播卡金矿分带序列为:Pb-K-Zn-Cu-Sb-Cd-Ag-Au-As-Na-Ni-Mn-Co。

这个分带序列与国内外研究的金矿分带序列是基本一致的。即Au、Ag、As是与金矿体密切相关的元素,相比而言Pb、K、Zn、Cu、Sb、Cd位于矿体的前缘,可以作为矿体的前缘指示元素,而Na、Ni、Mn、Co为矿体尾部指示元素。

3.7 播卡矿区地球化学异常模式

综合 5000 勘探线和播卡矿区立体地球化学异常分布特征研究,沿矿体的水平方向,Au、Ag、As、Sb、Pb、Mn、Cu、Co(K)异常普遍发育,随距矿体距离的变化而变化。Au、As 异常形成包围矿体的同心晕。Pb、Zn、Ba(Sb)Cu、K、Mn、Ni 异常分布在矿体的周边,构成矿体外围的偏心晕。整个矿床的原生异常,构成一个包围矿体的带状同心偏心晕。

在矿体轴向上,Au、As 异常形成包围矿体的同心晕;Pb、Zn、Ba(Sb)Cu、K、Mn、Ni 异常分布在矿体的周边,构成矿体外围的偏心晕;Co、Ag、Na 异常在矿体的下部出现,为尾部晕元素。据此建立的播卡金矿床元素垂直分带序列(从矿体上部向下部)为:Pb-K-Zn-Cu-Sb-

Cd-Ag-Au-As-Na-Ni-Mn-Co。

前缘富集元素 $Pb \times Sb \times Ag$ 和下部富集元素 $Au \times Co \times Ni$ 的累乘比值 ($K1 = Pb \times Sb \times Ag / Au \times Co \times Ni$), 可以作为金矿床剥蚀程度的定量判别指标, 该指标值处于 $0. n$ 时, 为矿体前缘或上部标志; 处于 $0. 0n$ 时, 为矿体的中部; 处在 $0. 00n$ 时, 表明矿体剥蚀到了下部。

$Ag \times Sb / Au \times As$ 的累乘比值 ($K2$) 是又一个矿床剥蚀程度判别指标。在矿体的前缘和上部为 $0. n$, 矿体中部小于 $0. 0n$; 矿体尾部基本上为 $0. 00n$ 。

K / Na 比值从上向下也是降低的规律, 构成了蚀变程度判别指标 ($K3$), 用于判别与金矿化相关的蚀变特征。在矿体的前缘或上部大于 10 , 矿体中部小于 4 ; 矿体尾部基本上为 3 以下。

根据上述研究建立的播卡金矿床地球化学勘查模式示于图 4 中。

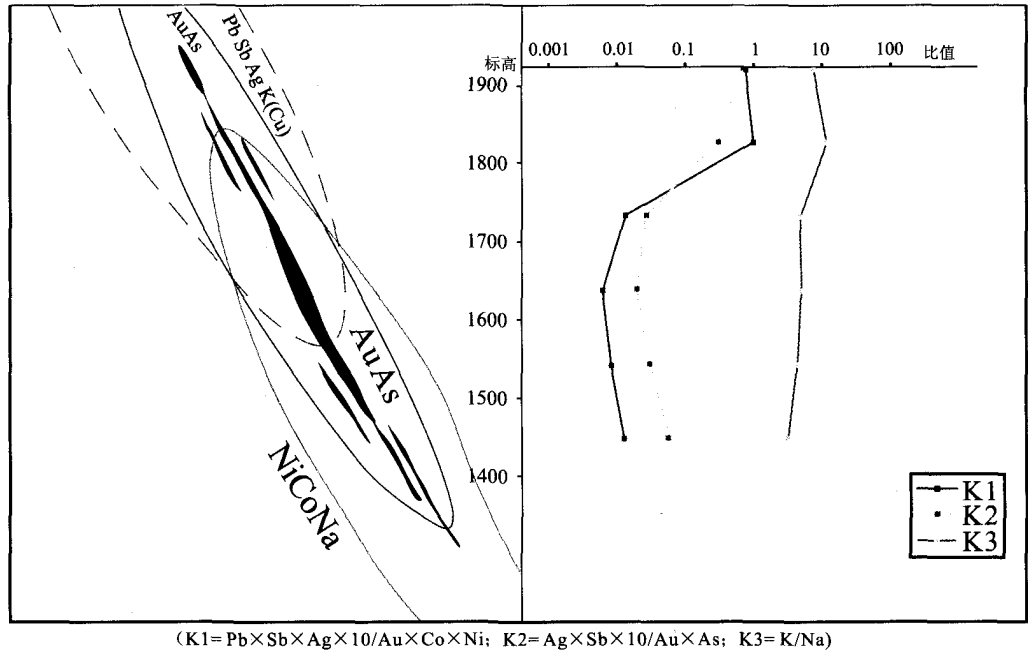


图 4 播卡金矿地球化学勘查模式图
Fig. 4 Geochemical exploration model of the Boka gold deposit

4 播卡金矿深部隐伏矿体预测

4.1 土壤地球化学异常分带

土壤地球化学研究结果显示元素水平分带明显。该矿床异常带出露面积大、强度高并具有水平分带, 表明本矿床也受到一定的剥蚀, 但深部还有相当大的规模。

4.2 原生晕异常面积延伸情况对比

Au、As 两元素原生异常的变化整体反映了播卡矿区的金矿体变化趋势。它们的高浓集异常分布在 $1500 \sim 1800\text{ m}$ 的区间内, 这和主矿体分布位置一致。但不同的是在浅部同一标高的北部 Au、As 异常面积要大于南部的异常面积, 而深部 $1400 \sim 1500\text{ m}$ 中段南部异常比北部强, 表明南部矿区深部找矿前景优于北部矿区。

4.3 金矿体不同部位原生晕判别指标

北部金矿区的剥蚀判别指数(K1、K2、K3)随着金矿体埋藏深度的增加,呈由高向低的变化趋势。这里值得注意的是K2值在1 400 m标高上有一个反弹(提高了一个数量级)。在北部矿区,1 400 m标高水平上金矿体蚀变判别指数(K3值)反常增高(相对增高一倍),并与K2值的增高相呼应,可能预示着北部深部有隐伏金矿体存在。

4.4 深部侧邻隐伏矿体预测

在1 700~1 500 m标高的西部和西北部,Ag、Co、Pb、Au、As、K元素出现了明显的异常,浓度分带清晰,剥蚀程度和蚀变判别指标也显示异常地段处于中等剥蚀水平。据此推测在1 700~1 500 m标高内向西部和西北部侧邻可能存在隐伏金矿体。

同时,在矿区的中东部也有高浓度金异常出现。剥蚀程度和蚀变判别指标也显示异常地段处于浅剥蚀水平。显示出该地段侧邻和深部方向具有良好的找寻新矿体的潜力,需要在今后的找矿工作中给予重视。

在矿区西南部的深部出现了Ag、Co、Pb、Au、As、K的高异常带,在1 700~1 600 m向东南部Ag、Au、As也出现了高浓集中心。剥蚀程度和蚀变判别指标也显示异常地段处于浅剥蚀水平。据此推测:现有工程的深部向西南方向和700~1 600 m向东南部侧邻方向,应有良好的找金前景,需要在今后的找矿工作中给以注意。

5 结论

通过以上的地球化学研究工作,初步得出以下结论。

(1)矿区富集元素是Au-As-Cu-Sb-Ag-Ni-Co-Cd-Mn,这些元素可作为矿区金矿化重要指示元素。

(2)土壤地球化学研究表明区内元素存在水平分带现象,由矿带内向外,异常元素分布为As、Au(Sb、Cu)-Zn。

(3)建立了两个矿床的剥蚀判别指数K1($K1 = Pb \times Sb \times Ag \times 10 / Au \times Co \times Ni$)和K2($K2 = Ag \times Sb \times 10 / Au \times As$)。利用对岩石蚀变指示作用明显的典型元素,建立了蚀变判别指数K3($K3 = K / Na$)。

(4)获得的播卡金矿分带序列为:Pb-K-Zn-Cu-Sb-Cd-Ag-Au-As-Na-Ni-Mn-Co。

(5)本矿床也受到一定的剥蚀,但深部应还有相当大的规模,南部矿区深部找矿前景优于北部矿区。

(6)1 700~1 500 m的侧邻有三处隐伏矿体前景较好。找矿前景排序为:矿区南部→矿区北西部→矿区中东部。

参考文献

- [1] 程辉明. 昆明东川区播卡金矿地质[J]. 云南地质, 2005, 24(4): 361-370.
- [2] 万大理. 江西金矿地球化学勘查模式[J]. 矿产与地质, 2001, 15(5): 472-479.
- [3] 薛步高. 东川托布卡金矿矿化层位与找金方向探讨[J]. 化工矿产地质, 2005, 27(2): 71-78.
- [4] 酆明才. 中国地壳与岩石的化学组成[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [5] 姚锦其, 李惠. 广西栗木锡铌钽矿床地球化学分带模型与找矿评价标志[J]. 矿物学报, 2008, 28(2): 221-226.

Geochemical anomaly zoning pattern and prognosis of deep-concealed ore bodies in Boka gold deposit, Dongchuan, Yunnan province

WU Fu-qiang¹, YOU Ting-an²

(1 *Henan Provincial Coal Geological Prospecting Institute, Coal Geology Bureau of Henan Province, Zhengzhou 450052, China*)

(2 *The 107 Team of Geology and Mineral Exploration, Chongqing Development Bureau, Chongqing, China*)

Abstract

In order to better explore the ore prospecting space and direction in the depths of the Boka gold deposit, element enrichment regularity, element association, surface and spatial distribution characteristics of element anomalies were studied in this paper based on geochemical analytical data of some drilling samples in the Boka gold deposit. In addition, primary halo zoning model, geochemical exploration model and primary halo discrimination indicators of ore bodies in different depths of the deposit were built up subsequently. On this basis, deep-concealed ore bodies in the Boka gold deposit have been predicted, and the result shows that the depths and adjacent areas of the Boka gold deposit have good potential for prospecting of deep-concealed ore bodies.

Key words: Boka gold deposit; zoning model; concealed orebody prediction; Dongchuan; Yunnan