

都龙矿区曼家寨矿段原生晕分带特征 及深部找矿潜力评价

陈俊霖, 陈守余, 赵江南, 胡振, 董凯, 傅鹏, 田光礼

(中国地质大学资源学院, 武汉 430074)

摘要: 都龙矿区为滇东南多金属成矿系统(个旧—薄竹山—老君山)的重要组成部分。为评价曼家寨矿段深部找矿潜力, 对其进行了原生晕分带的系统研究。研究表明: 原生晕形态特征显示, 前缘晕为 Cd、As, 近矿晕为 Pb、Ag, 尾晕为 W、Mo; 由格里戈良法获得轴向分带序列由浅至深为 Bi-As-Cu-Cd-Ag-Sb-W-Mo-Pb-Zn-Hg; 根据原生晕轴向分带以及 $w(\text{As})/w(\text{Mo})$ 、 $w(\text{Cd} \times \text{As})/w(\text{W} \times \text{Mo})$ 等勘查评价指标由降转升的变化趋势, 建立了原生晕叠加找矿模型。结合曼家寨矿段因子得分异常、主量元素找矿标志 $w(\text{Fe} + \text{Na})$ 等值线分布趋势, 综合认为深部仍有良好的找矿前景。上述认识已得到探矿工程验证。

关键词: 曼家寨矿段; 原生晕; 因子得分; 叠加找矿模型; 都龙矿区; 云南省

中图分类号: P618.4; P632.2 **文献标识码:** A

0 引言

都龙矿区隶属老君山锡锌多金属成矿区, 是我国继云南个旧、广西大厂后第三大锡锌矿床产出基地, 且铜街—曼家寨矿段为都龙矿区的主要生产矿段, 其金属资源量占该矿床已探明储量的 80% 以上。目前矿山随着开采时间的推移, 储量不断减少, 因而矿山的深部找矿工作提上议事日程。近年来, 原生晕研究逐渐成为评价矿床深部矿化前景的有效手段^[1-4]。原生晕是指在热液作用下, 各元素在矿体及周围围岩上形成的地球化学异常^[5], 原生晕的形成与其变化致使不同标高上金属量的积累不同, 是评价一个地区深部成矿的重要标志。本文试图通过系统研究曼家寨矿段的原生晕轴向分带特征, 总结该矿床的原生晕叠加找矿模型, 并充分考虑因子分析统计结果以及与成矿关系密切的主量元素分布特征, 对该矿段深部成矿潜力进行综合评价。

1 矿床地质特征

都龙矿区位于云南省东南部的老君山花岗岩西南侧, 为个旧—薄竹山—老君山成矿系统的重要组成部分, 主要包括铜街、曼家寨、辣子寨、金石坡等矿段(图 1)。

矿区主要出露地层为中寒武统田蓬组, 自上而下分为石英云母片岩夹大理岩($\epsilon_2 t^5$)、方解石大理岩($\epsilon_2 t^4$)、石英云母片岩夹大理岩($\epsilon_2 t^3$)、白云石大理岩夹片岩($\epsilon_2 t^2$)、片麻岩($\epsilon_2 t^1$) 5 个岩性段, 其中 $\epsilon_2 t^2$ 为主要含矿层^[6]。区内岩浆活动强烈, 燕山晚期老君山花岗岩主体出露于矿区北侧, 并南倾伏于矿区深部; 区内花岗斑岩脉十分发育, 呈 SN 向展布。矿区位于老君山复式背斜西翼, 平行于底层走向的纵向断层十分发育, 其中产于不同岩性中的层间剥离断层 F_0 、 F_1 为主要断层, 对成矿具有重要的控制作用。由于多期构造运动叠加, 区内变质作用

收稿日期: 2016-04-27; 责任编辑: 赵庆

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(编号:41302065)资助。

作者简介: 陈俊霖(1993—), 男, 在读硕士研究生, 主要从事矿产资源勘查与评价的研究工作。E-mail:309862874@qq.com

通信作者: 赵江南(1984—), 男, 讲师, 主要从事资源勘查以及矿床地球化学研究工作。E-mail:zjn198402@163.com

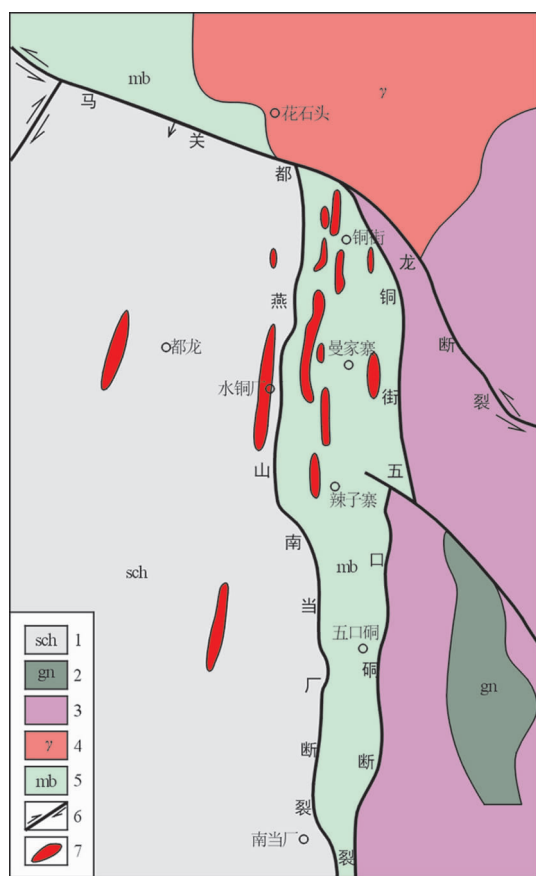


图 1 都龙矿区地质简图

Fig. 1 Geological sketch of the Dulong ore deposit

1. 片岩; 2. 片麻岩; 3. 斑状花岗岩; 4. 花岗岩;

5. 大理岩; 6. 断层; 7. 矿体

较为复杂, 表现为在田蓬组中下部发育片岩类、大理岩类、砂卡岩类岩石。

矿体以层状砂卡岩型矿体为主, 规模较小的石英、方解石、萤石等脉型矿体也占有一定地位。区内矿体呈似层状、透镜状、扁豆体等, SN 走向, 倾角 $10^{\circ} \sim 40^{\circ}$, 矿体走向长度一般为 $80 \sim 400$ m, 主矿体的厚度一般为 $8 \sim 20$ m, 个别矿体已达大型矿床规模。矿石的金属矿物主要为铁闪锌矿、磁铁矿、锡石、黄铜矿、磁黄铁矿、黄铁矿, 次为毒砂、铜蓝、辉铜矿、黝锡矿、菱铁矿等; 非金属矿物有钙铁辉石、透辉石、绿泥石、金云母、石英、萤石、白云石、阳起石、石榴子石、透闪石、绿帘石、白云母、方解石等。矿石结构主要为半自形—自形结构、粒状变晶结构、固溶体分离结构、细脉状结构及交代残余结构等; 矿石构造主要为块状构造、纹层状—条带状构造、浸染状构造、脉状构造、角砾状构造等。

围岩内蚀变作用强烈, 主要为砂卡岩化、硅化、碳酸盐化、绿泥石化等, 其中砂卡岩化与成矿关系最

为密切。

2 原生晕特征分析

2.1 样品采集及测试

有研究资料^[7]表明, 原生晕一般在矿体和围岩上有良好的分带性, 且矿体不同部位所富集元素组合有显著的差异。为系统研究都龙矿区曼家寨矿段原生晕的分布特征, 本次研究样品主要采自 24 号矿体及围岩, 部分采自 13 号矿体周围, 采集样品共计 129 件。

根据阮天健等^[8]所总结的多金属(铜、铅、锌)矿床的原生晕指示元素组合, 结合曼家寨矿段的矿化与蚀变特点, 本次研究选取 Cu、Pb、Zn、Ag、Cd、Bi、Sb、As、Hg、W、Mo、Sn 等元素作为分析测试对象。

分析测试在河南岩石矿物测试中心进行。其中, Ag、Sn 采用 WP1 光栅摄谱仪测试, As、Sb、Bi、Hg 采用 AFS-8330 双道原子荧光光度计测试, W、Mo 采用 JP-2 示波极谱仪测试, Cu、Cd 采用 XSERIES2 电感耦合等离子体质谱仪测试, Pb、Zn 采用 ZSX Primus II 射线荧光光谱仪测试。

2.2 原生晕的形态特征

原生晕的形态特征较为直观地反映各元素在空间相对富集部位, 并以不同元素在剖面上的发育形态作为矿床深部预测的基础^[9]。都龙矿区曼家寨矿段原生晕形态特征研究以确定异常下限为基础, 其数据处理流程为: 对元素的含量以平均值加减两倍标准离差进行循环剔除特高值及特低值, 然后对合理范围内的点按照平均值加两倍标准离差确定异常下限(C_v), 以 1 倍、2 倍、4 倍异常下限确定外、中、内带(表 1)。根据异常下限绘制出各成矿元素及伴生元素剖面原生晕等值线图(图 2)。

从图 2 可见: ①主成矿元素 Zn、Cu 在空间的展布形态与矿体相吻合, 大致体现了矿体向西侧伏的特征, 且愈往深部有升高的趋势; ②Bi 元素富集于标高 1 200 m 左右, 异常较为分散, 在矿体下部异常较弱; ③As、Hg 在矿体上部均出现聚集段, 且 As 元素在标高 1 000 m 以下出现了第二个聚集段, 典型前缘元素在剖面上出现两个聚集段可能代表着不同时期的成矿前缘部位; ④Pb、Ag 元素在剖面上略具分散, 基本富集于 1 150~1 250 m, 属矿体中间部位; ⑤典型高温元素组合 W-Mo 异常面积较大, 自 900 m 至 1 200 m 均有异常, W 元素发育有良好的内、中、外带, 具有东高西低的特征。

表 1 原生晕元素分带参数

Table 1 Parameters for zonation of primary halo

参数	Ag	As	Sb	Bi	Hg	W	Mo	Cu	Cd	Pb	Zn
外带(C_v)	4.3	199	4.2	13.5	20.5	9.6	0.6	5.7	20.2	26.5	81.3
中带($2C_v$)	8.6	398	8.4	37.5	41	19.2	1.2	11.4	40.4	53	163
内带($4C_v$)	17.2	796	16.8	61.5	82	38.4	1.8	22.8	80.8	106	325

量单位: $w_B/10^{-6}$, 其中 $w(\text{Ag}, \text{Hg})/10^{-9}$, $w(\text{Zn}, \text{Cu})/10^{-4}$ 。

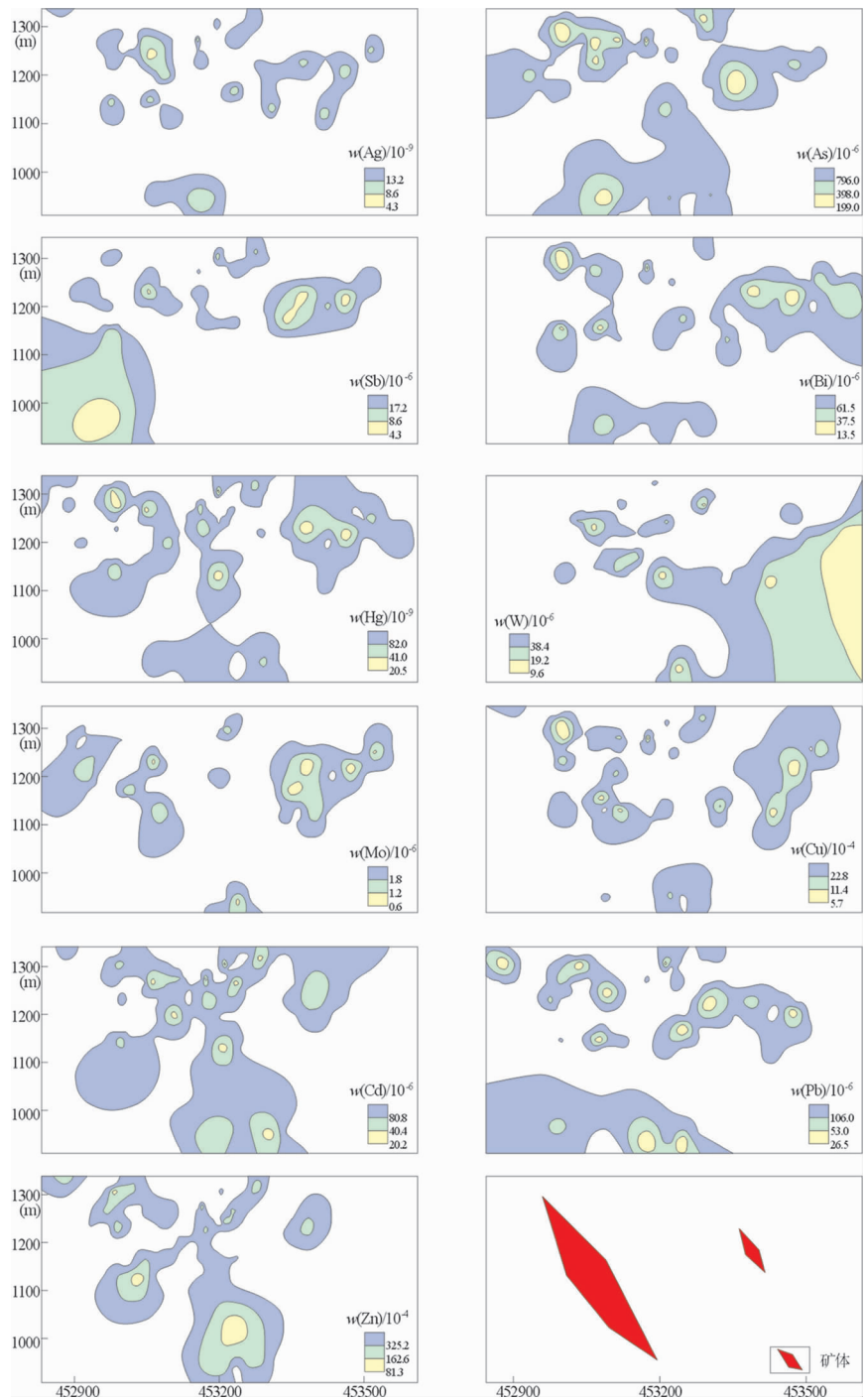


图 2 曼家寨矿段成矿成晕元素剖面等值线图

Fig. 2 Profile contour of ore-forming and halo-forming elements

依据各元素在空间上的发育形态可初步判断:矿体上部尾晕元素与前缘晕元素共存(As、Hg、Bi),矿体中部近矿晕与尾晕共存(Ag、Zn、Cu、Pb、Mo、W),矿体下部前缘晕、尾晕共存(As、W)。

2.3 原生晕的轴向分带特征

原生晕的轴向分带是原生晕的重要特征之一,对其研究可以判断成矿流体的运移方向、判断矿体的剥蚀程度以及对深部矿体进行预测,主要的研究方法有分带指数法、浓集系数法等。本文采用 C. B. 格里戈良提出的分带指数计算方法^[10]。

根据上述计算出的异常下限,以所有大于异常下限的数据作为研究对象,将不同中段中各元素异常平均值乘以其对应的控制距离,求得各元素的线金属量。将某元素的线金属量除以其所在各元素线金属量总和的比值来计算分带指数(表 2)。根据元素分带指数最大值所在的截面位置,由浅至深将元素进行初步排序。当同一标高上可能存在多个元素的最大值时,各元素在分带中更确切的位置由变异性指数(G)以及变异性指数的梯度差(ΔG)来确定。经计算,都龙矿区曼家寨矿段确切的原生晕轴向分带由上至下为:Bi-As-Cu-Cd-Ag-Sb-W-Mo-Pb-Zn-Hg。

将曼家寨矿段原生晕轴向分带序列与文献^[10]所总结的多金属矿床的标准轴向分带序列相对比,发现两者有较大的区别:①Bi 元素出现在分带序列的最前方位置,表明矿体已遭受较深的剥蚀程度;②As-Cu-Cd-Ag-Sb-W-Mo 出现的相对位置较为合理(As 赋存于砷黝铜矿中,其活泼性强出现于分带序列前方;而 Cu 主要以黄铜矿形式赋存,Cd 赋存于

闪锌矿中,Ag 与 Sb 通常赋存于深红银矿中,W-Mo 则赋存于高温热液形成的矿物中);③Pb-Zn-Hg 出现在分带序列的最下方,表明受到了深部另一矿体前缘晕的叠加,深部有较好的成矿潜力。

综上,本文所获得的曼家寨矿段原生晕轴向分带序列(由上至下为:Bi-As-Cu-Cd-Ag-Sb-W-Mo-Pb-Zn-Hg)较为合理,对深部矿体评价有一定的指示意义。

3 元素组合特征

元素组合特征是指不同元素在地质体内所体现的亲 and 性,研究元素组合特征对研究矿床成因及找矿均有重要意义。本文采用多元统计方法中的因子分析,研究成矿元素及伴生元素组合特征以及成矿元素与主量元素组合特征。

3.1 成矿元素及伴生元素组合特征

因子分析实际是降维分析的一种,依据各元素的某种内在联系提取出代表不同地质作用的主因子,用代表大部分变量信息的主因子来揭示复杂地质成因及矿化叠加等问题^[11-13]。因子分析结果表明,曼家寨矿段相关样品测试数据提取 3 个主成分分析因子时,累计的方差贡献率达到了 65.047%,故可认为这一结果为综合考虑绝大部分变量的结果。为使地质意义更加明确,对因子载荷矩阵进行了方差极大旋转(表 3),获得 F1 主要载荷因子为 Ag、Hg、Cu、Cd、Zn,F2 主要载荷因子为 As、Sb、Bi、Mo,F3 载荷因子为 W。

表 2 曼家寨矿段成晕成矿元素分带指数

Table 2 Zoning indexes of primary halos in Manjiazhai ore block

元素	标准化系数	标准化后线金属量				分带指数			
		1300 中段	1250 中段	1180 中段	1000 中段	1300 中段	1250 中段	1180 中段	1000 中段
Ag	10000	2061060	2849100	1492620	1854900	0.049	0.077	0.029	0.046
As	10	5685032	3467280	2965412	2731940	0.136	0.094	0.057	0.068
Sb	1000	2398403	2896926	3179112	1409928	0.058	0.078	0.061	0.035
Bi	1000	9955090	1337931	8677020	1164549	0.239	0.036	0.167	0.029
Hg	100	1420232	1488323	6534154	9115332	0.034	0.040	0.125	0.228
W	1000	2074146	6046310	3242060	6169466	0.050	0.164	0.062	0.155
Mo	10000	1317544	3295189	2586768	2081978	0.032	0.089	0.050	0.052
Cd	100	6512404	5220180	3035161	6087003	0.156	0.141	0.058	0.153
Cu	10	4519746	4656846	1868628	3826926	0.108	0.126	0.036	0.096
Pb	100	2054650	2002167	8720667	2143750	0.049	0.054	0.167	0.054
Zn	10	3683892	3655470	9807210	3314496	0.088	0.099	0.188	0.083
Σ		41682198	36915722	52108812	39900267				

表 3 曼家寨矿段原生晕因子分析旋转载荷矩阵

Table 3 Rotated factor load matrix of primary halo elements in Manjiazhai ore block

元素	F1	F2	F3
Ag	0.644	0.375	0.369
As	0.431	0.522	-0.097
Sb	0.234	0.752	0.032
Bi	0.545	0.548	0.351
Hg	0.784	0.382	0.214
W	-0.134	-0.134	0.838
Mo	-0.212	0.840	0.025
Cu	0.625	0.375	0.328
Cd	0.861	-0.037	-0.067
Pb	0.279	0.239	0.379
Zn	0.824	-0.049	-0.121
总特征值	3.519	2.349	1.288
累计方差贡献率/%	31.988	53.341	65.047

从因子分析结果来看,相同的主因子体现较好的亲和性。F1 因子反映的是矿化相关元素,代表着主成矿阶段关系密切的元素;F2、F3 因子体现出该地区低温元素与高温元素相叠加特征,为上述原生晕特征提供另一层次依据。

3.2 主量元素与成矿元素组合特征

有研究资料^[14]表明,在成矿流体沉淀形成矿体时,主量元素由于各自化学性质以及赋存形式的不同,在矿体与围岩中有升高或降低的趋势。因此,研究主量元素与成矿元素的关系,可以作为深部找矿评价的指标之一。结合都龙矿区曼家寨矿段矽卡岩化、云英岩化、绿泥石化、白云母(绢云母)化、硅化、萤石化、方解石化围岩蚀变特点,选取蚀变矿物的主要化学成分 Fe、Na、K、F 等作为研究对象进行分析。

(1) 因子分析

因子分析结果(表 4)表明,F1 因子为 Zn+Cu、Na、Fe、In,F2 因子为 K、Ge,F3 因子为 Pb、Ag,因而与成矿关系最为密切的元素为 Na、Fe、In。Cu⁺(离子半径 0.96×10⁻⁹ m)与 Na⁺(离子半径 0.98×10⁻⁹ m)都是正一价离子,且离子半径也相近;而 Fe²⁺(离子半径 0.76×10⁻⁹ m)和 Zn²⁺(离子半径 0.74×10⁻⁹ m)相近的离子势能使二者之间具亲缘性,Fe²⁺可以代替 Zn²⁺进入闪锌矿的晶格。据此推测,Fe、Na 在一定程度上对找矿有指示作用。

(2) w(Fe+Na)与 w(Cu+Zn)变化趋势

为进一步验证 Fe、Na 元素与成矿元素 Cu、Zn 之间的关系,将 Fe、Na 元素含量之和与成矿元素 Cu、Zn 元素含量之和进行投图(图 3),发现两者之间

表 4 曼家寨矿段成矿元素与主量元素

因子分析旋转成分矩阵

Table 4 Rotated factor matrix of ore-forming elements and major elements of Manjiazhai ore block

元素	F1	F2	F3
Na	0.742	-0.151	0.190
K	-0.079	-0.691	-0.294
Fe	0.744	0.314	0.067
Pb	0.131	0.220	0.765
Ge	-0.043	0.765	-0.292
F	0.447	0.088	-0.467
Ag	0.491	0.322	0.438
In	0.707	-0.092	-0.040
Zn+Cu	0.668	0.477	-0.010
总特征值	3.125	2.565	1.447
累计方差贡献率/%	38.532	58.898	73.366

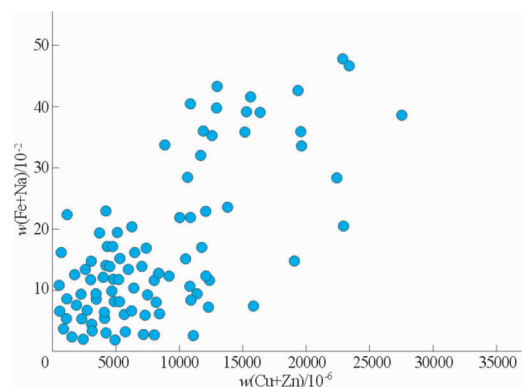


图 3 w(Fe+Na)—w(Zn+Cu) 散点图

Fig. 3 Scatter plot of w(Fe+Na) vs w(Zn+Cu)

具有明显的正相关关系。结合因子分析可知,在都龙矿区 Fe、Na 对深部矿体的评价有重要意义。

4 深部找矿潜力评价

4.1 深部原生晕找矿前景

曼家寨矿段原生晕等值线图反映了元素的分带规律,是评价原生晕异常的重要依据^[15]。Cd 元素分布在内带,表明 Cd、Zn 密切共生;Pb、Ag 在矿体中部富集,反映其与矿化关系密切,可作为近矿晕指示;As、Hg 富集在矿体的上部,是前缘晕的显示;W、Mo 异常分布在矿体外带,为尾晕特征。从横向上来看,矿体东西两侧的异常有一定的差别:西侧以 Pb、Ag、Zn、Cu 矿化异常发育,而东侧异常以 W、Bi、Mo 高温热液元素组合为主,东侧尾晕元素的同时出现指示矿化往东侧逐渐减弱。纵向上,矿体上段

前晕元素(As、Hg、Bi)共存,表明矿体出露地表遭受一定程度的剥蚀;矿体中段 Pb、Ag、Zn、Cu 发育的异常与矿体套合较好,且均有向深部延伸的趋势;矿体下段除富集 W、Mo 等典型尾晕元素之外,As、Sb 等典型前缘晕组合出现了“反分带”叠加特征,预示着深部矿体的存在,而 Cu、Zn 异常的出现则指示盲矿有多金属硫化物阶段叠加。

此外,勘查评价指标是原生晕地球化学方法进行深部矿产评价的主要手段^[16],勘查评价指标反映前缘晕相对尾晕的发育程度,若该指标值越大,则意味矿体头部晕特征越明显,深部越有可能出现盲矿,反之则表明深部成矿可能性越小。根据所确定的原生晕轴向分带序列以及前缘与尾部元素组合,选取4个勘查评价指标,建立了曼家寨矿段的原生晕叠加模式图(图4)。该图表明,曼家寨矿段的矿体以前缘晕与尾晕叠加为特征,指示了深部盲矿体的存在。勘查评价指标在标高1300 m—1200 m 均有不同程度的降低后,往深部均逐渐升高,表明有良好的深部找矿前景。

4.2 因子得分异常

因子得分值反映每个样品在地质作用中的属性,其值愈高代表该样品在地质作用中表现愈强烈。曼家寨矿段中提取的 F1 因子为 Ag、Hg、Cu、Cd、Zn,代表着主成矿元素与矿化相关元素,依据其因子得分绘制的等值线图(图5)显示:因子得分异常分布较为零星,但有一定的丛聚性及其趋势;异常分布自西向东呈渐弱趋势,自北向南具先降低又增高的特点。结合曼家寨矿段的地质特征可知,图5中

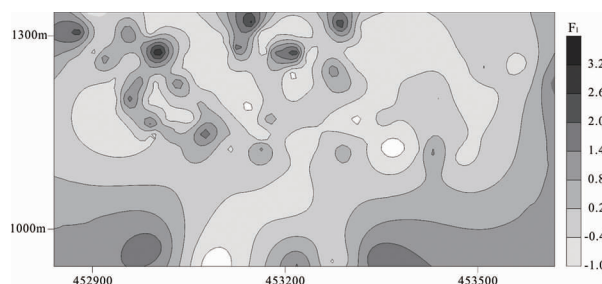


图5 F1因子得分等值线图

Fig. 5 Contour of scores of factor 1

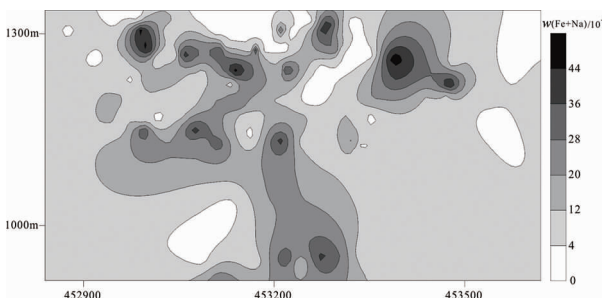


图6 $w(\text{Fe}+\text{Na})$ 等值线图

Fig. 6 Contour map of $w(\text{Fe}+\text{Na})$

位于1150 m—1300 m 标高的异常与已知矿体相对应,且该矿段发育 NW 向的 F_0 断裂与图5中的低值地段相吻合,可为上部的矿化异常提供物源、通道等条件;位于950 m 标高出现了 F1 因子的3个高浓集中心,且均有向下延伸的趋势,表明深部具备良好的找矿潜力。

4.3 主量元素找矿标志

据上述分析可知,曼家寨矿段主量元素 Fe、Na 与成矿元素 Zn、Cu 关系最为密切。由曼家寨矿段 $w(\text{Fe}+\text{Na})$ 等值线图(图6)可知,Fe、Na 在空间上发育的异常形态与 Zn、Cu 异常(见图2)高度吻合,因而其分布特征及趋势对找矿有一定的指示意义;在标高900 m 以下,异常具往下延伸的趋势,表明深部有良好的找矿前景。

5 结语

(1)曼家寨矿段原生晕发育形态特征表明,矿体上部尾晕元素与前缘晕元素共存(As、Hg、Bi),矿体中部近矿晕与尾晕元素共存(Ag、Zn、Cu、Pb、Mo、W),矿体下部前缘晕、尾晕元素共存(As、W)。

(2)由 C. B. 格里戈良法获得曼家寨矿段轴向分带序列由浅至深:Bi-As-Cu-Cd-Ag-Sb-W-Mo-Pb-Zn-Hg。

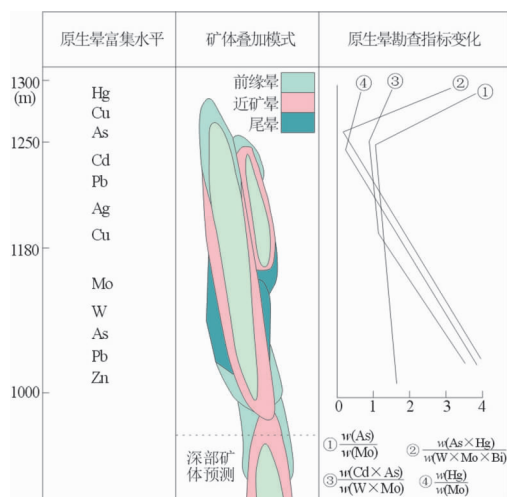


图4 曼家寨矿段原生晕叠加模式图

Fig. 4 The primary halo superimposition models of Manjiazhai ore block

(3)因子分析提取的 F1 因子得分异常在深部的变化趋势表明,深部有良好的成矿前景。

(4)因子分析结果表明,主量元素 Fe、Na 与成矿元素关系密切, $w(\text{Fe}+\text{Na})$ 等值线图对深部成矿有一定的指示意义。

(5)根据曼家寨矿段原生晕轴向分带以及 $w(\text{As})/w(\text{Mo})$ 、 $w(\text{Cd}\times\text{As})/w(\text{W}\times\text{Mo})$ 等勘查评价指标由降转升的变化趋势,认为曼家寨矿段深部找矿潜力良好。

参考文献:

- [1] 朴寿成,杨永强,连长云. 原生晕分带序列研究方法综述[J]. 世界地质, 1996, 15(1): 44-48.
- [2] 卿成实,彭秀红,徐波,等. 原生晕找矿法的研究进展[J]. 矿物学报, 2011(S1): 828-829.
- [3] 刘崇民,马生明. 我国原生晕研究 50 年的主要成果[J]. 物探化探计算技术, 2007, 29(S1): 215-221.
- [4] 刘崇民. 金属矿床原生晕研究进展[J]. 地质学报, 2006, 80(10): 1528-1538.
- [5] 孙莉,肖克炎,高阳. 彩霞山铅锌矿原生晕地球化学特征及深部矿产评价[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2013, 43(4): 1179-1189.
- [6] 贾福聚. 云南老君山成矿区成矿系列及成矿规律研究[D]. 昆明:昆明理工大学, 2010.
- [7] 孙华山,孙林,曹新志,等. 胶西北上庄金矿床原生晕轴(垂)向分带特征及深部矿体预测的勘查地球化学标志[J]. 矿床地质, 2008, 27(1): 64-70.
- [8] 阮天健,朱有光. 地球化学找矿[M]. 北京:地质出版社, 1985.
- [9] 伍宗华,金仰芬. 元素分带及其在地质找矿中应用的几个问题[J]. 物探与化探, 1993(1): 7-13.
- [10] Govett G S J. Geochemical exploration methods for mineral deposits [C]//A A Beus, S V Grigorian. Geochimica Et Cosmochimica Acta. Applied Publishing Ltd. 1977, 41(11): 1683.
- [11] 董庆吉,陈建平,唐宇. R 型因子分析在矿床成矿预测中的应用:以山东黄埠岭金矿为例[J]. 地质与勘探, 2008, 44(4): 64-68.
- [12] 代西武,杨建民,张成玉,等. 利用矿床原生晕进行深部隐伏矿体预测:以山东埠上金矿为例[J]. 矿床地质, 2000, 19(3): 245-256.
- [13] 孙华山,赵鹏大,张寿庭,等. 因子分析在成矿多样性定量研究中的应用:以滇西北富碱斑岩矿产类型成矿多样性分析为例[J]. 成都理工大学学报:自然科学版, 2005, 32(1): 82-86.
- [14] Boyle R W. The use of major elemental ratios in detailed geochemical prospecting utilizing primary halos [J]. Journal of Geochemical Exploration. 1974, 3(4): 345-369.
- [15] 黄薰德,吴郁彦. 地球化学找矿[M]. 北京:地质出版社, 1986.
- [16] 刘崇民,马生明,胡树起. 金属矿床原生晕勘查指标[J]. 物探与化探, 2010, 34(6): 765-771.

Characteristics of primary geochemical halos and deep prospecting potential evaluation, in Manjiazhai ore block of Dulong mining area

CHEN Junlin, CHEN Shouyu, ZHAO Jiangnan, HU Zhen, DONG Kai, FU Peng, TIAN Guangli

(Institute of Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Abstract: Located in southeastern of Yunnan Province, the Dulong mine is an important component of Southeast Yunnan polymetallic mineralization system(Gejiu-Bozhushan-laojunshan). In order to evaluate the deep potential, zoning of the primary halos was systematically studied and the results show that the primary halo is characterized by the front halo elements of Cd, As, the near-ore halo elements of Pb, Ag and the rear halo elements of W, Mo; the axial zoning sequence calculated by the Gregorian's method is Bi-As-Cu-Cd-Ag-Sb-W-Mo-Pb-Zn-Hg from shallow to deep. According to the variation tendency from fall to rise of the prospecting index of the axial zoning sequence and $w(\text{As})/w(\text{Mo})$, $w(\text{Cd}\times\text{As})/w(\text{W}\times\text{Mo})$ the primary halos superimposed prospecting model is established. Based on abnormal factor score and principal ore element prospecting mark, the contour distribution trend of $w(\text{Fe}+\text{Na})$ in Manjiazhai ore block we believe that here is still potential and workings have proved the potentiality.

Key Words: Manjiazhai ore block; primary halo; factor score; halo superposition prospecting model; Dulong mining area; Yunnan province