

地质与矿产

玲珑金矿田东风矿区深部构造叠加晕研究

刘彩杰, 鲍中义, 王永庆, 范家盟

(山东省第六地质矿产勘查院, 山东 招远 265400)

摘要:东风矿床主要赋存于坡头青主断裂下盘的蚀变带中。在野外地质工作的基础上,运用数学地质分析方法,系统研究了构造叠加晕的特征,建立了构造叠加晕的理想模式。矿区构造叠加晕分析结果显示,金矿成矿具有多期、多阶段的特征,通过研究该区原生晕轴向分带特征,识别出不同成矿阶段所形成的矿体(晕)在空间上具有前尾晕共存的叠加结构,该结构是深部盲矿预测的重要依据。

关键词:东风矿床;构造叠加晕;理想模式;深部盲矿预测;玲珑金矿田

中图分类号:P618.51

文献标识码:A

引文格式:刘彩杰,鲍中义,王永庆,等.玲珑金矿田东风矿区深部构造叠加晕研究[J].山东国土资源,2016,32(3):17-21.LIU Caijie, BAO Zhongyi, WANG Yongqing, etc. Research on the Structural Superimposed Halo in Dongfeng Mining Area of Linglong Gold Deposit[J].Shandong Land and Resources, 2016,32(3):17-21.

构造叠加晕是盲矿预测的一种直接、有效的方法和手段^[1-2]。东风矿区主要受断裂控制,花岗质碎裂岩或碎裂状花岗岩带是其主要构造岩,因后期热液作用,形成矿化蚀变带。到目前为止,几乎没有学者对东风矿区金元素地球化学构造叠加晕进行过系统研究。该文通过对东风金矿床构造叠加晕特征的研究,建立了矿床构造叠加晕模式,对该矿床深部探矿增储起到了重要的指导作用。

1 地质概况

东风矿区位于玲珑金矿田的北东端(图1)。第四系分布于山坡沟谷中,可分为残积、坡积、冲积物,含砂金;构造发育,以断裂为主,主干断裂为破头青断裂,其次发育206,207,208等次级断裂;区内花岗岩广泛出露,主要为玲珑序列、谭格庄序列等,玲珑序列主要分布于破头青断裂的下盘,谭格庄序列和文登序列主要分布破头青断裂的上盘一带。

区内沿断裂构造带围岩蚀变作用十分发育,主要有黄铁绢英岩化、钾长石化、硅化和碳酸盐化等,蚀变的强度和规模取决于断裂、裂隙的性质和矿液动力的强度。其特点是:蚀变作用延续时间长,各

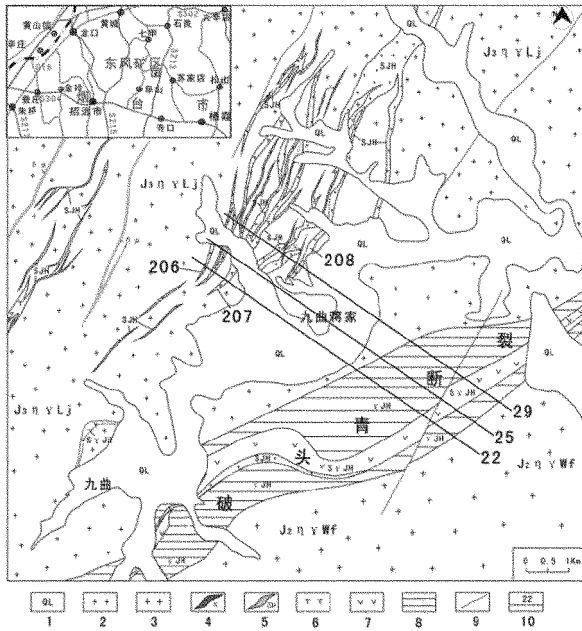
蚀变作用相互叠加,蚀变分带明显,各带之间多为渐变关系。破头青断裂向北东延伸至九曲蒋家后,主要根据蚀变带不同的特征及产状和不同空间位置,向北东依次由南东至北西依次发散了208脉群、207脉群、206脉群。其中206号矿脉群圈定矿体18个、207号矿脉群圈定矿体4个、208号矿脉群圈定矿体4个。矿脉群共有主要矿体3个,分别为206Ⅷ-1,206Ⅷ-7,208Ⅰ-1。该文主要研究206Ⅷ-1矿体的地球化学构造叠加晕。

206Ⅷ-1矿体为区内最大矿体,与浅部采矿权范围内的主矿体相连,常于黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩或黄铁绢英岩化花岗岩带内产出。矿体最大走向长490 m,最大倾斜深720 m,最大控制垂深600 m,最低见矿工程标高为-1 244 m。产状与主裂面基本一致,走向25°左右,倾向SE,倾角41.5°~58.5°之间,一般50°左右。矿体呈似层状、大脉状,具分支复合、膨胀夹缩、尖灭再现等特点。单样品位 $0.08 \times 10^{-6} \sim 35.24 \times 10^{-6}$,平均品位 3.65×10^{-6} ,变化系数为116%,属有用组份分布较均匀型矿体。

收稿日期:2015-06-02;修订日期:2015-07-03;编辑:王敏

基金项目:中国地质调查局2014年度老矿山找矿项目(编号:12120114065401)

作者简介:刘彩杰(1988—),女,山东招远人,助理工程师,主要从事地质勘查工作;E-mail:Lcj7013@163.com



1—新生代第四纪临沂组砂质粘土; 2—中生代印支期文登序
列阜山单元粗中粒二长花岗岩; 3—中生代玲珑序列九曲单元
弱片麻状细中粒含石榴二长花岗岩; 4—煌斑岩; 5—一闪长矽
岩; 6—黄铁绢英岩化花岗岩; 7—黄铁绢英岩化花岗岩质碎裂
岩; 8—黄铁绢英岩化碎裂岩; 9—断层; 10—勘探线及编号

图 1 玲珑金矿田东风矿区地质简图

2 样品采集及测试

在野外地质考察及室内观察整理的基础上, 针对东风矿区 206 VIII-1 矿体的分布特征, 选送了 392 件坑道样和施工钻探岩心库副样, 进行了 Au, As, Sb, Hg, Ag, Cu, Pb, Zn, Bi, Mo, W, Sn 共 12 种微量元素含量测试。其中 Au 采用石墨炉原子吸收法测定, 检出限为 0.2ng/g; Ag, Sn 采用发射光谱法测定; 检出限为 Ag 20ng/g, Sn 0.5μg/g; Cu, Pb, Zn 三者采用等离子体发射光谱测定; 检出限 Cu 1μg/g, Pb 2 μg/g, Zn 5μg/g; W, Mo 采用极谱法测定; 检出限 W 0.3μg/g, Mo 0.2μg/g; As, Sb, Bi, Hg 采用原子荧光光谱法测定, 检出限分别为 As 1.0 μg/g, Sb 0.1μg/g, Bi 0.01μg/g, Hg 10ng/g。所提交的报告显示样品分析合格率为 97.5%, 符合《地质矿产实验室质量管理规范》要求, 所以认为实验测试数据是准确可靠的^[3]。

3 矿床地球化学特征

玲珑金矿田东风矿床成矿作用划分为 3 个成矿

阶段: I: 金—石英—黄铁矿阶段; II: 金—石英—多金属硫化物阶段; III: 石英—碳酸盐阶段。其中 I, II 阶段为主成矿阶段; III 阶段一般形不成工业矿体。这几个阶段形成的矿体或晕的叠加形成了复杂的叠加晕^[4]。

根据矿石中的金属矿物和非金属矿物的相互穿插关系, 结合李惠教授研究的各种类型金矿床的不同期次的元素含量特征, 列出了不同期次的划分标准。第 I 阶段: 主要成矿阶段, Au 含量较高, As, Cu, Pb, Zn 含量较高; 第 II 阶段: 主要成矿阶段, Au 含量更高, Ag, Cu, Pb, Zn 含量相对最高; 第 III 阶段: 基本不成矿, Au 含量较低 ($Au < 0.5 \times 10^{-6}$), 只产生矿化, Ag, Sb, Cu, Pb, Zn 含量很低。表 1 列出了玲珑金矿田东风矿床第 I, II 成矿阶段形成金矿体中各元素的几何平均值、衬值、矿区背景值。

表 1 不同成矿阶段各元素含量特征

元素	I 阶段		II 阶段		矿区背景
	几何均值	衬值	几何均值	衬值	
Au	1837.05	49.25	29660.60	795.19	37.30
As	23.19	13.97	30.09	18.13	1.66
Sb	0.43	1.88	0.34	1.49	0.23
Hg	11.11	1.33	10.23	1.23	8.33
Ag	1318.23	16.13	6638.75	81.26	81.70
Cu	162.78	17.81	554.40	60.66	9.14
Pb	32.02	1.31	42.96	1.76	24.47
Zn	19.55	1.42	20.10	1.46	13.76
Bi	1.59	10.59	9.71	64.75	0.15
Mo	0.72	1.39	0.98	1.88	0.52
W	1.99	2.05	2.14	2.21	0.97
Sn	0.94	2.18	1.42	3.30	0.43

注: a. Au, Ag, Hg 单位为 $\times 10^{-9}$, 其他元素为 $\times 10^{-6}$; b. 衬度值 = 元素几何均值/该元素矿区背景值。

3.1 不同成矿阶段元素组合

表 1 中以各元素衬值 ≥ 1 为标准, 第 I, II 成矿阶段形成金矿体中元素组合是:

第 I 阶段: Au, As, Sb, Hg, Ag, Cu, Pb, Zn, Bi, Mo, W, Sn;

第 II 阶段: Au, As, Sb, Hg, Ag, Cu, Pb, Zn, Bi, Mo, W, Sn。

3.2 特征元素组合

表 1 中以衬值 $Mo, W \geq 3; Bi \geq 5$, 其他元素衬值 ≥ 2 为标准, 第 I, II 阶段形成金矿体中特征元素组合是:

第 I 阶段: Au, As, Ag, Cu, Bi, Sn;

第 II 阶段: Au, As, Ag, Cu, Bi, Sn;

第 I, II 阶段共同特征元素是 Au, As, Ag, Cu, Bi, Sn。

3.3 元素相关性分析

根据研究区开采情况,主要针对 22, 25, 29 勘探线(如图 1)进行了样品采集工作^[4]。对测试数据进行相关性分析,得到了两个成矿阶段 12 种元素的相关性;由表 2 可知,相关系数 > 0.456 的由高到低为 As - Bi(0.72), Hg - Sb(0.71), Pb - Sb(0.71), As - Sn(0.67), Au - Cu(0.66), Ag - Pb(0.60), Hg - Pb(0.57), Bi - Sn(0.56), Hg - Mo(0.52), Mo - W(0.52), 因此, Au 与 Cu; Ag 与 Pb; Hg 与 Pb, Sb, Mo; Mo 与 W; Pb 与 Sb; As 与 Bi, Sn; Bi 与 Sn 均呈正相关;由表 3 可知,相关系数 > 0.396 的元素相关性是 Au 与 Pb, As, Bi, Ag, Sb, Sn; Ag 与 Bi, As, Pb, Sn, Sb; Cu 与 Sb; Pb 与 Bi, Sb, As, Sn; As 与 Sn, Bi; Sb 与 Sn, Bi; Sn 与 Bi 均呈正相关。

表 2 第 I 成矿阶段各元素相关矩阵^[5]

	Au	Ag	Hg	Cu	Mo	Pb	W	Zn	As	Sb	Bi	Sn
Au	1.00											
Ag	0.28	1.00										
Hg	-0.40	0.22	1.00									
Cu	0.66	0.07	-0.21	1.00								
Mo	-0.32	0.21	0.52	-0.39	1.00							
Pb	-0.21	0.60	0.57	-0.20	-0.24	1.00						
W	-0.10	-0.32	-0.17	-0.18	0.52	-0.32	1.00					
Zn	0.22	-0.07	-0.28	-0.11	0.21	-0.32	0.23	1.00				
As	-0.25	0.12	0.45	-0.17	-0.19	0.01	-0.25	0.07	1.00			
Sb	-0.25	0.20	0.71	-0.17	-0.10	0.71	-0.17	-0.19	-0.09	1.00		
Bi	0.01	0.02	0.39	0.26	-0.26	0.01	-0.31	-0.32	0.72	-0.13	1.00	
Sn	-0.15	0.21	0.31	-0.23	0.22	0.17	-0.17	0.09	0.67	-0.22	0.56	1.00

N=19, N-2=17, Ra=0.05=0.456
在5%信度下元素间相关的最低相关系数值

表 3 第 II 成矿阶段各元素相关矩阵^[5]

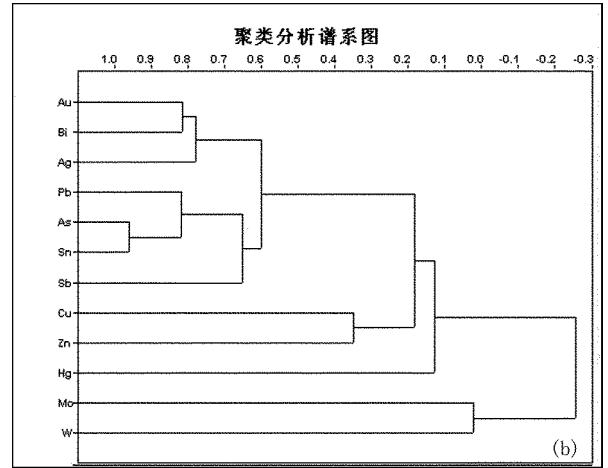
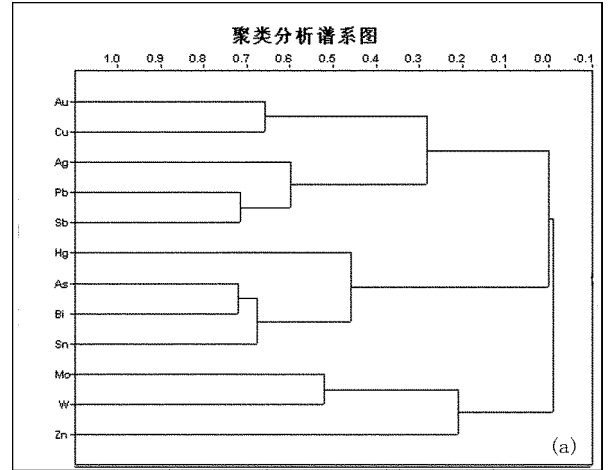
	Au	Ag	Hg	Cu	Mo	Pb	W	Zn	As	Sb	Bi	Sn
Au	1.00											
Ag	0.78	1.00										
Hg	0.18	0.02	1.00									
Cu	0.14	0.30	-0.23	1.00								
Mo	-0.16	-0.21	-0.07	-0.17	1.00							
Pb	0.56	0.61	-0.11	0.30	-0.26	1.00						
W	-0.21	0.04	-0.14	-0.22	0.02	-0.20	1.00					
Zn	-0.11	-0.25	-0.28	0.35	-0.14	-0.14	0.13	1.00				
As	0.52	0.53	0.08	0.02	-0.12	0.82	-0.18	0.20	1.00			
Sb	0.45	0.45	0.33	0.47	-0.35	0.64	-0.25	-0.16	-0.60	1.00		
Bi	0.81	0.77	-0.11	0.16	-0.13	0.71	-0.22	-0.11	0.70	0.45	1.00	
Sn	0.42	0.43	-0.05	0.09	-0.19	0.82	-0.10	0.03	0.96	0.56	0.63	1.00

N=25, N-2=23, Ra=0.05=0.396
在5%信度下元素间相关的最低相关系数值

3.4 R 型聚类分析

采用数字矿产资源调查——大比例尺数字填图软件得到比较直观的树形谱系图(图 2)。结果显示:图 2a,以相似度 0.2 为界,可以将 Au, Cu, Ag, Pb, Sb 分为一个大的群体;以相似度 0.6 为界, Au 和 Cu 最为相似。Au 为主要成矿元素, Cu 是主要伴生元素;图 2b,以相似度 0.5 为界,可以将 Au, Bi,

Ag, Pb, As, Sn, Sb 分为一个大群体;以相似度 0.7 为界,可以进一步将 Au, Bi 和 Ag 化分为一体;说明这三者关系最紧密,其中 Au 为主要成矿元素,可以构成有工业意义的矿体, Ag 和 Bi 是主要的伴生元素。



a—第 I 成矿阶段; b—第 II 成矿阶段

图 2 各成矿阶段元素 R 型聚类分析谱系图

4 矿床构造叠加晕总体特征及模式

通过研究玲珑金矿田东风矿区矿床地球化学特征,结合主要勘探线联合剖面(图 3),得到了 206 VIII-1 矿体单次成矿过程构造原生晕的轴向分带的特点和构造叠加晕总体特征,并建立了构造叠加晕的理想模式(图 4)。

4.1 单一期次成矿体的原生晕轴向分带特征

每次成矿过程形成的矿体都有自己的前缘晕、近矿晕和尾晕^[6-10]。根据玲珑金矿田东风金矿体构造叠加晕不同剖面图及控制基本完整矿体的原生

晕特征,总结玲珑金矿田东风矿床(体)单次成矿过程构造原生晕的轴向分带的特点。

(1)在矿体周围能形成异常的指示元素有 Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Hg, Bi, Mo, W, Sn 等 12 种; 这些元素对金矿都具有不同程度的指示作用。

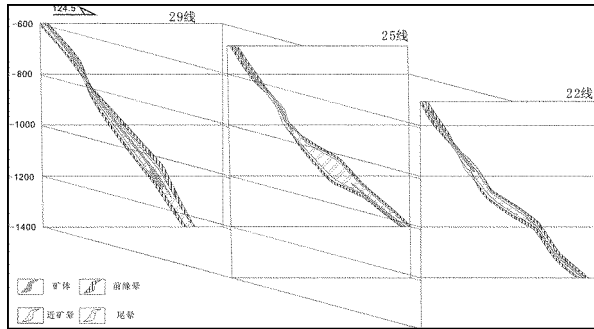


图 3 构造叠加晕联合剖面示意图

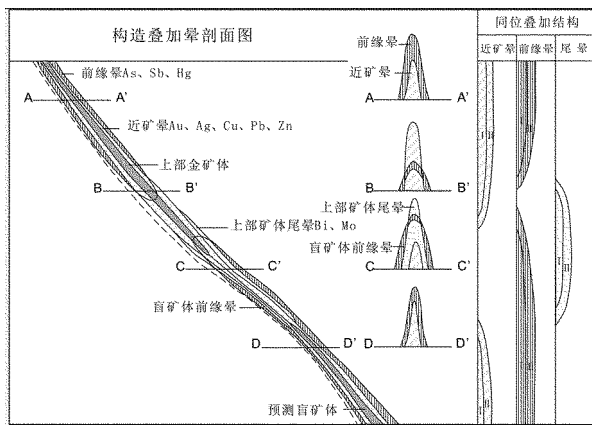


图 4 构造叠加晕理想模式图

(2)各元素的异常特征如下:

Au:轴向上以金矿体或金内带为核心,向矿体前缘、向两侧、向尾部浓度逐渐降低。

Ag:内带异常($\geq 2 \times 10^{-6}$)比 Au 矿体($\geq 1 \times 10^{-6}$)范围略大,总体形状差不多,与金矿体的中心基本吻合,其中心在矿体中心略偏下方。

As, Sb, Hg:内带异常稍偏离矿体中心,分布于矿体的中、上部及下部,是前缘晕特征指示元素,其下部异常是深部盲矿体前缘晕的叠加晕。

Cu, Pb, Zn: Cu 异常强,范围比 Au 异常小,但浓度中心明显且与矿体浓度集中中心基本一致,分布于矿体周围; Pb, Zn 均异常较弱,范围较小,但基本与矿体范围一致,分布于矿体周围;总体来说 Cu,

Pb, Zn 多与 Au 正相关,是近矿晕指示元素。

Bi, Mo:其异常强度较强与矿体范围基本一致,多分布于矿体的中下部,是尾晕特征指示元素。

W, Sn:异常较弱,且范围较小,分布于矿体中下部,对金矿指示作用不大。

(3)玲珑金矿田东风矿体构造叠加晕规律如下:

A: Au, Ag, Cu, Pb, Zn 在轴向上以金矿体或以内带为中心向前缘、向两侧、向尾部浓度逐渐降低,强异常有指示近矿的趋势。

B: As, Sb, Hg 强异常分布于矿体中上部,强异常有指示矿体前缘的趋势。

C: Bi, Mo 强异常分布于矿体中下部,强异常有指示矿体尾晕的趋势。

(4)矿体单一期次成矿形成原生晕轴向分带序列从上到下是:

As, Sb, Hg → Au, Ag, Cu, Pb, Zn → Bi, Mo

玲珑金矿田东风金矿床的分带序列与李惠教授通过对国内 80 个典型金矿床原生晕轴向分带序列的概率统计,得出的原生晕综合轴向(垂直)分带序列基本一致^[6-10]。

4.2 矿床构造叠加晕特征

将玲珑金矿田东风矿区构造叠加晕样品及 12 种指示元素的对应空间位置展布后,据各采样点分析数据及确定的浓度分带标准编制了 22, 25, 29 勘探线(位置如图 1)NW—SE 向剖面、剖面对比图(图 3)等。经研究得到玲珑金矿田东风矿床构造叠加晕总体特征如下:

(1)金矿成矿具有多期多阶段叠加成矿成晕特点:不同期次成矿过程形成的矿体(晕)在构造空间上有同位—近于同位—部分同位—或只有上部矿尾晕与深部盲矿前缘晕叠加等复杂的叠加构造。

(2)构造叠加晕叠加结构的识别依据:单一期次形成矿体的轴向分带:即近矿晕(Au, Ag, Cu, Pb, Zn)、前缘晕(As, Sb, Hg)和尾晕(Bi, Mo)特征指示元素强异常(内带、中带异常)在构造空间的分布分配特征。

(3)玲珑金矿田东风矿床各矿脉构造叠加晕的识别:①在剖面图上叠加晕叠加特点: Au 有一个强异常或多个中心(或多个矿体),是在同一构造带中不同的有利空间同一成矿过程形成的,或不同成矿过程形成矿体—晕的同位—近同位叠加,或不同成矿过程分别形成的矿体—晕,但是每个矿体都有自

己的近矿晕、前缘晕和尾晕。②图上相对应矿体或 Au 强异常多个中心,前缘晕(As, Sb, Hg)和尾晕(Bi, Mo)特征指示元素也相对应有多中心(内、中带异常);Cu, Pb 强异常分布部位指示第 II 阶段多金属硫化物阶段叠加部位。③矿脉构造叠加晕垂直图和剖面图上,若出现前、尾晕指示元素强异常共存,指示叠加;若在矿体中下部共存,指示两次成矿仅部分叠加,预示矿体延伸很大;如上部矿体尾晕叠加前缘晕,预示深部有盲矿存在;如已知矿体上部或前缘出现前、尾晕共存,指示上部矿体已剥蚀。④矿脉原生晕轴向分带序列反常或反常带,指示成矿过程叠加。

4.3 矿床构造叠加晕模式

根据玲珑金矿田东风矿区已知矿体的构造叠加晕特征,总结出了盲矿预测的构造叠加晕模式。

(1) 矿床特征指示元素

最佳指示元素组合: Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Hg, Bi, Mo;

前缘晕特征指示元素: As, Sb, Hg;

近矿晕特征指示元素: Au, Ag, Cu, Pb, Zn;

尾晕特征指示元素: Bi, Mo。

(2) 构造叠加晕模式

综上所述,建立了玲珑金矿田东风矿区构造叠加晕理想模式(图 4):①展示了上、下两个矿体富集带盲矿体(串珠状矿体)原生晕的叠加结构,上部金矿体—中部弱矿化带—下部金矿体;②每个矿体都有自己的前缘晕(As, Sb, Hg)、近矿晕(Au, Ag, Cu, Pb, Zn)和尾晕(Bi, Mo)。③上、下两个串珠矿体的形成可能有多种情况,但主要有以下 3 种:可能是同一次成矿形成的两个串珠矿体及其原生晕,此种情况,矿体有总体前缘晕和尾晕,但上部矿体又有自己的小尾晕,下部盲矿体又有自己的小前缘晕,其规模都小于总体前、尾晕。两个矿体相近时形成前、尾晕共存;可能是两次主成矿阶段成矿分别形成的两个串珠矿体(晕)的同位叠加;可能是两次成矿分别形成了上、下 2 个矿体的原生晕,存在部分叠加,即下部盲矿体前缘晕与上部矿体尾晕叠加在一起。

无论哪种情况,当上、下 2 矿体间相近时,上部

矿体的尾晕都与下部矿体的前缘晕叠加共存,指示深部有盲矿。

5 结论

在野外地质工作和实验的基础上,通过对玲珑金矿田东风矿区样品数据进行数学地质分析和构造叠加晕特征的讨论,建立了构造叠加晕的理想模式^[11]。说明 206 VIII-1 矿体存在上下两个矿体富集带原生晕的叠加结构,每个矿体都有自己的前缘晕(As, Sb, Hg)、近矿晕(Au, Ag, Cu, Pb, Zn)和尾晕(Bi, Mo)。当上、下两矿体间相近时,上部矿体的尾晕都与下部矿体的前缘晕叠加共存,指示深部有盲矿,说明前、尾晕共存是深部盲矿预测的重要依据。

参考文献:

- [1] 张文钊. 山东龙口大磨曲家金矿深部盲矿预测的构造叠加晕模式[J]. 地质找矿论丛(增刊), 2005, 8(20): 700-703.
- [2] 马久菊, 张永强, 望开磊, 等. 甘肃天水宽沟金矿床构造叠加晕研究及盲矿预测[J]. 黄金科学技术, 2012, 20(1): 27-31.
- [3] 刘冲昊, 刘家军, 王建平, 等. 陕西省略阳县铀厂沟金矿北带地球化学原生晕特征及其地质意义[J]. 中国地质, 2012(5): 1397-1405.
- [4] 李惠, 郑涛, 杨磊, 等. 山东招远大尹格庄金矿床隐伏矿定位预测的叠加晕模式[J]. 有色金属矿床与勘查, 1998, 7(3): 178-185.
- [5] 何希杰, 劳学苏. 回归分析中临界相关系数的求值方法[J]. 河北工程技术高等专科学校学报, 1993, (2): 12-19.
- [6] 李惠, 张国义, 禹斌, 等. 金矿区深部盲矿预测的构造叠加晕模型及找矿效果[M]. 北京: 地质出版社, 2006: 16-48.
- [7] 李惠, 禹斌, 李德亮, 等. 构造叠加晕找盲矿法及研究方法[J]. 地质与勘探, 2013, 1(49): 154-161.
- [8] 李惠, 禹斌, 李德亮, 等. 构造叠加晕新方法在危机矿山深部找矿效果[A]// 第九届全国矿床会议论文集[C]. 北京: 地质出版社, 2009: 103-104.
- [9] 李惠, 李德亮, 禹斌, 等. 辽宁凤城白云金矿床深部盲矿预测的构造叠加晕模型及预测效果[J]. 地质找矿论丛, 2010, 25(2): 153-156.
- [10] 李惠, 禹斌, 李德亮, 等. 化探深部预测新方法综述[J]. 矿产勘查, 2010, 1(2): 156-160.
- [11] 张之武. 广西大王顶金矿构造叠加晕研究及成矿预测[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2014.

Research on the Structural Superimposed Halo in Dongfeng Mining Area of Linglong Gold Deposit

LIU Caijie, BAO Zhongyi, WANG Yongqing, FAN Jiameng

(No.6 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Zhaoyuan 265400, China)

Abstract: Dongfeng deposit locates in the alteration zone in the lower part of Potouqing main fault. Based on field geological work in Dongfeng mining area, using geo-mathematic analysis, characteristics of structure superimposed halo have been studied, and the ideal model of structure superimposed halo has been set up. As showed by the structure superimposed halo of the mine, it is found that the mineralization have the characteristics of multi-period and multi-stage. Through the study on the halo axial zoning characteristics, the ore bodies (halo) formed in different mineralization stages have the characteristics of coexistence of head and tail halo. This structure is an important basis for blind orebody predication in deep part.