

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2022.04.025

青海白日其利金矿床构造叠加晕特征及深部找矿预测

李彦强¹, 段建华^{1,*}, 何学昭¹, 郁东良¹, 孙凤舟²

(1. 青海省核工业地质局, 青海 西宁 810008; 2. 中国冶金地质总局地球物理勘查院, 河北 保定 071051)

摘要: 格尔木市白日其利地区金矿体受断裂破碎带控制。赋矿破碎蚀变带构造叠加晕特征研究表明, 金矿体具 Au、As、Sb、Hg、B、Ag、Cu、Pb、Zn、Bi、Mo、Co、Ni、V、Ti、W、Sn 等多元素组合特点; 矿体前缘晕特征指示元素组合 As、Sb、Hg、B; 近矿晕特征指示元素组合 Au、Ag、Cu、Pb、Zn; 尾晕特征指示元素组合 Bi、Mo、Co、Ni、V、Ti、W、Sn。原生晕轴向分带及特征参数显示出反分带特征, 指示矿体深部有延深或有盲矿体存在。在总结构造叠加晕预测标志基础上, 建立了盲矿预测的构造叠加晕模型, 进一步圈定了深部找矿靶位。

关键词: 金矿体; 构造叠加晕; 深部预测; 白日其利青海

中图分类号: P618.51 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-6248(2022)04-0316-08

The Features Structural Superimposed Halos of Bairiqili Gold Deposit in Qinghai and Its Deep Prediction

LI Yanqiang¹, DUAN Jianhua^{1,*}, HE Xuezhao¹, YU Dongliang¹, SUN Fengzhou²

(1. Nuclear Industry Geological Bureau of Qinghai Province, Xining 810008, Qinghai, China; 2. Geophysical Exploration Academy of China Metallurgical Geology Bureau, Baoding 071051, Hebei, China)

Abstract: The Bairiqili gold deposit is controlled by fault fracture zone. The study results of geochemical characteristics and structural superimposed halo feature for typical gold deposits in the area indicate that the ore deposit is characterized with geochemical combination of Au, As, Sb, Hg, B, Ag, Cu, Pb, Zn, Bi, Mo, Co, Ni, V, Ti, W, Sn. By systematical analysis of axial zoning regularity of gold deposit, it shows that indicator elements for forward primary halos are As, Sb, Hg, B, indicator elements for gold orebody for Au, Ag, Cu, Pb, Zn, and tail halo indicator elements are Bi, Mo, Co, Ni, V, Ti, W, Sn. On the basis of summarizing predication criteria of structural superimposed halo, structural superimposed halo model for prediction of blind orebody in the depth was established, which will help to delineate the deep prospecting targets.

Keywords: gold deposit structural; superimposed halos; deep prediction; Bairiqili Qinghai

构造叠加晕找矿是李惠教授为首的专家团队在研究原生晕找盲矿理论上, 根据热液矿床成矿

成晕具多期多阶段叠加的特点, 把原生晕轴向分带出现的反常-反分带现象应用到深部盲矿预测定位

收稿日期: 2022-05-15; 修回日期: 2022-06-23; 网络发表日期: 2022-11-15; 责任编辑: 李辉

基金项目: 中央地质勘查基金项目“青海省格尔木市白日其利地区金矿普查”(2013631001) 资助。

作者简介: 李彦强(1981-), 男, 高级工程师, 主要从事地质矿产勘查与管理等工作。E-mail: 87277786@qq.com。

* 通讯简介: 段建华(1971-), 男, 高级工程师, 主要从事金属矿产资源勘查及研究工作。E-mail: 1210388365@qq.com。

的找矿新方法(李惠等,2011;吕鹏瑞,2012),该理论应用到青海五龙沟金矿等矿区,已取得明显的找矿效果(崔义文等,2020)。青海白日其利金矿位于东昆仑南坡俯冲碰撞杂岩带中部,属五龙沟-巴隆金铜铅锌矿集区,区内断裂构造发育,岩浆侵入活动强烈,金矿化主要受断裂破碎带控制。笔者系统研究了白日其利金矿区I号含金构造蚀变带原生晕地球化学特征,总结了金矿床原生晕轴向分带及叠加特征,提出了下一步找矿靶位。

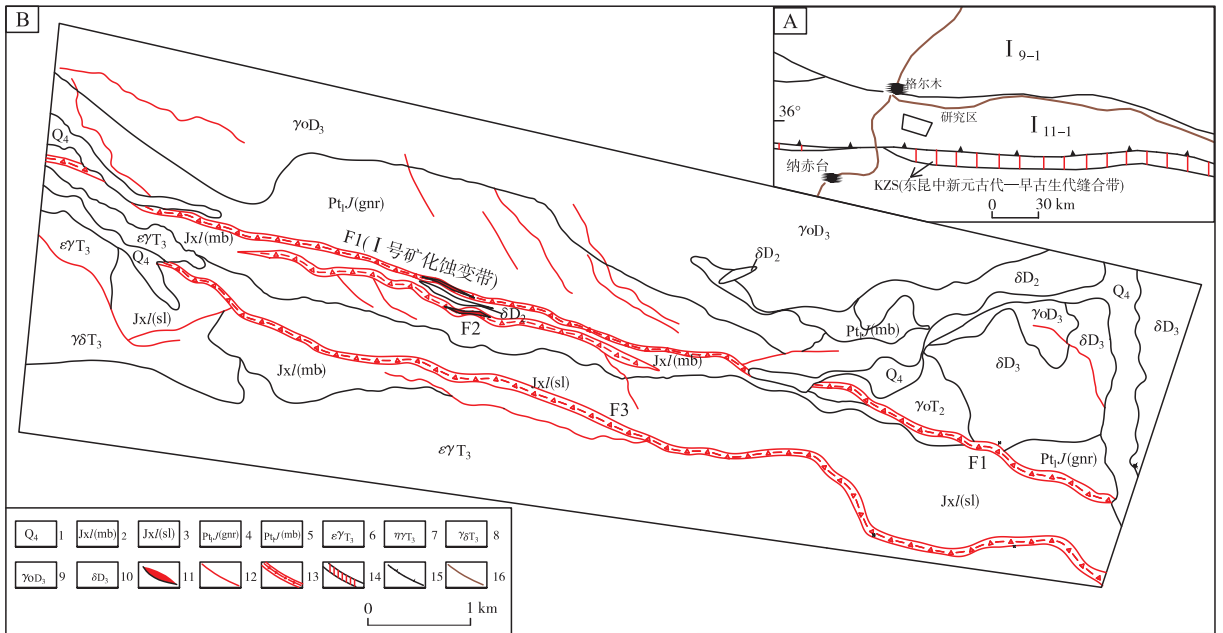
1 成矿地质背景

青海省白日其利金矿区与著名的五龙沟金矿田相邻,是五龙沟金矿床的西延部分。区内主要出露古元古界金水口岩群(Pt₁J)黑云斜长片麻岩、黑云母片岩、斜长角闪片岩夹大理岩等和中元古界蓟县系狼牙山组(JxI)碳酸盐岩夹碎屑岩等。受区域构造影响,矿区构造以北西西向断裂及其次级构造为主,其中北西西向F1断裂为白日其利

金矿床主要控矿构造(图1)。区内晚泥盆世—晚三叠世中酸性侵入岩发育,主要为正长花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩、闪长岩等;脉岩主要出露辉绿岩脉、闪长岩脉、花岗斑岩脉、花岗伟晶岩脉、煌斑岩脉等。

2 矿体地质特征

白日其利金矿床严格受区内北西西向断裂形成的破碎蚀变带控制,其中I号为含金矿化带,走向延伸800余m,倾向延深300m。金矿体赋存于北西西向F1断裂带中;金矿体产状与断裂构造基本一致,走向135°,倾向北,倾角为65°~80°,长为140~600m,真厚度为0.8~5.08m,Au品位为 $1.11 \times 10^{-6} \sim 9.6 \times 10^{-6}$,伴生Ag品位最高达 97.05×10^{-6} ;矿体呈透镜状、脉状产出,赋矿岩性为构造角砾岩、糜棱岩,矿石矿物主要为黄铁矿、毒砂,少量黄铜矿及辉钨矿;金矿化与黄铁矿化、硅化、毒砂矿化关系密切(何学昭等,2018)。



1. 第四系全新统;2. 蓟县系狼牙山组大理岩;3. 古元古界金水口岩群狼牙山组板岩;4. 古元古界金水口岩群黑云母角闪片麻岩;5. 古元古界金水口岩群大理岩;6. 晚三叠世浅灰色中粗粒正长花岗岩;7. 晚三叠世灰色中粗—细粒二长花岗岩;8. 晚三叠世灰色中细粒花岗闪长岩;9. 晚泥盆世中粗粒蚀变斜长花岗岩;10. 晚泥盆世灰黑色中粗粒闪长岩;11. 金矿体;12. 断层;13. 构造蚀变带;14. 主缝合带;15. 次缝合带;16. 交通线;I 9-1. 柴达木中生代后造山磨拉石前陆盆地;I 11-1. 东昆中岩浆弧带

图1 白日其利金矿床地质略图(据何学昭等,2017 修改)

Fig. 1 Sketch of Baiqiqili Au deposit(After from He et al., 2017)

3 矿区构造叠加晕分析及成矿元素组合特征

3.1 样品采集及测试分析

本次在白日其利金矿区开展了构造叠加晕找盲矿法应用研究:①采集地球化学背景样 20 件,采自相邻五龙沟金矿田红旗沟-深水潭矿区同时代围岩。②采集构造叠加晕样品 122 件,主要选择工程控制程度较高的 I 号矿化带 M4、M2

矿体群。样品分析测试 Au、As、Sb、Hg、B、Ag、Cu、Pb、Zn、Bi、Mn、Co、Ni、Ti、V、Mo、Sn、W 等 18 种元素。样品由正元地球物理有限责任公司测试,分析报出率 100%,分析灵敏度和检出限均符合要求。

3.2 主要矿体元素含量特征

笔者从所分析的样品中分别以 $Au \geq 1 \times 10^{-6}$ 、 $Au \geq 3 \times 10^{-6}$ 选择了 43 件,计算各元素平均值、衬度值(表 1)。以各元素衬度值 ≥ 20 为标准,矿体异常组合元素为 Au、As。

表 1 I 号带金矿体元素地球化学参数特征表
Tab. 1 Characteristics of geochemical parameters of No. 1 belt

| 元素 | 特征值 | 件数 | Au | As | Sb | Hg | B | Ag | Cu | Pb | Zn |
|----------------------------|-----|----|----------|----------|--------|--------|-------|-------|----------|-------|-------|
| $Au \geq 1 \times 10^{-6}$ | 平均值 | 39 | 1 560.48 | 2 339.22 | 8.25 | 315.15 | 39.37 | 0.99 | 18.59 | 38.15 | 80.62 |
| | 衬度值 | | 335.07 | 119.27 | 6.10 | 19.10 | 2.81 | 11.61 | 1.97 | 1.55 | 1.38 |
| $Au \geq 3 \times 10^{-6}$ | 平均值 | 4 | 4 124 | 5 607.91 | 9.37 | 182.79 | 33.21 | 1.62 | 27.06 | 44.02 | 83.81 |
| | 衬度值 | | 885.53 | 285.94 | 6.92 | 11.08 | 2.37 | 18.99 | 2.86 | 1.79 | 1.43 |
| 区域背景平均值 | | | 4.66 | 19.61 | 1.35 | 16.50 | 14.03 | 0.09 | 9.45 | 24.56 | 58.48 |
| 元素 | 特征值 | 件数 | Bi | Mo | Mn | Co | Ni | V | Ti | W | Sn |
| $Au \geq 1 \times 10^{-6}$ | 平均值 | 39 | 0.31 | 1.18 | 366.63 | 9.51 | 9.56 | 39.67 | 2 968.08 | 9.52 | 6.80 |
| | 衬度值 | | 1.34 | 1.00 | 0.64 | 1.41 | 1.35 | 0.88 | 1.70 | 4.02 | 2.10 |
| $Au \geq 3 \times 10^{-6}$ | 平均值 | 4 | 0.26 | 1.29 | 524.04 | 13.83 | 20.76 | 69.88 | 3 789.26 | 12.14 | 10.05 |
| | 衬度值 | | 1.12 | 1.10 | 0.92 | 2.05 | 2.94 | 1.54 | 2.16 | 5.13 | 3.11 |
| 区域背景平均值 | | | 0.23 | 1.17 | 569.90 | 6.75 | 7.06 | 45.33 | 1 750.32 | 2.37 | 3.23 |

注:表中 Hg 元素含量为 10^{-9} ,其他元素为含量为 10^{-6} ,平均值为几何平均值,衬度值=平均值/背景。

3.3 矿床元素组合特征

采用 SPSS 软件得到 18 种元素的相关系数。由表 2 可看出,在 0.05 置信水平上($r > 0.33$),Au 与 As、Sn 呈正明显正相关关系,其中 As 与 Au 的相关关系大于 0.5,指示 As 主要共伴生元素,毒砂正是白日其利金矿主要矿石矿物之一;Au 与 Sb、Pb、Zn、Mo、Mn、Co、Ni、V、Ti、W 呈弱正相关,与 Hg、B、Ag、Cu、Bi 等元素呈负相关,反映出本区金成矿一成晕的多期、多阶段叠加特点。

在相关性分析基础上,对 $Au \geq 1 \times 10^{-6}$ 样品进行元素聚类分析。在相关系数 0.18 上,18 种元素获得 4 个聚类群,其中 Au、As、Sn 为一大群,亲密性最好;Mo、B、Pb、Hg、Ag、Cu 元素比较分散,Cu、Ag、Hg、Pb、Sb 相对分散,并组成一个大群,Au

与代表热液金矿床近矿晕的 Cu、Pb、Zn 等元素不在一个群内,反映了多阶段热液成矿晕叠加特征(图 2)。

4 白日其利地区金矿床构造叠加晕特征

4.1 构造叠加晕异常浓度分带

浓度分带是研究矿床(体)-原生晕轴(垂)向分带的基础,是研究和发现矿床(体)前缘晕、近矿晕及尾晕的关键。通过综合分析本区各元素含量分布特征值,为突出 Au 异常浓集中心,确定 Au 元素异常分带以 $Au \geq 0.1 \times 10^{-6}$ 为外带,分为强、内、中和外带共 4 个浓度分带,分带标准见表 3。

表 2 I 矿化带矿体微量元素相关系数矩阵表
Tab. 2 Correlation coefficient of trace elementsof No. 1 belt

| 元素 | Au | As | Sb | Hg | B | Ag | Cu | Pb | Zn | Bi | Mo | Mn | Co | Ni | V | Ti | W | Sn |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|------|
| Au | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| As | 0.59** | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sb | 0.29 | 0.02 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hg | -0.13 | 0.17 | -0.02 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| B | -0.24 | -0.06 | -0.01 | 0.00 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | |
| Ag | -0.02 | 0.31 | 0.10 | 0.85** | -0.15 | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| Cu | -0.01 | 0.25 | 0.18 | 0.77** | -0.02 | 0.73** | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| Pb | 0.20 | -0.06 | -0.15 | -0.25 | 0.42** | -0.33 | -0.03 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| Zn | 0.10 | -0.06 | 0.18 | -0.01 | 0.23 | 0.02 | 0.10 | 0.28 | 1.00 | | | | | | | | | |
| Bi | -0.06 | -0.51 | 0.01 | -0.10 | 0.22 | -0.24 | -0.01 | 0.48** | 0.51** | 1.00 | | | | | | | | |
| Mo | 0.14 | -0.04 | 0.18 | -0.01 | 0.29 | 0.02 | 0.06 | 0.32 | 0.27 | 0.24 | 1.00 | | | | | | | |
| Mn | 0.16 | 0.18 | 0.37** | 0.03 | -0.14 | 0.00 | 0.15 | -0.37 | 0.39** | -0.12 | -0.10 | 1.00 | | | | | | |
| Co | 0.20 | 0.34** | 0.48** | 0.40** | -0.11 | 0.45** | 0.33 | -0.49 | 0.27 | -0.22 | -0.02 | 0.68** | 1.00 | | | | | |
| Ni | 0.28 | 0.38** | 0.39** | 0.24 | -0.22 | 0.41** | 0.14 | -0.28 | 0.07 | -0.16 | 0.01 | 0.12 | 0.70** | 1.00 | | | | |
| V | 0.16 | 0.27 | 0.43** | 0.44** | -0.11 | 0.42** | 0.39 | -0.50 | 0.23 | -0.21 | -0.04 | 0.79** | 0.92** | 0.44** | 1.00 | | | |
| Ti | 0.21 | 0.23 | 0.62** | 0.29 | -0.01 | 0.38** | 0.32 | -0.28 | 0.35** | -0.05 | 0.12 | 0.59** | 0.82** | 0.49** | 0.82** | 1.00 | | |
| W | 0.19 | 0.20 | 0.59** | 0.20 | -0.08 | 0.40** | 0.23 | -0.34 | -0.09 | -0.11 | 0.06 | 0.13 | 0.56** | 0.56** | 0.43** | 0.64** | 1.00 | |
| Sn | 0.36** | -0.02 | -0.24 | -0.19 | -0.03 | -0.25 | -0.19 | 0.39** | -0.01 | 0.34** | 0.04 | -0.34 | -0.43 | -0.17 | -0.45 | -0.42 | -0.35 | 1.00 |

注:**表示在 0.05 置信水平上($r>0.33$)显著相关。

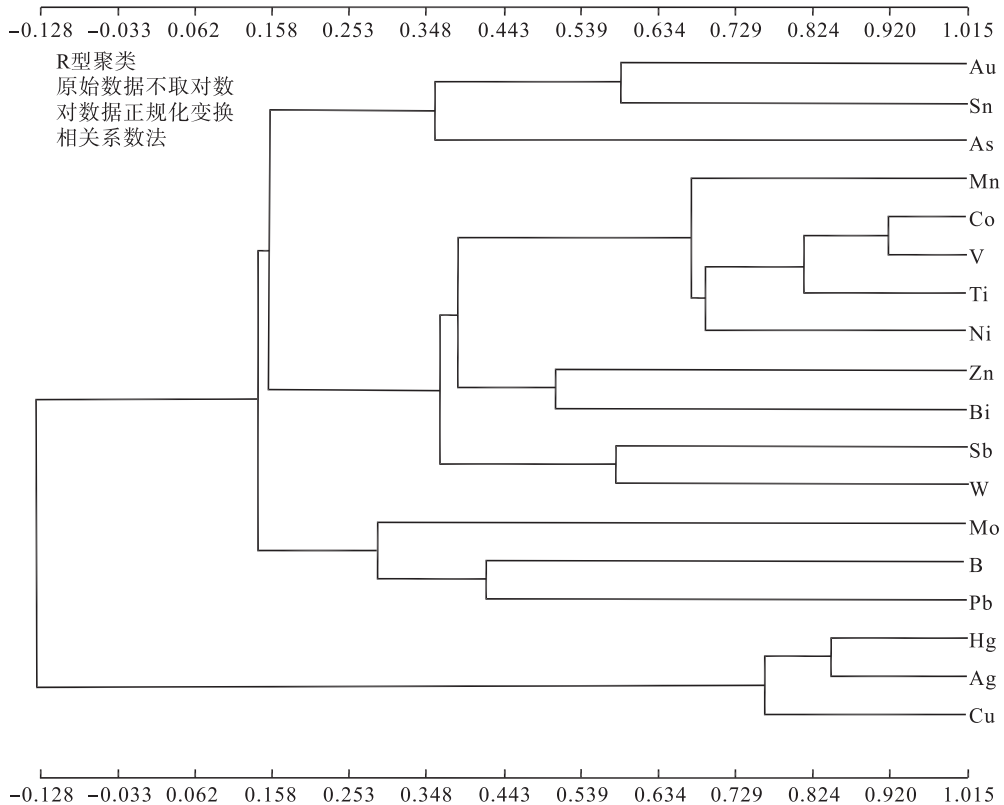


图 2 I 矿带矿体成矿元素聚类分析谱系图

Fig. 2 R Clusetr analy sisman ore-forming elements of No. 1 belt

表3 I矿带金矿体构造叠加晕异常分带表

Tab. 3 Statistical table of anomaly threshold in structure superimposed halos of No. 1 belt

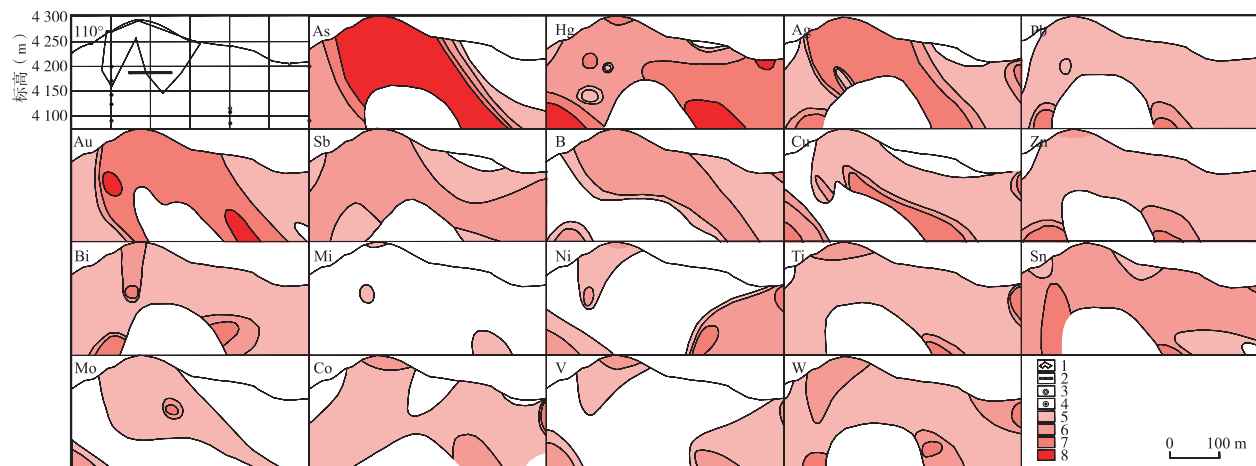
| 异常分带 | Au | Ag | As | Sb | Hg | Cu | Pb | Zn | B | Bi | Mo | Mn | Co | Ni | V | Ti | W | Sn |
|------|-------|-----|-------|----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|----|-------|----|----|-----|--------|----|----|
| 外带 | ≥ 0.1 | 0.2 | 200 | 5 | 200 | 30 | 50 | 100 | 30 | 0.5 | 2 | 900 | 10 | 15 | 100 | 3 500 | 5 | 5 |
| 中带 | ≥ 0.5 | 0.4 | 400 | 10 | 400 | 60 | 100 | 200 | 60 | 1 | 4 | 1 800 | 20 | 30 | 200 | 7 000 | 10 | 10 |
| 内带 | ≥ 1 | 0.8 | 800 | 20 | 800 | 120 | 200 | 400 | 120 | 2 | 8 | 3 600 | 40 | 60 | 400 | 14 000 | 20 | 20 |
| 强带 | ≥ 3 | | 1 600 | | 1 600 | | | | | | | | | | | | | |

注:表中 Hg 元素含量为 10^{-9} ,其他元素含量为 10^{-6} 。

4.2 原生晕元素轴向分带特征

白日其利I矿带 15-32 线 M2、M4 金矿体原生晕轴向分带特征(图 3):成矿元素 Au 异常明显,Au、As 异常内带在 7~8 线、16 线连续出现,16 线深部出现 Au 强异常中心,总体呈向南东侧伏,指示含矿热液来源南东深部;前缘晕指示元素 As、Sb、Hg、B 呈中、内带异常,Hg 内带一强带异常出现于矿体尾部,主要分

布于 7 线、16 线;近矿晕 Ag 异常总体特征与 Au 异常相似,Cu、Pb、Zn 元素中-内带异常主要分布于矿体中下部。尾晕 Bi、Mo、Co、Ni、W、Sn 等元素强度偏低,Bi、Mo 元素内带异常断续出现。单一金矿体元素轴向分带序列从上到下为:Hg、As、Sb、B(矿体前缘及上部)→Ag、Au、Cu、Pb、Zn(矿体中部)→Bi、Mo、Co、Ni、W、Sn、V、Ti(矿体下部及尾晕)。



1. 勘探工程;2. 未见矿钻孔;3. 见矿钻孔;4. 金矿体;5. 构造叠加晕各元素异常外带;6. 构造叠加晕各元素异常中带;
7. 构造叠加晕各元素异常内带;8. 构造叠加晕各元素异常强带

图3 I矿带金矿体构造叠加晕垂直纵投影图

Fig. 3 Vertical projection diagram of structure superimposed halos of No. 1 belt

4.3 赋矿构造带原生晕叠加特征

白日其利在 7、16 线金矿体延深区域发育 Au 内一强带异常,Ag、Cu、Pb、Zn 元素中-内带异常呈多个中心。As 呈连续中-内带强异常,Hg 强带异常主要分布于矿体尾部。前缘晕元素 Hg、Sb 与近矿晕元素 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As 混存,Bi、Mo、Co、Ni 异常强度偏低,中-内带异常出现于矿体中下部。总体显示在金矿体南东侧伏方向深部前、尾晕异常共存,As、Hg 前缘晕元素中-内带异常叠加尾晕 Bi、

Mo、Co、Ni 元素中-内带异常,指示深部存在盲矿体。白日其利地区金矿体地球化学及构造叠加晕特征研究表明,金成矿作用伴生 Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Hg、B、Bi、Mo、Co、Ni、V、Ti、W、Sn 等热液硫化物矿石及围岩典型元素组合活动,总体反映出多阶段成矿作用叠加特征。在矿体轴向上,元素分带表现出典型蚀变岩型金矿前缘晕、近矿及尾晕指示元素空间分布规律,同时反映出典型叠加、反分带等盲矿指示异常。

4.4 白日其利金矿床构造叠加晕模式

综合成矿成晕异常及垂向分带变化特点,结合中国典型蚀变岩型金矿和成矿条件相近的五龙沟矿集区红旗沟-深水潭矿区金矿构造叠加晕元素分带规律和模型特点(孙凤舟等,2016),白日其利金矿区深部盲矿预测构造叠加晕模式如下。

盲矿预测指示元素组合: Au、As、Sb、Hg、B、Ag、Cu、Pb、Zn、Bi、Mo、Co、Ni、V、Ti、W、Sn。前缘晕特征

指示元素组合为 As、Sb、Hg、B;近矿晕特征指示元素组合为 Au、Ag、Cu、Pb、Zn;尾晕特征指示元素组合为 Bi、Mo、Co、Ni、V、Ti、W、Sn(图 4)。I号矿化蚀变带 Au、As、Hg、Ag、Cu、Pb、Zn 等元素异常均呈南东深部侧伏趋势。矿体尾部“前一尾晕共存”,反映了金矿体构造叠加晕模式中已知侧伏串珠状矿体——晕叠加特征,指示已知矿体下部有另一次成矿部分叠加,是深部盲矿存在的重要标志(李惠,2020)。

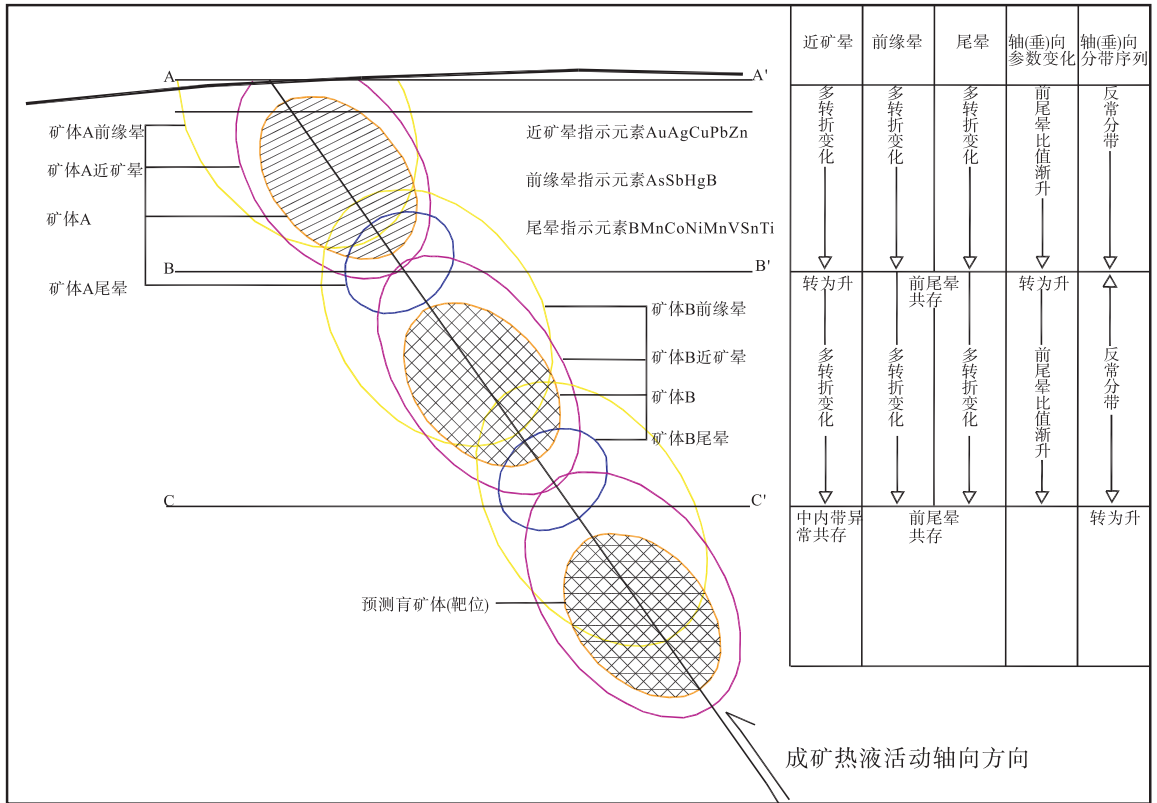


图 4 白日其利金矿床构造叠加晕模式图

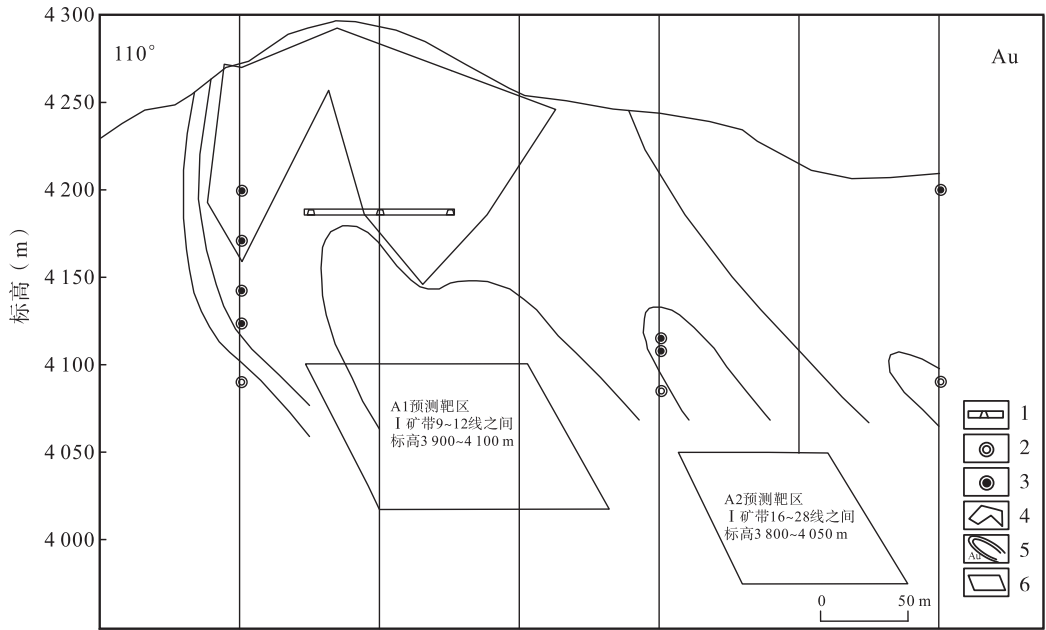
Fig. 4 Model of structure superimposed halos of Bairiqili Au deposit

5 深部矿体预测

结合矿床地质特征、矿体控制程度和矿床构造叠加晕模式,综合分析该区域深部特征指示元素异常特征,本次预测 4~12 线、16~24 线(A1、A2 预测靶位),3 800~4 100 m 标高,是下步找矿的首选地段(图 5)。

地质依据: I 含金构造蚀变带 7~32 线经钻探工程控制,金矿化具深部延深趋势,规模及蚀变特征无明显变化,赋矿空间条件有利。目前在 7~

8 线 4 100 m 标高以浅已圈定金工业矿体。构造叠加晕依据: Au 在 0~16 线呈连续内带异常,并呈南东深部侧伏,前缘晕指示元素 As、Hg 异常强度高,异常总体分布特征与 Au 相似,Hg 在 16 线矿体尾部侧伏方向出现强异常;尾晕指示元素 Bi、Mo、Co、Ni、V、Ti、W、Sn 在 15~32 线出现断续的中-内带异常。近矿指示元素 Ag 与 Au 异常吻合较好。综合分析矿化蚀变带深部反映出构造空间条件及矿化蚀变有利,前缘晕、近矿晕和尾晕特征指示元素均显示异常,前、尾晕叠加,指示深部仍具较强的成矿作用。



1. 硃探工程;2. 未见矿钻孔;3. 见矿钻孔;4. 金矿体;5. 构造叠加晕金异常;6. 预测靶区

图5 I号带金矿体深部预测图

Fig. 5 Blind ore prospecting targets of No. 1 belt

6 结论

(1)白日其利金矿区赋矿构造带中原生晕特征显示,本区金矿成矿过程是多元素组合热液活动产物,具明显的分带规律,可作为判别成矿热液运移方向和深部是否具有盲矿叠加的指示标志。盲矿预测的指示元素组合: Au、As、Sb、Hg、B、Ag、Cu、Pb、Zn、Bi、Mo、Co、Ni、V、Ti、W、Sn。前缘晕特征指示元素组合: As、Sb、Hg、B; 近矿晕特征指示元素组合: Au、Ag、Cu、Pb、Zn; 尾晕特征指示元素组合: Bi、Mo、Co、Ni、V、Ti、W、Sn。

(2)本区与相邻的五龙沟深水潭金矿区具极为类似构造叠加晕特征,均反映出成矿热液活动源自深部,运移方向呈由南东至北西,成矿作用具有向南东侧伏的规律,显示I号矿化蚀变带深部具备良好的成矿空间条件,找矿潜力较大。

(3)根据白日其利金矿床构造叠加晕模式,确定了盲矿预测的构造叠加晕标志,提出2处深部预测靶位,为矿区深部找矿工作指明了方向。

致谢:论文写作得到西安地质调查中心贾群子研究员、张照伟研究员指导;匿名审稿专家提出了建设性修改意见,在此一并致以真挚的谢意!

参考文献(References):

- 白斌,俞胜,余小龙,等. 西秦岭锁龙金矿床原生晕叠加特征及深部靶位预测[J]. 西北地质, 2018, 51(04): 202-214.
- BAI Bin, YU Sheng, SHE Xiaolong, et al. Primary Halos Superposed Characteristics of the SuoLong Gold Deposit in Western Qinling and Its Implication for Deep Prediction [J]. Northwestern Geology, 2018, 51(04): 202-214.
- 崔义文,文相正. 构造叠加晕找矿方法在青海五龙沟金矿床深部找矿勘查中的应用[J]. 中国锰业, 2020, 25(2): 73-77.
- CUI Yiwen, WEN Xiangzheng. The Application of Tectonic Superposition Halo Prospecting Method in the Deep Prospecting of the Wulonggou Gold Deposit, Qinghai [J]. China's Manganese Industry, 2020, 25(2): 73-77.
- 代军治,钱壮志,高菊生,等. 小秦岭镰子沟金矿床构造叠加晕特征及深部预测[J]. 西北地质, 2017, 50(04): 166-175.
- DAI Junzhi, QIAN Zhuangzhi, GAO Jushen, et al. The features structural superimposed halos of the Bairiqili gold deposit in Xiaoqingling area and its deep prediction [J]. Northwestern Geology, 2017, 50(04): 166-175.

- 何学昭,雷爱全,高彪,等.青海省白日其利地区断裂构造-蚀变-矿化分带特征[J].青海大学学报,2018,36(04):79-85.
- HE Xuezhao, LEI Aiquan, GAO Biao, et al. The fracture structure-alteration-mineralization zoning characters of Bairiqili area in Qinghai province[J]. Journal of Qinghai University, 2018,36(04):79-85.
- 李惠,禹斌,李德亮,等.构造叠加晕找盲矿新方法及其找矿效果[M].北京:地质出版社,2011:12-79.
- LI Hui, YU Bin, LI Deliang, et al. The new method of structural superimposed halo for blind ore-body and the prediction result [M]. Beijing: Geological Publishing House,2011:12-79.
- 李惠,禹斌,魏江,等.热液型矿床深部盲矿预测的构造叠加晕实用理想模型及其意义[J].地质与勘探,2020,(05):889-897.
- LI Hui, YU Bin, WEI Jiang, et al. A new practical ideal model of structural superimposed halos for prediction of deep blind hydrothermal deposits and its significance [J]. Geology and Exploration, 2020,56(05):889-897.
- 李惠,禹斌,魏江,等.勘查(新)区构造叠加晕研究方法及其预测参照实用理想模型[J].地质与勘探,2021,57(02):351-359.
- LI Hui, YU Bin, WEI Jiang, et al. Research on prediction of hidden ore bodies at depth in exploration(new) areas using structural superimposed halos and a reference practical ideal model[J]. Geology and Exploration, 2021, 57(02): 351-359.
- 李惠,禹斌,李德亮,等.构造叠加晕法预测盲矿的关键技术[J].物探与化探,2014,38(2):189-193.
- LI Hui, YU Bin, LI Deliang, et al. The Key technique for applying the structural superimposed halo method to the prediction of the blind ore body[J]. Geophysical & Geochemical Exploration, 2014,38(2):189-193.
- 吕鹏瑞.黑龙江省高松山金矿床原生晕地球化学特征及深部成矿预测[D].中国地质大学(北京),2012:1-85.
- LÜ Pengrui. Geochemistry of primary halos and evaluation of deep mineralization in the Gaosongshan gold deposit, Heilongjiang Province[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2012: 1-85.
- 孙凤舟,李惠,禹斌,青海五龙沟矿集区典型金矿床深部盲矿预测构造叠加晕模型[J].矿产勘查,2016,7(02):339-345.
- SUN Fengzhou, LI Hui, YU Bin, et al. Structural superimposed halo model for prediction of deep blind orebody in Wulonggou gold concentration area, Qinghai[J]. Mineral Exploration, 2016,7(02):339-345.
- 王建新,藏兴运,郭秀峰,等.格里戈良分带指数法的改良[J].吉林大学学报(地球科学版),2007,37(5):884-888.
- WANG Jianxin, ZANG Xingyun, GUO Xiufeng, et al. The improved Gregorian's zoning index calculating method [J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition), 2007,37(5):884-888.

《中国西北部大地构造图(1:200万)》出版发行

《中国西北部大地构造图(1:200万)》是中国地质调查局西安地质调查中心冯益民研究员及其团队以板块构造学说和大地构造相理论为学术指导思想编制的新一代大地构造图,由地质出版社出版发行。

该大地构造图由主图、附图和说明书3部分组成。其中,主图包括中国西北部大地构造单元图和单元划分一览表;附图为各构造单元的岩石构造组合时空结构表;说明书包括3大方面内容:①概述编图的目的、指导思想和理论体系,②详述各构造单元的主要特征,③综述西北大地构造的演化过程。

该大地构造图以超大陆裂离→多陆块洋→多岛洋→新超大陆重组的思想为主线,系统论述了各级构造单元的物质组成和时空关系,揭示大陆地壳重组的一般规律,重点论述了820Ma以来中国西北部作为全球构造一部分的洋陆变迁,兼顾了新元古代早中期及更古老的板块构造遗迹。此外,说明书中还讨论了诸如洋陆转化、洋洋转化、增生造山、地块(陆块)拼贴、碰撞造山、造山区和造山系的划分原则等关键的地质构造问题。

(吕鹏瑞,冯益民)