

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2016.02.013

甘肃省合作市以地南金矿床的构造叠加晕模型

陈明辉^{1,2}, 魏江³

(1. 中南大学地球科学与信息物理学院, 长沙 410083; 2. 湖南省有色地质勘查局二四五队, 湖南 吉首 416007;
3. 中国冶金地质总局地球物理勘查院, 河北 保定 071051)

摘要: 文章通过对以地南金矿床的元素地球化学特征和构造叠加晕特征研究, 建立了盲矿预测的构造叠加晕模型, 并用模型对矿床深部进行了预测, 提出了盲矿预测靶位, 为进一步探矿增储提供了依据。

关键词: 以地南金矿; 构造叠加晕; 模型; 深部预测; 甘肃省

中图分类号: P618.51, P632.2 **文献标识码:** A

0 引言

甘肃省合作市以地南金矿床其成因类型为岩浆期后中低温热液型, 工业类型为构造破碎蚀变岩型^[1]。以地南金矿成矿严格受构造控制, 具有多阶段叠加成矿成晕的特点。研究金矿体(晕)的轴(垂)向分带及不同期次形成矿体(晕)在空间上的叠加结构, 是判别矿体剥蚀程度和确定盲矿预测标志的关键。本文将通过研究以地南金矿体原生晕的轴向分带及叠加特点, 力图对矿床深部作出盲矿预测。

1 矿床地质概述

1.1 地层、岩浆岩和控矿构造

以地南金矿属构造破碎蚀变岩型金矿, 为岩浆期后中低温热液矿床; 矿体严格受构造控制, 岩浆岩及地层中均有矿体产出^[1]。

矿区出露地层有下二叠统大关山群上部岩组(P_1dg^b)、新近系上新统(N_2)和第四系(Q)。下二叠统大关山群上部岩组从老至新可划分为四个岩性段, 其中第二岩性段(P_1dg^{b-2})为区内的主要含矿地

层, 岩性主要为含炭质板岩、泥质板岩夹少量浅变质砂岩。

矿区主要侵入体为德乌鲁石英闪长岩(δo_5^2)和其东部的录斗艘石英闪长斑岩($\delta o\pi$)^[2], 二者呈断层接触。德乌鲁岩体呈 NW-SE 向穿过以地南矿区中部, 侵入下二叠统大关山群中, 有多条金矿化带产于该岩体及内接触带中的破碎蚀变带内。

矿区内地质体和构造线总体呈 NW-NWW 向展布, 构造线方向与区域构造格局一致, 以断裂构造为主。分布在岩体内及接触带内外的近 SN 向断裂常充填有含金石英脉、含硫化物矿物石英脉, 与成矿关系非常密切。

1.2 矿体特征

矿区内共圈出 27 个金矿体和 1 个铜金矿体, 最大矿体为 Au4-1, 其次为 Au3-1。金矿体产于德乌鲁石英闪长岩及西部、南部外接触带的砂质板岩中, 主要赋存于德乌鲁石英闪长岩中近 SN 走向的断裂破碎蚀变带内。铜金矿体产于北部下二叠统大关山群的砂质板岩层间破碎带中, 一般规模较小。矿体均呈板状产出, 矿体沿走向和倾向呈波状弯曲; 走向 $5^\circ \sim 10^\circ$, 倾向 SEE, 倾角 $76^\circ \sim 81^\circ$ 。矿体围岩以石英闪长岩破碎角砾岩为主, 砂质板岩破碎角砾岩次之。

矿石金属矿物主要有黄铁矿、毒砂, 次为黄铜

收稿日期: 2016-04-21; 责任编辑: 王传泰

作者简介: 陈明辉(1973—), 男, 高级工程师, 硕士, 2014年毕业于中南大学地球科学与信息物理学院, 主要从事矿产地质勘查及技术管理工作。通信地址: 湖南省吉首市人民南路 69 号, 湖南省有色地质勘查局二四五队; 邮政编码: 416007; E-mail: xxjscmh@163.com

矿、辉锑矿,少量辉铜矿,微量磁铁矿、闪锌矿,偶见黝铜矿、磁黄铁矿等。非金属矿物以石英为主,次为绢云母、绿泥石及碳酸盐矿物。

矿石结构有半自形-自形晶结构、交代结构等。矿石构造有浸染状构造、脉状构造、块状构造和斑杂状构造等。

2 矿床地球化学特征

2.1 地球化学背景

以地南矿区围岩中微量元素含量特征为:(1)电气石石英闪长岩富含 Au、As、Sb、B、Ag、Pb、Bi、Sn 元素;(2)凝灰岩富含 Au、As、Sb、B、Ag、Pb、Zn、Bi、W、Sn 元素;(3)砂质板岩富含 Au、As、Sb、B、Bi、W、Sn 元素;(4)闪长玢岩富含 As、Sb、B、Ag、Pb、Bi、Sn 元素;(5)石英闪长斑岩富含 Au、As、Sb、B、Pb、Bi、Sn 元素;(6)石英闪长岩富含 Au、As、Sb、B、Ag、Pb、Bi、W、Sn 元素;(7)炭质板岩富含 As、Sb、B、Ag、Pb、Bi、W、Sn 元素。

上述 7 种岩性作为矿区的主要成矿围岩,其微量元素含量为该区构造叠加晕异常下限及浓度分带^[3-4]提供了依据。

2.2 矿床元素组合特征

以地南金矿体中元素含量特征见表 1 所述。以

各元素衬值 ≥ 1 为标准确定矿体元素组合,以各元素衬值 ≥ 5 为标准确定了矿体特征元素组合。

(1) $w(\text{Au}) \geq 1 \times 10^{-6}$ 矿体元素组合及特征元素组合

矿体元素组合: Au、As、Sb、Hg、B、Ag、Cu、Pb、Zn、Bi、Mo、Mn、W、Sn。

矿体特征元素组合: Au、As、Sb、Hg、Ag、Cu、Pb。

(2) $w(\text{Au}) \geq 3 \times 10^{-6}$ 矿体元素组合及特征元素组合

矿体元素组合: Au、As、Sb、Hg、Ag、Cu、Pb、Zn、Bi、Mo、Mn、W、Sn。

矿体特征元素组合: Au、As、Sb、Hg、Ag、Cu、Pb、Zn。

2.3 元素相关关系

(1)研究叠加成矿形成矿体-晕元素间相关关系的意义。其一,计算矿体元素相关关系与金矿理论上的相关性对比,可反映矿床成矿过程中有无多期多阶段叠加特点及叠加程度;其二,反映矿床中叠加后元素间新的相关关系,为确定盲矿预测标志提供新的依据,即当金矿体下部或尾部出现前、尾晕叠加共存时,计算其元素相关性,可能出现前缘晕元素与尾晕元素相关——新前、尾晕元素相关反映盲矿前缘晕叠加。

表 1 以地南金矿床矿体微量元素含量特征表

Table 1 Characteristics of trace element content of ore bodies in Yidinan gold deposit

元素	Au ≥ 1 (634 件)		Au ≥ 3 (278 件)		矿区背景
	几何均值	衬值	几何均值	衬值	
Au	2.94	570.94	6.16	1 194.53	0.01
As	14 438.52	256.49	20 338.52	361.30	56.29
Sb	495.08	110.80	949.42	212.49	4.47
Hg	178.74	9.60	250.57	13.45	18.63
B	49.06	1.19	39.74	0.96	41.28
Ag	7.24	78.42	12.67	137.20	0.09
Cu	55.21	6.53	89.14	10.54	8.45
Pb	1 328.45	69.22	3 359.21	175.03	19.19
Zn	210.41	4.49	309.42	6.61	46.81
Bi	0.69	1.63	0.60	1.41	0.43
Mo	1.51	1.46	1.45	1.40	1.03
Mn	758.61	1.39	765.62	1.40	546.87
Co	7.80	0.56	6.37	0.46	13.85
Ni	174.90	0.66	13.03	0.49	26.38
V	40.74	0.61	23.78	0.36	66.40
Ti	914.12	0.28	639.64	0.20	3241.73
W	10.03	4.18	8.49	3.54	2.40
Sn	19.58	3.47	22.73	4.03	5.64

注:量单位 $w_{\text{B}}/10^{-6}$, $w(\text{Au})/10^{-9}$, $w(\text{Hg})/10^{-9}$;背景值为几何平均值,衬值=几何均值/背景。

(2)矿体元素相关关系。由于叠加使单一次成矿形成的矿体-晕中元素的理论相关关系中发生了很大变化,以地南金矿床中有些理论上元素保留了相关,有些则重组相关对,造成了相关的复杂性。

3 矿床构造叠加晕特征

3.1 原生晕轴向分带特征

以地南金矿床构造叠加晕浓度分带(划分)标准如表 2 所述。

(1)元素异常分布特征

Au 轴向上以金矿体为核心,向矿体前缘、尾部及两侧逐渐降低。Ag、Cu、Pb、Zn 异常强度高,范围较大,以金矿体为中心,其浓度向四周逐渐降低。As、Sb、Hg(B)异常强度高,范围大,中内带异常分布于金矿体上部及前缘。Bi、Mo、Mn、Ni 中内带异常分布于金矿体下部及尾晕。

(2)矿体原生晕的轴向分带序列

综合各元素内、中、外带异常在矿体轴向分布特征得出了单一次成矿形成矿体的原生晕轴向分带序列^[5-8],从上到下是: As、Sb、Hg、(B)→Au、Ag、Cu、Pb、Zn→Bi、Mo、Mn、Ni。

表 2 以地南金矿床构造叠加晕浓度分带标准

Table 2 Standard of zoning of structure superimposed halo Concentration in Yidinan gold deposit

元素	外带	中带	内带	强带
Au	0.1	0.5	1	≥3
As	200	3000	10000	≥20000
Sb	30	100	1000	
Hg	30	120	500	
B	50	100	150	
Ag	0.5	2	10	
Cu	15	50	150	
Pb	40	200	1000	
Zn	60	200	1000	
Bi	0.5	1.5	3	
Mo	1.5	2	4	
Mn	650	1000	1500	
Co	15	30	60	
Ni	25	30	50	
V	60	80	100	
Ti	2000	2500	3000	
W	6	10	15	
Sn	15	30	60	

注:量单位 w(Hg)/10⁻⁹,其它元素含量单位/10⁻⁶;表中各元素值为大于等于其底值而小于其终值。

3.2 原生晕叠加特征

(1)构造叠加晕叠加结构的识别依据

识别单一期次成矿成晕的轴向分带^[5-8]:即近矿晕(Au、Ag、Cu、Pb、Zn)、前缘晕(As、Sb、Hg、B)和尾晕(Bi、Mo、Mn、Ni)特征指示元素强异常(内带、中带异常)在构造空间上的分布特征。

(2)矿(脉)体构造叠加晕叠加识别^[5-8]

Au 在剖面图、平面图,以及垂直纵投影图上有多个浓集中心。由于每次成矿形成的金矿体或一次成矿形成的串珠状金矿体都有自己的前缘晕、近矿晕及尾晕,所以其特征指示元素 Au、As、Sb、Hg、B、Ag、Cu、Pb、Zn、Bi、Mo、Mn、Ni 异常分布也具有多中心(图 1)。

前缘晕、尾晕在空间上重叠共存,指示有叠加。

计算原生晕轴向分带出现反常、反分带现象,指示有叠加。

计算原生晕不同标高地球化学参数出现转折,指示有叠加。

元素相关关系混乱,指示有叠加。

4 深部盲矿预测的构造叠加晕模型

4.1 指示元素组合

(1)最佳指示元素组合

最佳指示元素组合^[5-8]为 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Hg、B、Bi、Mo、Mn、Ni。

(2)特征指示元素组合

特征指示元素组合^[5-8],即前缘晕特征元素、近矿特征元素、尾晕特征元素。以地南金矿床矿体前缘晕特征指示元素:As、Sb、Hg、(B);近矿特征指示元素: Au、Ag、Cu、Pb、Zn;尾晕特征指示元素: Bi、Mo、Mn、Ni。

(3)各指示元素对预测盲矿的指示意义

Au 是金矿成矿元素也是找金的最主要指示元素,金矿体剥蚀程度不同构造叠加晕中 Au 异常浓度不同,构造叠加晕有金强异常深部不一定有矿。

Ag 是 Au 的重要伴生元素,也是找金重要指示元素,Ag 与 Au 往往正相关,也是近矿指示元素。Ag 的高含量指示金矿中银可以综合利用。

Pb、Zn 矿物是金矿床第Ⅲ阶段——多金属硫化物阶段的特征矿物;Pb、Zn 高含量部位指示第Ⅲ阶段叠加部位。

As、Sb、Hg 是金矿的重要伴生元素,研究表明

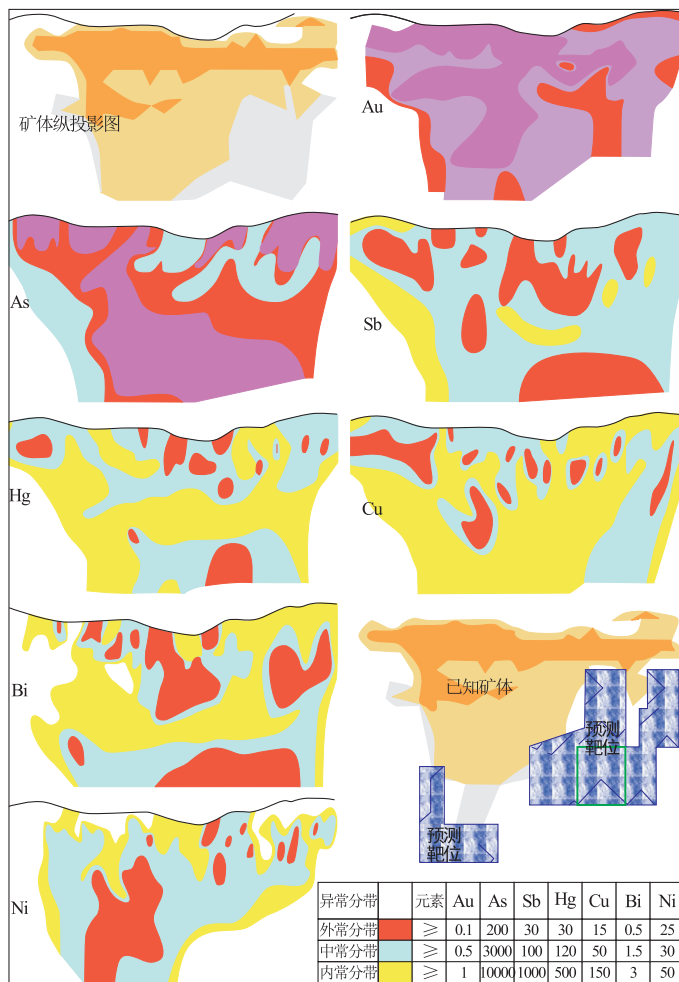


图1 以地南矿体构造叠加晕及预测靶位垂直纵投影

Fig. 1 Vertical projection of structure superimposed halo of ore bodies and the predicted targets in Yidinan gold deposit

As、Sb、Hg 是热液型金矿及有色金属矿床的特征前缘晕指示元素。

4.2 构造叠加晕模式

以地南典型金矿床构造叠加晕模式用剖面图和垂直纵投影图分别展示。

(1) 构造叠加晕模式剖面图

以地南金矿床深部盲矿预测的构造叠加晕模式剖面图如图2所示,展示了三条近于等距分布的典型金矿脉的构造叠加晕特征及深部预测的标志。

模式图右侧部 C 脉含金矿脉:脉中金矿体为盲矿体,深部已尖灭,但还有构造。前缘晕为中-内带异常、尾晕为内带、出现前-尾晕共存,指示深部构造有盲矿存在。

模式图中部 B 金矿脉:下部只有近矿晕外带、尾晕内带,无前缘晕异常叠加,指示深部构造无矿。

模式图左侧 A 含金矿脉:展示的出露金矿体向

深部未尖灭,需预测矿体向深部延伸大小。若出现前-尾晕共存,指示矿体向深部延伸还很大,则提出预测靶位。

(2) 构造叠加晕模式垂直纵投影图

以地南金矿床深部盲矿预测的构造叠加晕模式垂直纵投影图如图3所示。

图3上部假定剥蚀面构造叠加晕若出现 Au 等近矿晕指示元素外带弱异常,并伴有前缘晕 Hg、As、Sb 中-内带异常,指示深部有盲矿存在。

若在上部已知矿体尾部近矿特征指示元素有 Au 及 Ag、Cu 等出现中-外带弱异常,尾晕特征指示元素有 Bi、Mo、Mn 等出现中、内带异常,显示了上部已知金矿体尾部;若前缘晕特征指示元素 As、Sb、Hg 也出现中、内带异常,则是深部盲矿体前缘晕的叠加结果,前尾晕共存,指示深部构造带还有盲矿,则将深部有利成矿空间,变成预测靶位。

4.3 深部盲矿预测构造叠加晕标志

当金异常强度为外带时,前缘晕指示元素 As、Sb、Hg、(B) 出现中、内带强异常,尾晕指示元素 Bi、Mo、Mn、Ni 为外带弱异常,指示深部有利成矿空间有盲矿存在。若 Pb、Zn 含量中、内带,反映了多金属硫化物阶段叠加,指示深部金矿盲矿体较富。

前、尾晕共存准则:已知金矿体尾部出现前、尾晕共存,即 As、Sb、Hg、(B) 与 Bi、Mo、Mn、Ni 中内带异常叠加同时出现,指示深部利

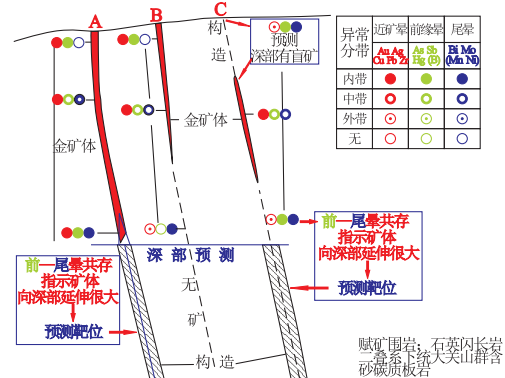


图2 以地南典型金矿床深部盲矿预测的构造叠加晕模式剖面图

Fig. 2 Section of structure superimposed halo for deep blind Ore prediction in typical Yidinan gold deposit

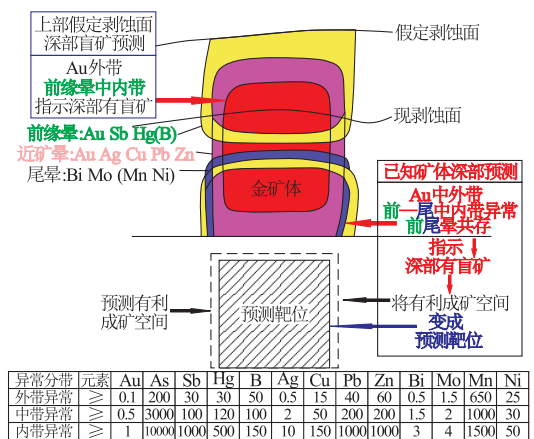


图 3 以地南典型金矿床深部盲矿预测构造叠加晕模式垂直纵投影图

Fig. 3 Vertical projection of structure superimposed halo for deep blind ore prediction in typical Yidinan gold deposit

成矿空间有盲矿存在；若已知金矿体下部出现前、尾晕共存，指示矿体向深部延伸还很大。

前缘晕强度增强趋势准则：在剖面上或垂直纵投影图上，在金矿床（体）的构造叠加晕轴向方向，即从已知矿体前缘→头部→中部→下部→尾晕，前缘晕元素 As、Sb、Hg、(B) 异常强度若出现由强（中-内带）—弱（中-外带）—强（中-内带）的变化趋势，特别是在矿体尾部前缘晕又增强，指示深部有利成矿空间有盲矿存在。

计算剖面或垂直纵投影轴向元素分带序列，出现反分带或反常，即前缘晕指示元素 As、Sb、Hg 出现在轴向分带序列下部，反映了深部盲矿前缘晕叠加，指示深部有盲矿存在。若计算的上部已知金矿体未尖灭，指示矿体向深部延伸还很大。

计算剖面或垂直纵投影轴向地球化学参数，如前缘晕/尾晕（如 As/Bi 、 $As \times Sb/Bi \times Mo$ ），从上→中→下部，由高（比值 8）→低（3）→高（7），反映了深部盲矿前缘晕叠加，指示深部有盲矿存在。若计算

的上部已知金矿体未尖灭，指示矿体向深部延伸还很大。

预测盲矿体头部深度与 Au 金含量及前缘晕异常浓度有关，与控矿构造性质、围岩性质及矿体在构造带中赋存规律如等距性、无矿间隔、侧伏规律等有关。

4.4 预测结果

根据以地南金矿床的构造叠加晕模式和盲矿预测标志，对矿床深部及外围进行了预测，共提出了提出 29 个深部盲矿预测靶位和 2 个有利成矿部位（见图 1），为深部后续找矿的探矿工程布置提供了充分依据。

5 结语

本次研究建立了以地南金矿床的构造叠加晕模式，确定了盲矿预测标志，并用构造叠加晕模式和盲矿预测标志对矿床深部及外进行了成矿预测，为深部后续找矿的探矿工程布置提供技术支持。

参考文献：

[1] 陈明辉，等. 以地南铜金矿补充详查报告[R]. 湖南 吉首：湖南省有色地质勘查局二四五队.

[2] 陈明辉，等. 录斗艘金矿详查报告[R]. 湖南 吉首：湖南省有色地质勘查局二四五队.

[3] 阮天健，朱有光. 地球化学找矿[M]. 北京：地质出版社，1985.

[4] 蒋敬业. 应用地球化学[M]. 武汉：中国地质大学出版社，2006.

[5] 李惠，张文华，等. 大型、特大型金矿盲矿预测的原生叠加晕模型[M]. 北京：冶金工业出版社，1998.

[6] 李惠，张国义，禹斌. 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.

[7] 李惠，禹斌，李德亮. 构造叠加晕找盲矿法及找矿效果[M]. 北京：地质出版社，2011.

[8] 禹斌，李惠，李德亮. 成矿区带构造叠加晕研究及成矿预测[M]. 北京：地质出版社，2011.

The tructure superimposed halo model of Yidinan gold deposit in Hezuo city, Gansu province

CHEN Minghui^{1,2}, WEI Jiang³

(1. *Zhong Nan University, Changsha 410083, China*; 2. *Hunan Non-ferrous
metals Geology Investigation bureau Rows 245, Jishou 416007, Hunan, China*;
3. *Geophysical Exploration Academy of China Metallurgical
Geology Bureau, Baoding 071051, Hebei, China*)

Abstract: Element geochemistry and structure superimposed halo of Yidinan gold deposit are studied to build the structure superimposed halo model for blind ore prediction. Based on the model are put forward blind ore targets for further prospecting.

Key Words: Yidinan gold deposit; structure superimposed halo; model; deep prediction; Gansu province

关于警惕虚假网站的提示

近期《地质找矿论丛》编辑部接到作者投诉,反映其被网上出现的虚假投稿网站所骗。在此《地质找矿论丛》编辑部郑重声明,《地质找矿论丛》编辑部投稿系统网址为 <http://dzzklc.cnjournals.cn/ch/index.aspx>,敬请广大作者注意甄别,谨防上当。

《地质找矿论丛》编辑部联系电话:022—84283083;邮箱:luncong@163.com

《地质找矿论丛》编辑部

2016.05.31