

# 甘肃大水金矿床原生晕特征及深部矿体预测<sup>1</sup>

严康<sup>1</sup>, 王滔<sup>1</sup>, 韦乐乐<sup>2</sup>, 王存庚<sup>1</sup>

(1. 甘肃省地矿局第三地质矿产勘查院, 兰州 730050;

2. 陕西国际商贸学院珠宝学院, 陕西省宝石教学示范中心, 西安 712000)

**摘要** 本文通过对 68 勘探线 4 个钻孔岩心进行系统采样和分析, 运用改进后的格里戈良法对 68 勘探线原生晕特征进行了研究, 结果发现钻孔中均具有明显的“反分带”现象, 部分钻孔的底部前缘晕发育, 表明大水金矿床具有多期叠加成矿特征, 而且深部具有良好的找矿前景。

**关键词** 大水金矿床; 原生晕; 轴向分带; 矿体预测

**中图分类号:** P611;P612;P618

**文献标志码:** A

**文章编号:**

随着地表露头找矿难度加大, 原生晕测量已被公认为是寻找隐伏矿床最有效的方法之一(刘崇民等, 2006; 李惠等, 2010a、2010b)。原生晕是容矿岩石中矿化特有的化学元素含量异常地段, 也是地下盲矿体存在的主要标志。

大水金矿床位于川甘陕“金三角”矿集区, 以其独特的矿化特征和高品位矿体在过去创造了巨大的经济利益, 然而经历了 20 多年的开采后, 矿石品位急剧下降, 迫使矿山必须在新矿体的寻找上有所突破。目前, 已有学者对矿床成因类型(高兰, 1998)、分布规律(闫升好等, 2000)、地球化学特征(韩春明等, 2004)、成矿流体特征(代文军等, 2009)、围岩蚀变特征(李文军等, 2010)等进行了研究, 但原生晕方面涉及相对较少。因此开展原生晕相关方面的研究与应用, 对于寻找深部新矿体、评价深部成矿潜力以及矿山的发展具有重要的意义。

## 1 矿床地质特征

大水金矿床赋矿地层主要为三叠系马热松多组(T<sub>m</sub>)(Hu Yuan et al., 2014)。矿区断裂构造发育, 主要为北西西向断裂, 该组断裂是区内主要的控矿构造, 规模较大, 延伸长达几千米到十几千米, 产状 220-230° ∠50-75°, 破碎带宽约 10-30m, 沿破碎带常为铁质及方解石脉充填, 为成矿物质的运移、初始富集以及后期构造热液的进一步运移、沉淀提供了储运空间。其次为放射状断裂, 以格尔括合岩体为中心呈放射状展布, 长 300-800m, 切割北西西向断裂, 该组断裂形成过程中成矿物质进一步活化、迁移并富集, 在两组断裂交汇处形成局部低压张开空间, 为热液活动和金的富集、沉淀成矿提供了良好场所。

大水金矿床北缘为格尔括合岩体, 该岩体呈岩株状侵入于三叠系灰岩中, 出露面积 1.76km<sup>2</sup>, 对大

[收稿日期] 2018-10-1

[基金项目] 危机矿山接替资源勘查项目之“甘肃省玛曲县大水金矿床接替资源勘查”(1212011220727); 中国地质调查局项目(121201004000160901)。

[第一作者简介] 严康, 男, 1987年生, 硕士, 地矿工程师, 从事矿产地质调查与找矿预测工作; E-mail: 546766283@qq.com。

水金矿床的成矿具有重要的控制作用。根据岩石矿物特征和岩石化学特征，可划分为花岗闪长岩和黑云母闪长玢岩两个岩性带，早期为花岗闪长岩，晚期为黑云母闪长玢岩，两者呈脉动接触。脉岩主要受控于以格尔括合岩体为中心的放射状断裂，呈放射状展布（图 1）。

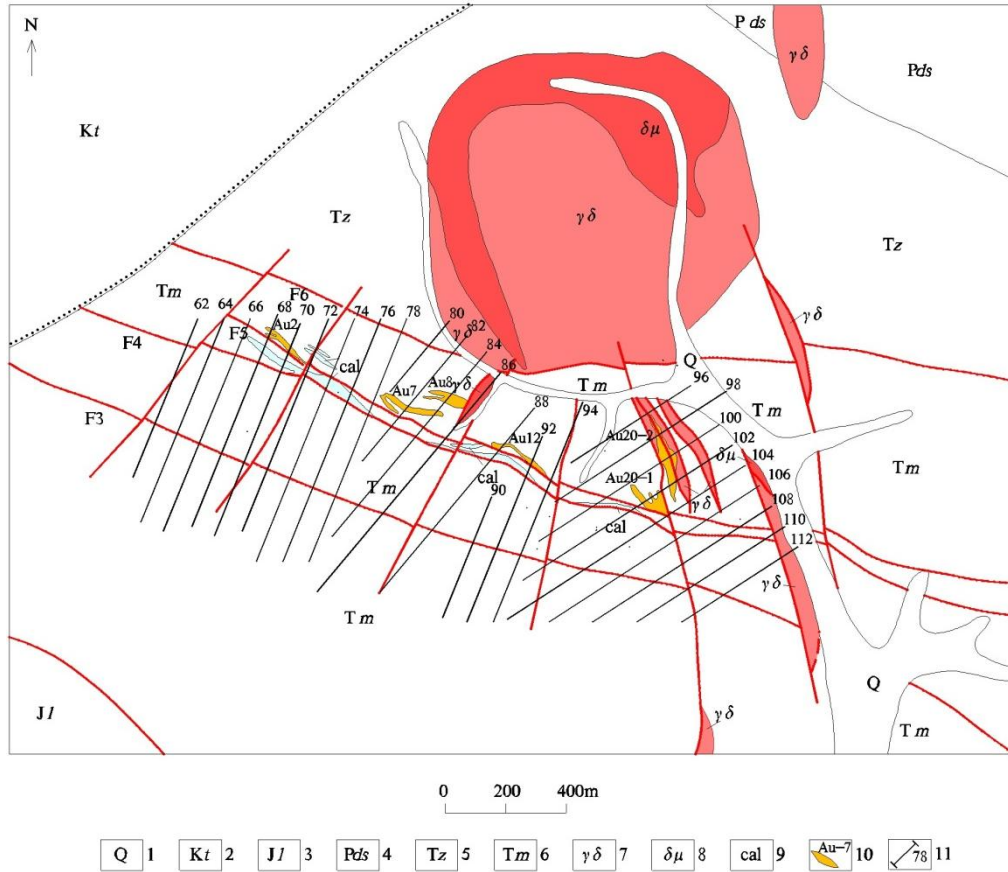


图 1 大水金矿床地质构造简图

1—第四纪冲洪积物，2—白垩纪田家坝组，3—侏罗纪龙家沟组，4—二叠纪迭山组，5—三叠纪扎里山组，6—三叠纪马热松多组，7—花岗闪长岩，8—黑云母闪长玢岩，9—方解石脉，10—金矿体及编号，11—勘探线及编号

矿体由西向东主要集中分布于 68-86、98-110 线间，形成两个矿体群，出露标高 3840-3600m，西高东低。Au2、Au7、Au8、Au20-1、Au20-2、Au35、Au37、Au111 等是矿山开采的主要矿体。矿体长 20-320m，厚 0.84-29.36m，控制延深 20-500m，形态复杂，呈透镜状、囊状、筒状和脉状等，走向北西向、北北西向和近南北向，倾角 45°-80°。Au 品位一般为  $1.0-29.36 \times 10^{-6}$ ，平均品位  $10.55 \times 10^{-6}$ 。矿体严格受断层破碎带控制。矿化蚀变类型主要有硅化、赤铁矿化、褐铁矿化、方解石化，次为高岭土化、绿泥石化、绢云母化和黄钾铁钒化，其中硅化与金矿化关系最为密切。

矿石结构主要为自形-半自形-它形结构，次为胶状结构、碎裂-角砾状结构，构造主要为块状构造，次为细脉-网脉状构造和稀疏浸染状构造。由于强烈的氧化作用，矿石绝大部分为氧化矿石，其中金属矿物主要为黄铁矿氧化分解形成的赤铁矿、褐铁矿等，其它硫化物矿物（黄铁矿、辰砂、辉锑矿、雄黄、雌黄等）之和不超过矿物总量的 1%；非金属矿物主要有方解石、石英、长石等。除主要组分 Au 外，Ag、

Cu、Pb、Zn等有益元素含量很低。

## 2 原生晕轴向分带研究

### 2.1 样品采集与分析

选择大水金矿床具有代表性的 68 勘探线为研究对象, 样品分别采自 68 勘探线 ZK683、ZK684、(13) ZKS681 和 (14) ZKS681, 测试分析 Au、As、Sb、Hg、Ba、Cu、Pb、Zn、Ag、Mo、W、Bi 等 12 种元素。原生晕样品在构造蚀变带内按 3-4m 或者更短距离采组合样品, 采集方法为连续捡块法, 样品重量大于 250g。测试单位为国土资源部兰州矿产资源监督检测中心(甘肃省中心实验室), 根据仪器设备条件和行业标准《岩石地球化学测量技术规程》, 采用了以 X-射线荧光光谱法(XRF)和等离子体质谱法(ICP-MS)为主体的配套分析方案。测试的 12 种元素分析配套方法正确、精密度、准确度均达到要求。

### 2.2 原生晕轴向分带序列

C·B·格里戈良提出的分带指数计算方法来确定原生晕分带序列, 此方法应用广泛、实用, 已经在许多矿区的研究中取得了良好的效果(Chen Yongqing et al, 1998; 李强等, 2005; 晁会霞等, 2006; 陈伟军等, 2007; 杨怀辉等, 2007)。王建新等(2007)对分带指数进行了改良, 解决了计算繁琐、标准化主观影响过大的问题, 大大提高了该方法对不同情况的适应性。因此, 本次采用改进后的格里戈良法进行原生晕轴向分带序列的计算。为了进一步确定元素在同一标高分带序列中的具体位置, 通过计算变异性指数和变异性指数梯度, 最终确立了 ZK683、ZK684、(13) ZKS681 和 (14) ZKS68 原生晕轴向分带序列, 从上至下是:

ZK683 原生晕轴向分带序列: Mo-Cu-As-Sb-W-Zn-Pb-Au-Hg-Ag;

ZK684 原生晕轴向分带序列: Ag-Cu-Zn-Sb-Mo-W-Pb-Au-Hg-As;

(13) ZKS681 原生晕轴向分带序列: Au-As-Ag-Sb-Pb-Hg-W-Mo-Cu-Zn;

(14) ZKS681 原生晕轴向分带序列: Sb-Ag-Zn-Cu-Hg-Pb-W-As-Au-Mo。

### 2.3 原生晕轴向分带序列的基本特征

原生晕轴分带是指热液矿床周围不同元素的地球化学性质及在运移过程中赋存形式和运移方式的差异, 造成了流体中的成矿元素和伴生元素的沉淀有先后, 在空间上呈现分带现象。李惠等(1999)通过我国对典型金矿床指示元素分带序列的研究, 得出了我国典型金矿床指示元素分带序列, 从上而下是: B-As-Hg-F-Sb-Ba(矿体前缘及上部)→Pb-Ag-Au-Zn-Cu(矿体中部)→W-Bi-Mo-Mn-Ni-Cd-Co-Ti(矿体下部及尾晕)。ZK683、ZK684、(13) ZKS681 和 (14) ZKS68 原生晕轴向分带序列与其进行对比, 可以得到:

ZK683 典型的尾晕元素 Mo 出现在序列的前部, W 出现在序列的中部, 前缘晕元素集中在序列的中部

和尾部，表明空间上可能是上一个矿体的尾部与下一个矿体的前部的加的形式。通过后期工程（13）ZKS681 已经证实下面有矿体存在（图 3）。

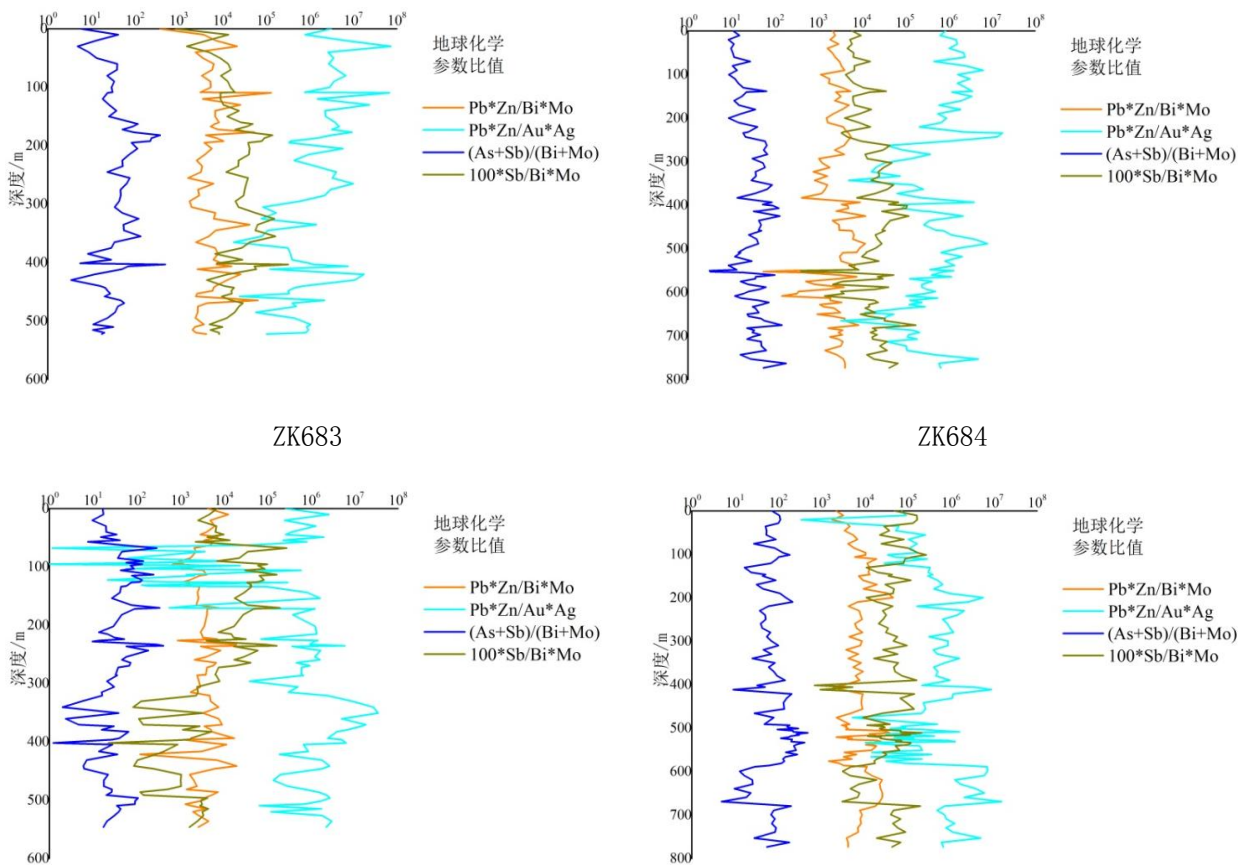
ZK684 典型的尾晕元素集中出现在序列的中部，近矿晕元素 Au 和前缘晕元素 Hg、As 出现在序列的尾部，表明矿体具有多期成矿叠加特征，同时尾部出现前缘晕元素指示了矿体有向下继续延伸的可能。

(13)ZKS681 典型的近矿晕元素 Cu、Zn 出现在序列的尾部，前缘晕元素 As、Sb、Hg 分散出现在序列的上、中、下部，表明矿体具有多期成矿叠加特征，同时也指示在矿体下部有可能存在新的矿体。

(14) ZKS681 典型的前缘晕元素 Sb、Hg、As 分散的出现在序列的上、中、下部，近矿晕元素 Ag、Zn、Cu 出现在分带序列的中上部，尾晕元素 W、Mo 分散出现在序列的中下部，表明矿体具有多期成矿叠加特征，同时尾部出现前缘晕元素指示在深部可能存在盲矿体。

## 2.4 原生晕地球化学参数特征

根据原生晕轴向分带序列，选择前缘晕、近矿晕和尾晕特征元素以及由此建立的累加、累乘及比值等，可以作为参数反推金矿床轴(垂)向地球化学参数叠加结构的理想模型，评价矿体(脉)的深部含矿性，进行矿体深部预测（朴寿成等，2006）。通常  $(Pb*Zn)/(Bi*Mo)$  和  $(Pb*Zn)/(Au*Ag)$  值可以作为判别矿体发育程度的指标，矿体附近比值通常会出现较大的波动和峰值；而  $(As+Sb)/(Bi+Mo)$ 、 $100*Sb/(Bi*Mo)$  从矿体头部到尾部一般呈现逐渐减小的规律，高比值区通常为矿体的上部(李惠等，2006)。



(13) ZKS681

(14) ZKS681

图 2 68 勘探线原生晕地球化学参数比值图

ZK683 地球化学参数比值  $(Pb*Zn)/(Bi*Mo)$ 、 $(Pb*Zn)/(Au*Ag)$  整体呈升-降-升-降的转折, 表明至少发生过两期矿体叠加作用, 同时 100-200m 和 400-500m 区域是成矿的有利地带(图 2)。

ZK684 地球化学参数比值  $(Pb*Zn)/(Bi*Mo)$ 、 $(Pb*Zn)/(Au*Ag)$  整体呈降-升-降-升的转折,  $100*Sb/(Bi*Mo)$  呈升-降-升的转折, 表明 500m 以下区域是成矿的有利地带, 同时钻孔的尾部地球化学参数比值发生转折, 指示深部可能存在盲矿体(图 2)。

(13) ZKS681 地球化学参数比值  $(Pb*Zn)/(Au*Ag)$  呈降-升-降的转折,  $(As+Sb)/(Bi+Mo)$ 、 $100*Sb/(Bi*Mo)$  呈升-降-升的转折, 表明 300-400m 区域是成矿的有利地带。

(14) ZKS681 地球化学参数比值  $(Pb*Zn)/(Bi*Mo)$  和  $(Pb*Zn)/(Au*Ag)$  呈升-降-升-降的转折,  $(As+Sb)/(Bi+Mo)$ 、 $100*Sb/(Bi*Mo)$  呈升-降-升的转折, 表明 400m 以下区域是成矿的有利地带, 同时也指示了在深部可能存在新的矿体(图 2)。

### 3 原生晕深部找矿预测

利用李惠等(2006)盲矿预测的原生晕轴(垂)向分带“反分带”准则、地球化学参数“反转”准则、“前、尾晕共存”准则和“前缘晕轴向下部强度增强趋势准则”, 对 68 勘探线原生晕特征进行分析并建立原生晕轴向异常分带模式(图 3)。

原生晕轴(垂)向分带“反分带”准则: 与我国典型金矿床原生晕分带序列相比, 钻孔中均具有明显的“反分带”现象, 主要体现为尾晕元素分布在序列的前部, 前缘晕和近矿晕元素分布在序列的尾部, 表明矿体具有多期叠加成矿特征, 同时前缘晕元素出现在序列的尾部, 表明深部可能有新的矿体存在。

地球化学参数“反转”准则: ZK683、ZK684 地球化学参数波动明显的位置分布在 3450m 和 3350m 标高附近, (13)ZKS681 分布在 3350m 和 3450m 标高附近, (14)ZKS681 分布在 2900-3100m 标高区域, 表明在 3400 标高以上区域是矿体发育较为集中的位置, 同时近矿晕紧密发育在周围。随着深度的增加, 地球化学参数还具有一定的波动, 根据“反转”准则, 指示深部还有找矿的潜力。

“前、尾晕共存”准则: 钻孔中出现多处前尾晕共存的区域, 反映了矿体发生明显的叠加作用。

前缘晕轴向下部强度增强趋势准则: ZK683、ZK684 前缘晕元素异常强度较高的位置分布在 3450m 标高附近, (13)ZKS681 出现由强变弱再增强的变化趋势, (14)ZKS681 从标高 3100m 开始出现增强趋势。

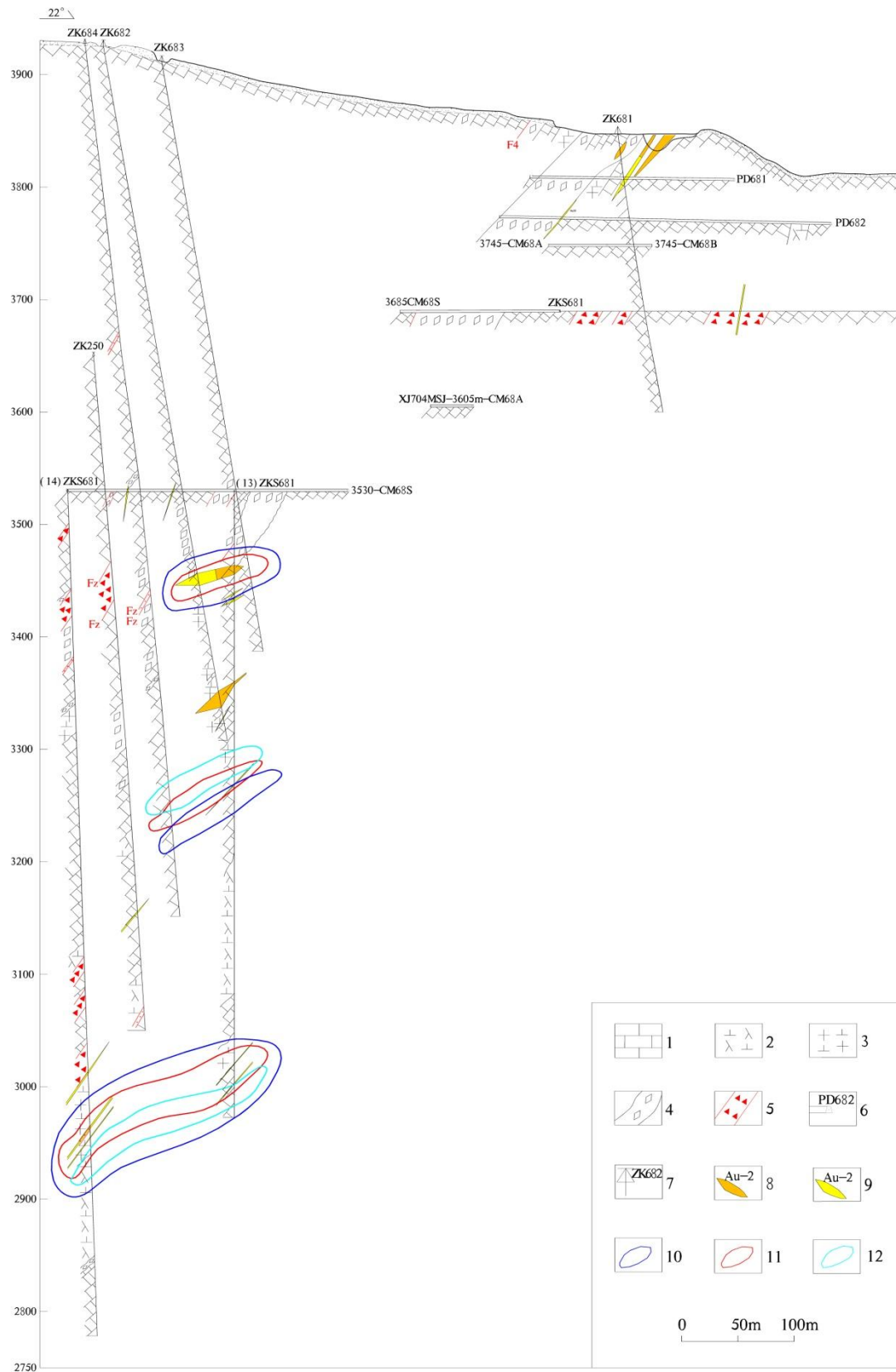


图 3 68 勘探线原生晕轴向分带异常模式图

1-灰岩；2-闪长玢岩；3-花岗闪长岩；4-方解石脉；5-断层角砾岩；6-平硐位置及编号；7-钻孔位置及编号；8-工业金矿体及编号；9-低品位金矿体及编号；10-前缘晕；11-近矿晕；12-尾晕

## 4 结论

(1) 通过计算 68 勘探线原生晕轴向分带序列, 分析原生晕轴向分带序列和地球化学参数特征, 并与我国典型金矿床原生晕分带序列作对比, 发现钻孔中具有明显的“反分带”现象, 部分钻孔的底部可见前缘晕发育, 表明大水金矿床具有多期叠加成矿特征, 而且深部具有良好的找矿前景。

(2) ZK683 在 3450m 标高出现前缘晕与近矿晕共存现象, 后期工程 (13) ZKS681 已经证实下面有矿体存在, 同时, 其它钻孔的尾部也出现前尾晕或前缘晕与近矿晕共存的现象, 表明深部有盲矿存在的可能, 需要进一步的工程验证。

### 参考文献:

- Chen Yongqing, Zhao Pengda. Zonation in primary halos and geochemical prospecting pattern for the Guilaizhuang gold deposit, eastern China [J]. *Natural Resources Research*, 1998, 7(1):37-44.
- Hu Yuan, Peng Xiuhong, Zhang Jianguo, Guo Cheng and Yang Hai, 2014. Elements migration during wall rock alteration associated with gold mineralization in Dashui gold deposit, Gansu, western China. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 88(Supplement2):732-733.
- 晁会霞, 杨兴科, 王磊, 等. 新疆梧南金矿床原生晕特征与深部预测 [J]. *地质与勘探*, 2006, 42(1):72-76.
- 陈伟军, 刘红涛. 内蒙红花沟金矿床地质特征与原生晕深部预测 [J]. *金属矿山*, 2007(4):44-48.
- 代文军, 陈国忠, 马小云. 甘肃大水金矿床成矿流体特征与来源 [J]. *甘肃地质*, 2009, 18(01):21-27.
- 高兰. 1998. 大水式金矿床——我国新发现的一种金矿成因类型. *矿床地质*, 17(Sup.):389-392.
- 韩春明, 袁万明, 于福生等. 甘肃省玛曲大水金矿床地球化学特征 [J]. *地球学报*, 2004, 25(02):127-132.
- 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(06):41-44.
- 李惠, 禹斌, 李德亮, 等. 化探深部预测新方法综述 [J]. *矿产勘查*, 2010a, 1(2):156-160.
- 李惠, 张国义, 禹斌, 等. 构造叠加晕找盲矿法及其在矿山深部找矿效果 [J]. *地学前缘*, 2010b, 17(1):287-293.
- 李惠, 张国义, 禹斌. 金矿区深部盲矿体预测的构造叠加晕模型及找矿效果 [M]. 北京: 地质出版社, 2006.
- 李强, 孙继东, 杨兴科. 新疆石英滩金矿床原生晕特征与隐伏矿预测 [J]. *地质与勘探*, 2005, 41(4):66-72.
- 李文军, 陈耀宇, 张江苏. 甘肃大水金矿围岩蚀变特征与金矿化 [J]. *甘肃地质*, 2010, 19(02):38-41.
- 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.
- [15] 朴寿成, 李绪俊, 师磊, 等. 赤峰一朝阳金矿化集中区元素分带特征及其应用 [J]. *地质与勘探*, 2006, 42(1):17-20.
- 王建新, 臧兴运, 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(05):884-888.
- 杨怀辉, 杨振京, 崔来运. 豫西嵩县东湾金矿床地质及原生晕地球化学特征 [J]. *四川地质学报*, 2007, 27(2):107-111.
- 闫升好, 王安建, 高兰, 等. 大水式金矿床地质特征及成因探讨 [J]. *矿床地质*, 2000, 19(02):126-137.

# Primary Halo Feature and Deep Orebody Prediction of Dashui Gold Deposit in Gansu Province

Yan Kang<sup>1</sup>, Wang Tao<sup>1</sup>, Wei Le-le<sup>2</sup>, Wang Cun-geng<sup>1</sup>

*(1. Third Geological and Mineral Exploration Institute of Gansu Province, Lanzhou 730050, China;*

*2. Shaanxi Institute of International Trade Jewelry Institute/Shannxi Province Gemmoiological Teaching Demonstration Center, Xi'an 712000, China)*

**Abstract:** Through 4 drill cores' systematic sampling and analysis and primary halo feature research using the improved Gerry's law of 68 exploration line, obvious phenomenon of "reverse zoning" was found in the drill cores. In addition, it was found that front halo developed in the bottom of partial drill cores. It shows that Dashui gold deposit has superimposed mineralization characteristics and good prospecting potential in the deep.

**Key Words:** Dashui gold deposit ; primary halo; axial zonality; orebody prediction