

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2014.03.025

轴向分带在黑龙江三道湾子金矿 原生晕测量中的应用

蒋艳明

(辽宁省冶金地质勘查局地质勘查研究院,辽宁 鞍山 114038)

摘要: 热液矿床原生晕具有明显的分带特征,其中含矿溶液在运动方向上显示出的轴向分带尤其重要,分带序列的建立对于评价隐伏矿体的规模、埋藏深度以及剥蚀水平有指导性意义,在很大程度上提高了地球化学找矿方法的找矿深度。针对黑龙江省三道湾子金矿,计算总结出轴向分带序列特征,确定矿体的前缘和尾晕指示元素以及分带性指数,结合矿区已知矿体对所研究矿脉剥蚀程度和深部成矿潜力进行评价。

关键词: 三道湾子金矿;轴向分带;原生晕;分带序列;隐伏矿体;剥蚀程度;黑龙江省

中图分类号: P632.2;P618.51 **文献标识码:** A

0 引言

成矿热液在沿构造带上升、渗透和充填的过程中,由于温压等物理化学条件、成矿溶液的成分和性质、围岩成分的不断变化,导致不同元素在成矿时间上存在先后关系,空间分布上出现分带特征^[1]。原生晕分带性理论以及分带序列特征的研究是圈定找矿靶区、评价已有矿体深部地球化学特征、分析矿床成矿潜力的理想方法^[2]。近年来,国外采用正负异常结构研究原生晕的分带特征,我国对有色金属矿床分带研究的文献也常有见及,且在寻找隐伏矿体的方法中,利用分带性理论评价深部成矿前景取得了一定的效果。本文以黑龙江三道湾子金矿^[3-9]为例,计算出轴向分带序列和分带性指数,以对矿体深部成矿潜力进行评价。

1 矿床地质-地球化学特征

三道湾子金矿位于小兴安岭的西北部,出露地层主要为上侏罗统塔木兰沟组(J_3t)、下白垩统光华组(K_1gn)及第四系(Q)。塔木兰沟组出露岩石有粗

安质火山角砾岩和粗面安山岩,富含金的石英脉在该组地层的 NW 向断裂破碎带中发育;光华组出露岩石主要有凝灰岩、火山角砾岩、流纹岩和英安岩等;第四系主要分布在法别拉河及其支流河谷中,堆积物包括砂、砾石及亚黏土。区内构造以 NW 向断裂为主,含金石英脉和矿化蚀变带主要分布于断裂中(图 1)。区内 NW 向构造为导矿和容矿构造,NE 向构造为控矿构造。石英脉两侧可见硅化角砾岩,其中有硅质细脉穿插。区内出露的侵入岩主要为中粒二长花岗岩,发育矿物包括钾长石、斜长石、石英和黑云母。区内脉岩发育在安山岩中,主要为流纹斑岩和辉绿玢岩。

金矿体的总体走向为 NW 向,倾向 NE($15^\circ \sim 80^\circ$),倾角 $45^\circ \sim 77^\circ$,平面上呈曲线状延展,产状变化较大,深部金矿体有向 NW 侧伏的特点。目前共圈定 3 条矿脉带 40 个金矿体(其中有 21 条盲矿体),其中的 I_2 , I_3 , III_1 , III_2 , III_6 , III_7 为主要矿体。主要矿体多呈脉状,长度 70~212 m,厚度 1.25~6.06 m,控制延深 60~180 m;小矿体则呈透镜状,矿体规模小于主要矿体。矿石以石英脉型矿石为主,有少量的蚀变火山岩型和蚀变火山碎屑岩型矿石,根据矿石的贫富程度分为工业品位矿石和低品

收稿日期: 2013-05-21; 改回日期: 2014-01-21; 责任编辑: 赵庆

作者简介: 蒋艳明(1983-),男,硕士,毕业于吉林大学地球探测信息与技术专业,现从事地球化学找矿及研究工作。通信地址:辽宁省鞍山市铁东区鞍千路 298 号,辽宁省冶金地质勘查局地质勘查研究院;邮政编码:114038;E-mail:jiangym666@sina.com

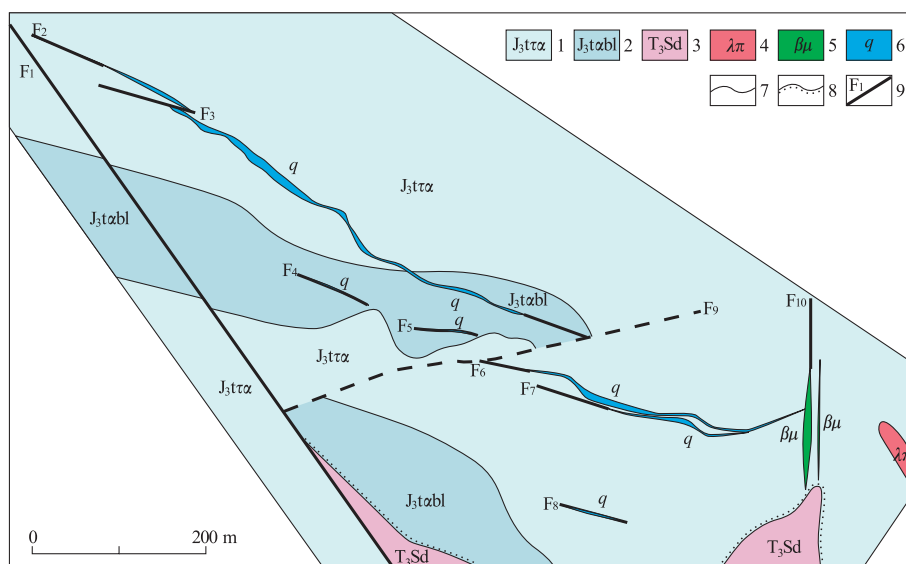


图1 研究区矿带构造略图

Fig. 1 Structural sketch of the study area

1. 粗面安山岩; 2. 安山质火山角砾岩; 3. 晚三叠纪中粒二长花岗岩; 4. 流纹斑岩;
5. 辉绿玢岩; 6. 石英脉; 7. 地质界线; 8. 不整合界线; 9. 断裂及编号

位矿石,工业品位矿石主要产于石英脉中,而低品位矿石则产于石英脉的边部或蚀变的火山(碎屑)岩中;矿石属低硫石英脉型,矿石矿物的特点是硫化物少($<5\%$)、金银碲化物多见。围岩蚀变类型有硅化、绢云母化、绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化、萤石化等,金矿化与硅化的关系密切^[3-4]。

矿区岩石的 Au, Ag 元素在石英脉和硅化粗安岩中质量分数最高,在上侏罗统塔木兰沟组中含量偏高; As, Sb 元素则在上侏罗统塔木兰沟组、下白垩统光华组中明显偏高。本区 Au 元素分布极不均匀,最高值与最低值相差达 3 000 倍,富集成矿的可能性大; Ag 元素的平均值略高于克拉克值,其极值比近 300 倍,同样具有富集的可能; As 元素的平均值是克拉克值的 10 倍以上,其极值比近 300 倍,变异系数较大,对找金具有重要指示意义; Sb 元素变异系数较大,其极值比近 2 000 倍,成矿可能性较大,同时对金具有指示意义。

2 原生晕轴向分带特征

热液矿床的原生晕具有明显的分带性,其中含矿溶液在运动方向上显示出的轴向分带尤其重要,分带序列的建立对于评价隐伏矿体的规模、埋藏深度以及剥蚀水平有指导性意义,在很大程度上加大了地球化学找矿的深度。

对三道湾子金矿区采用分带指数法研究原生晕的分带特征。首先计算出不同标高工程中各样品的元素线金属量值并对其进行标准化,标准化后的某元素线金属量与所在截面标准化后的各元素线金属量的比值作为分带指数,再将所研究元素根据其分带指数最大值所在的截面位置由浅至深的顺序排列,并初步确定出分带序列。本文以 I 号矿脉带的原生晕剖面为例介绍应用的具体过程。

表1 样品的元素线金属量

Table 1 Element linear productivity of samples

标高/m	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	W	Mo	Bi	Te	Hg
240	18	136	60	205	38	14	21	9	68	0.3	152	1.4
210	15	144	115	215	0	31	5	6	50	0.4	114	0.9
170	38	295	10	369	65	40	30	21	65	1.5	234	0.9
130	451	660	441	608	292	58	50	13	90	2.5	1743	6.1

量的单位: $w(\text{Au, Ag, Hg})/10^{-9}$, 其他元素 $w_B/10^{-6}$ 。

表 2 标准化各元素线金属量
Table 2 Normalized linear productivity of each element

标高/m	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	W	Mo	Bi	Te	Hg	Σ
240	18	136	60	205	38	142	211	85	685	31	15	142	1772
210	15	144	115	215	0	317	51	62	501	45	11	98	1576
170	38	295	10	369	65	402	304	214	650	155	23	98	2627
130	451	660	441	608	292	584	506	137	907	251	174	617	5631

表 3 各元素的分带指数
Table 3 Zoning index of each element

标高/m	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	W	Mo	Bi	Te	Hg
240	0.01	0.08	0.03	0.12	0.02	0.08	0.12	0.05	0.39	0.02	0.01	0.08
210	0.01	0.09	0.07	0.14	0.00	0.20	0.03	0.04	0.32	0.03	0.01	0.06
170	0.01	0.11	0.00	0.14	0.02	0.15	0.12	0.08	0.25	0.06	0.01	0.04
130	0.08	0.12	0.08	0.11	0.05	0.10	0.09	0.02	0.16	0.04	0.03	0.11

(1)选取剖面中的成矿及指示元素 Au,Ag,Cu,Pb,Zn,W,Mo,As,Sb,Bi,Te 和 Hg,由于孤立地研究各指示元素含量不足以全面提供找矿信息,特计算出各元素线金属量作为统计量,以期更好地反映参与形成原生晕物质的量,按照下列公式计算出线金属量(表 1)。

$$M_L = \sum(C_i - C_A) \times L_i$$

式中, C_i 为样品中元素的质量分数; C_A 为元素的异常下限; L_i 为样品所代表的长度。

(2)标准化线金属量。为使不同元素间的金属量具有可比性,将第一步计算得到的金属量值进行标准化,对不同截面元素线金属量乘以相应系数,调整至相同数量级进行标准化(表 2)。

(3)计算分带指数。为对比不同元素在不同标高线金属量的大小并排序,以每个截面为单元,计算出各元素线金属量的和,将某元素的线金属量与其的比值作为分带指数(表 3),可大大减小原始资料的偶然误差。根据各元素分带指数的大小确定其所属截面,然后由上至下将各截面元素顺序排列,得到初步分带序列:(Sb,Mo)→As→(W,Pb,Bi)→(Au,Zn,Te,Ag,Hg,Cu)。

(4)计算分带指数在垂直方向上的变化度(G),确定同一截面上各元素的富集程度及顺序,以排列出最终的分带序列^[3]。变化度(G)所反映的富集程度具有矢量的性质,为不同标高元素富集程度的矢量和,本区最后得出的分带序列为:

$$\begin{aligned} & \text{Mo} \rightarrow \text{Sb} \rightarrow \text{As} \rightarrow \text{Pb} \rightarrow \text{W} \rightarrow \text{Bi} \rightarrow \\ & \text{Hg} \rightarrow \text{Ag} \rightarrow \text{Zn} \rightarrow \text{Te} \rightarrow \text{Au} \rightarrow \text{Cu} \end{aligned}$$

与经典分带序列相比,该金矿主成矿元素 Au,Ag 和主矿化剂元素 Te 相对在下部富集,而 Mo 和

Pb 相对富集于上部,这是受该地区特殊的成矿热液系统所影响。经研究发现,矿石中仅可见极其微量的黄铁矿和黄铜矿,未见其他类型的硫化物,表明该成矿系统贫硫。通过研究矿石矿物,确认主成矿元素 Au 和 Ag 主要呈碲化物形式存在,Au,Ag 与 Te 呈显著的正相关。

元素在成矿系统中沉淀顺序主要取决于热液系统的物理化学条件和元素的地球化学亲合性。在本矿区富碲贫硫的特定成矿系统中,大离子半径的 Te 元素优先与大离子半径的 Au 元素形成稳定的碲化物沉淀,然后与 Ag 形成相应的碲化物沉淀,因此 Au 和 Ag 在矿体的下部相对发育。在该贫硫的热液体系中,由于 Mo,Pb 和 Zn 等元素亲硫性相对较弱,导致其沉淀较晚而在矿体上部相对富集。

3 矿床深部成矿评价

3.1 确定分带性指数

根据确定的轴向分带序列可以看出,Mo,As 和 Sb 富集于矿体上部,可作为矿体前缘的指示元素;而 Zn 和 Cu 富集于矿体下部,可作为矿体的尾晕指示元素。为使异常分带特征更加明显,选取多个元素质量分数乘积的比值作为分带性指数来判断矿体的剥蚀水平。选取 $\text{Mo} \cdot \text{Sb}/\text{Zn} \cdot \text{Au}$, $\text{Mo} \cdot \text{As} \cdot \text{Sb}/\text{Zn} \cdot \text{Au} \cdot \text{Cu}$, $\text{Mo} \cdot \text{As} \cdot \text{Sb}/\text{Zn} \cdot \text{Cu}$, $\text{Mo} \cdot \text{As} \cdot \text{Sb}/\text{Zn} \cdot \text{Pb} \cdot \text{Cu}$ 和 $\text{As} \cdot \text{Sb}/\text{Au} \cdot \text{Zu}$ 作为分带性指数对矿体深部进行评价(表 4)。

3.2 矿体深部成矿评价

矿区Ⅲ号矿带分带性指数特征(图2)表明,As

表 4 I 号矿带分带性指数计算结果

Table 4 Calculation of zoning index of ore zone I

分带性指数	$Sb \cdot Mo / Au \cdot Zn$	$As \cdot Sb \cdot Mo / Au \cdot Cu \cdot Zn$	$As \cdot Sb \cdot Mo / Cu \cdot Zn$	$As \cdot Sb \cdot Mo / Cu \cdot Pb \cdot Zn$	$As \cdot Sb / Au \cdot Zn$
计算结果	0.11	0.25	0.16	0.19	0.18

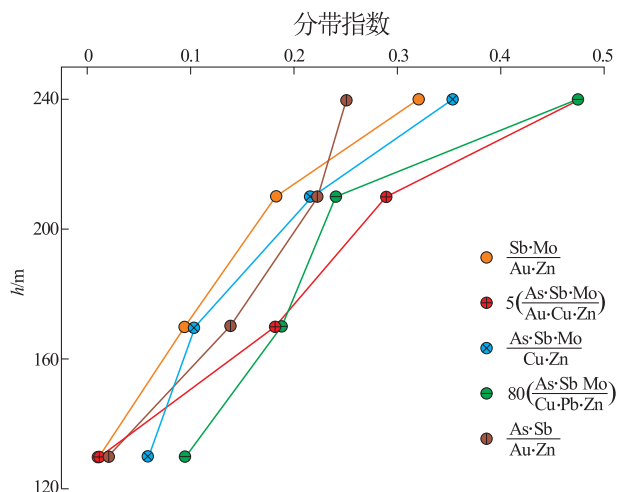


图 2 III 号矿带分带性指数分布特征

Fig. 2 Characteristics of zoning index distribution of ore zone III

和 Sb 元素主要富集于成矿元素 Au 和 Ag 的上部, 而 Cu 和 Zn 元素主要富集于成矿元素 Au 和 Ag 的下部, 分带特征呈单调规律排列, 没有出现矿晕的相互叠加特征, 证明研究区矿脉形成于同一期含矿热液, 与矿石矿物特征的研究结果吻合。III 号矿带富矿段出现在标高 80 m 处, 深部已出现尾晕元素异常, 且没有新的矿晕与其叠加, 表明其深部成矿潜力较差。

与矿区 III 号矿带相比, I 号矿带的分带性指数大于已知矿体标高 160 m 处的分带性指数值, 小于 200 m 处的分带性指数值, 其值与 III 号矿带 180 m 处的分带性指数值相当, 表明 I 号矿带剥蚀程度与 III 号矿带标高 180 m 处剥蚀程度相当, 且前缘元素在地表富集现象明显, 而尾晕元素则没有明显富集特征, 指示该矿脉深部仍有成矿潜力, 对比 III 号矿带富矿段出现在标高 80 m 的位置, I 号矿带富矿段距

地表的深度应为 100 m 左右。

4 结论

(1) 研究区分带序列为 $Mo \rightarrow Sb \rightarrow As \rightarrow Pb \rightarrow W \rightarrow Bi \rightarrow Hg \rightarrow Ag \rightarrow Zn \rightarrow Te \rightarrow Au \rightarrow Cu$ 。Mo, As 和 Sb 可作为矿体前缘指示元素, 而 Zn 和 Cu 可作为矿体的尾晕指示元素。

(2) 分带性指数特征表明, III 号矿带深部成矿的可能性较小, I 号矿带深部成矿潜力较大, 富矿段应在距地表 100 m 左右。

参考文献:

- [1] 黄薰德, 吴郁彦. 地球化学找矿[M]. 北京: 地质出版社, 1986.
- [2] 李惠, 张文华, 刘宝林, 等. 金矿床轴向地球化学参数叠加结构的理想模式及其应用准则[J]. 地质与勘探, 1999, 35(6): 40-43.
- [3] 蒋艳明. 黑龙江省三道湾子金矿土壤和岩石地球化学异常特征及其意义[D]. 长春: 吉林大学, 2009.
- [4] 张志华. 黑龙江省三道湾子金矿床地质特征及成矿模式研究[D]. 长春: 吉林大学, 2009.
- [5] 刘宝山, 吕军. 黑河市三道湾子金矿床地质、地球化学和成因探讨[J]. 大地构造与成矿学, 2006, 30(4): 481-485.
- [6] 武子玉, 王洪波, 徐东海, 等. 黑龙江黑河三道湾子金矿床地质地球化学研究[J]. 地质论评, 2005, 51(3): 264-267.
- [7] 陈静, 孙丰月, 何书跃, 等. 黑龙江三道湾子金矿床流体包裹体特征及矿床成因分析[J]. 黄金, 2012(1): 8-14.
- [8] 赵天宇, 赵海滨, 孙丰月, 等. 黑龙江三道湾子金矿床同位素年龄对成矿时代的约束[J]. 中国地质, 2013, 40(4): 1202-1208.
- [9] 陈静, 孙丰月. 黑龙江三道湾子金矿床锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 黄金, 2011, 32(5): 18-22.

Structural design of drill hole 2500 m-deep for general prospecting in Lisantaizi iron mine

LIU Xijin

(Geological Team 402 of Liaoning Metallurgical Geology and Exploration Bureau,
Anshan 114002, Liaoning, China)

Abstract: Evidence and principle for structural design of drill hole 2500 m-deep for general prospecting in Lisantaizi iron mine are presented and match relation of diameter of the designed drill hole to casing tube and factors considered are put forward in the paper. Based on comparison and analysis of the designed structure and the real structure of the drill hole much attention should be paid to change of diameter and putting down casing tube. Proposal about putting down casing tube during drilling is made to enlarge collar diameter and leave enough space for putting down casing tube and separate drilling from complicated strata and details for putting down casing tube must be done for accident treatment in the hole laying good foundation for drawing out of the casing tube.

Key Words: Drill hole at depth of mine; structure of drill hole; Lisantaizi iron mine; Liaoning province

~~~~~

(上接第 466 页)

# Application of Axial Zoning to primary halo of Sandaowanzi gold deposit in Heilongjiang province

**JIANG Yanming**

(The Geological Exploration Institute of Liaoning Metallurgical Geology and Exploration Bureau,  
Anshan 114038, Liaoning, China)

**Abstract:** There are significant zoning features in the primary halo of hydrothermal deposits and axial zoning in the moving direction of ore fluid is especially important thus establishment of the zoning sequence is more significant to guide evaluation of the size, depth and denudation level of the concealed ore body, and improve the geochemical prospecting depth to a great extent. This paper takes Sandaowanzi gold deposit in Heilongjiang province as an example whose axial zoning sequence was calculated, front and rear elements and zonation index of the ore body were determined, denudation degree and deep mineralization potential were evaluated combined with the known ore body in the area.

**Key Words:** Sandaowanzi gold deposit; axial zone; primary halo; zoning sequence; concealed ore body; denudation degree; Heilongjiang province

## 更正

《地质质矿论丛》2013年第28卷第4期中发表《枪马金矿60-1脉地球化学原生晕特征》一文(第629页),由于作者笔误,将论文第七作者“吴孝静”误写为“李孝静”。现应论文第一作者要求,予以更正。

《地质找矿论丛》编辑部