

# 青海省拉脊山东段地球化学特征及找矿线索

赵晓博 杨超 葛瑞臣 柳森

中国冶金地质总局山东正元地质勘查院

**摘要:**拉脊山东段成矿带地处南祁连加里东褶皱带的拉脊山复式向斜东段和南北向古构造的交叉部。本次1:5万水系沉积物测量,通过对元素富集特征、组合特征及时空分布特征的讨论,初步查明成矿有利地段,分析原因,为下一步找矿工作提供线索。

**关键词:**拉脊山东段;水系沉积物;地球化学;元素

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.21.036

## 一、地质简况

区内出露地层主要有第四系、第三系、白垩系、侏罗系、泥盆系、志留系)、奥陶系(O)、寒武系、蓟县系、下元古界。区内侵入岩较发育,岩性由超基性一酸性岩,中性侵入岩分布最广。相应的脉岩侵入活动频繁,侵入活动以加里东期最发育,包括早期的超基性岩、基性岩;中期主要为中性岩、中酸性岩,酸性岩次之,华力西期花岗岩分布零星。

本区西段断裂构造为NW向,与区域构造基本一致。东段转为SN向,与区域构造呈锐角相交。加里东期和燕山期构造活动强烈。喜山期以后的构造运动对早期形成的断裂起着明显的再造作用。

## 二、地球化学参数特征

利用据1:20万、1:5万水系沉积物、岩屑样品的分析数据计算的变异系数、富集系数等地球化学参数特征如下:

### (1) 元素变异系数

区内各元素变异系数在0.41~3.36之间。具有较强分异作用的元素有Cr、Cu、Ni、As、Sb、Bi、Hg、Ag、Mo、Au,变异系数介于1.1~0.8,具有分异作用的元素有Pb、W,变异系数介于0.8~0.5具有较弱分异的元素有Co、Sn,变异系数在0.5以下具有弱分异的元素为Zn。

### (2) 元素的富集系数

区域平均值与大陆地壳元素丰度相比,富集系数大于1.1,具有相对富集的元素有Cr、Ni、Pb、As、Sb、Bi、Ag,其中尤以Cr、As、Sb最为突出,富集系数介于1.1~0.8,呈背景特征的元素Cu、Zn,富集系数小于0.8小于贫化的元素有Bi、Hg、Ag、W、Mo、Co、Sn。

通过富集系数和变异系数可以看出Cr、Ni、Pb、As、Au、Sb、Bi、Ag易于成矿。

### (3) 概率分布

对15个主要元素的概率分布进行统计,元素概率分布类型见表1。由表中见呈对数正态分布的元素有As、Au、Co、Cu、Hg、Pb、Sb,说明这些元素分布受到渐变的平稳的地质作用过程影响;其余元素呈偏态对数正态分布,其中Ag、Cr、Mo、Ni、Sn、W元素为对数正偏正态分布,所谓正偏正态分布就是频率直方图的右部拖尾较长,即一定量的高值区,根据数据的分布特征,这些元素有相当的高值点存在,局部可能富集,对找矿有利;对数负偏正态分布的有Bi、Zn元素,负偏正态分布就是频率直方图的左部拖尾较长,即一定量的低值区,说明原生母体被后来的地质作用所取代。

表1 概率分布类型统计表

元素	分布类型	元素	分布类型	元素	分布类型
Ag	正偏态分布	Cr	正偏态分布	Pb	正态分布
As	正态分布	Cu	正态分布	Sb	正态分布
Au	正态分布	Hg	正态分布	Sn	正偏态分布
Bi	负偏态正态	Mo	正偏态分布	W	正偏态分布
Co	正态分布	Ni	正偏态分布	Zn	负偏态分布

## 三、元素的组合特征

### (1) 元素组合特征

根据区域15种元素的相关系数的聚类分析和R型因子分析结果,元素组合特征如下:

①Co、Cr、Ni元素相关性极好,与其余元素相关性较差,铁质基性、超基性岩浆侵入活动有关的成矿元素,主要富集于基性岩一超基性岩中,其分布受基性一超基性岩控制,在构造有利的部位Co、Cr、Ni有富集成矿的可能。

②Cu、Zn、Sb、Hg为一组中温,中高温元素,异常分布多与构造相关,反映了元素富集主要和中温热液成矿作用有关,该类元素组合的出现可作为铜多金属矿的找矿标志。

③为W、Mo、Sn为一组高温元素,Sn与W、Mo和Cu、Zn、Sb、Hg均有一定的相关性,反应其成因复杂,在中温与高温热液阶段均有富集。

④Pb、Ag、Bi、As、Au,其中Pb与Ag相关性较好,热液成因的方铅矿中Ag、Bi均含量较高,该簇元素与热液活动关系密切,该类元素组合的出现可作为金多金属矿的找矿标志。

## (2) 元素共生规律

### ①亲铜元素

主要指Cu、Pb、Zn、Au、Ag、As、Sb、Hg这8种元素，是本区与成矿有重要关系的元素。

本区Au含量变化较明显，Au的高背景区在昂思多幅尼旦沟、庄子湾处及扎巴镇幅天重峡处，和寒武系火山活动有关，受后期构造控制，Au极值点位于中岭幅南部，Au异常高点和断裂蚀变带有关。其他区域Au异常则成星点状分布。Au在拉脊山脉以南地区呈平稳的较高背景分布，在以北地区呈低背景分布。

Cu元素有三处高背景区，一处位于中岭幅黄草坡一带，延断裂带断断续续展布，明显受此处断裂带控制，一处位于昂思多幅春兰峡一带，与寒武系玄武岩、安山岩有关，另外一处位于扎巴镇幅天重峡处，和寒武系玄武岩、玄武安山岩有关。

Ag、As、Zn元素主要在扎巴镇幅西北部与田家寨幅西南部交接的黑沟峡处富集，其他高背景区零星分布，Sb元素异常主要集中在拉脊山东段断裂带西部。

Hg元素主要在六道沟-春兰峡一带富集；Pb元素主要在天重峡一带富集。

### ②钨钼族元素

包括W、Sn、Mo、Bi，属典型的高温热液元素。异常多分布在拉脊山断裂带内的酸性-基性岩体岩脉出露的部位，或构造接触带处，调查区内加里东期侵入花岗岩处分布规模较大的钨钼族元素异常。四种元素调查区内分布特征较为相似，四种元素高背景区都与相对的酸性侵入岩有关，显示了这些元素的亲酸性岩特征。

### ③铁族元素

包含Ni、Cr、Co三种元素，这是调查区一组地球化学空间分布特征相关性最好的元素组合，高值区、特高值区以及低值区几乎都在相同的位置出现，存在的差别只是面积和强度的不同，共同反映了该区的地质特征。调查区有三处Ni、Cr、Co高背景分布带，在中岭幅花抱山处，异常在花抱山处沿着条状展布的超基性岩脉分布，在其附近的黄草坡勘查区基性岩脉处也有异常分布。在昂思多幅春兰峡、庄子湾处及扎巴镇幅元石山处，三处橄榄岩、辉石岩、蛇纹岩等基性-超基性岩均比较发育，这些元素高背景主要与调查区内基性-超基性岩相关。

## (3) 元素组合

根据本区的区域地球化学特征确定组合异常元素及分组如下：

第一组：Cu、Zn、Sb、Hg，找铜多金属矿的指示元素。

第二组：Au、Pb、Ag、As，找金多金属的指示元素。

第三组：W、Sn、Mo、Bi，找钨矿的指示元素。

第四组：Ni、Cr、Co，找镍矿的指示元素。

## 四、元素的时空分布特征

### (1) 不同地质单元的地球化学特征

根据区域内不同的地质单元，划分为第四系(Q)、第三系(E-N)、白垩系(K)、侏罗系(J)、泥盆系(D)、志留系(S)、奥陶系(O)、寒武系(Є)、下元古界(Pt)、中酸性岩( $\gamma$ - $\delta$ )和基性-超基性岩( $\Sigma$ -N)等11个地质单元水系沉积物样品平均值X、标准离差S、变化系数Cv、富集系数Kv参数。

第四系Q：第四系地层与全区元素地球化学特征相比，所有元素的相对富集系数K均小于1的，较贫化的元素为元素有：Sb(0.79)、Hg(0.77)。其他大多数元素的含量均接近全区平均水平。从变异系数看，Cr(1.70)、Hg(2.90)、Ni(1.61)、As(1.16)、Sb(0.83)、Au(1.37)为极不均匀强分异型元素。

古一新近纪(E-N)：古一新近纪地层与全区元素地球化学特征相比，所有元素的相对富集系数K均小于1的，没有相对富集的元素。较贫化的元素为元素有Ni(0.68)。其他大多数元素的含量均接近全区平均水平。从变异系数看，Cr(2.23)、Hg(4.61)、Ni(1.26)、As(1.20)、Bi(2.66)、Ag(0.93)、Au(1.37)为极不均匀强分异型元素。

白垩系(K)：白垩系地层与全区元素地球化学特征相比，相对富集系数大于1较为富集的元素有Sb(1.45)、Hg(1.20)、W(1.08)，其中白垩系中的Sb相比与全区个地质单元具有最大的相对富集系数。相对富集系数小于1相对贫化的元素有Co(0.59)、Cr(0.43)、Cu(0.69)、Ni(0.68)、Zn(0.76)、Au(0.64)，反映了基性火山活动对白垩系地层影响小。其他元素的含量均接近全区平均水平。从变异系数看，Cr(1.73)、Cu(1.23)、Ni(0.79)、As(0.87)、Sb(3.96)、Hg(4.07)、Ag(1.98)、W(0.78)、Au(1.56)为极不均匀强分异型元素。

侏罗系(J)：侏罗系地层与全区元素地球化学特征相比，相对富集系数大于1较为富集的元素有Cr(1.29)、Ni(1.17)、Hg(3.79)，其中侏罗系中的Hg相比与全区个地质单元具有最大的相对富集系数。相对贫化的元素为元素有Au(0.56)。从变异系数看，只有Hg(1.37)为强分异型元素。Pb(0.21)、Zn(0.16)、Sb(0.28)、Sn(0.24)为均匀未分异型元素，在侏罗系地层中均匀分布。

泥盆系(D): 泥盆系地层与全区元素地球化学特征相比, 相对富集系数大于1较为富集的元素有相对富集的元素有Co(1.28)、Cr(1.73)、Cu(1.04)、Ni(1.59)、Pb(1.15)、Zn(1.29)、As(1.29)、Sb(2.11)、Hg(2.02)、Ag(1.07)、W(1.13), Hg的相对富集系数较侏罗系地层中低。相对贫化的元素为元素有Au(0.79)。其他元素的含量均接近全区平均水平。从变异系数看, Cr(1.34)、Ni(1.77)、Sb(1.06)、Bi(0.78)、Au(1.56)为极不均匀强分异型元素。Cu(0.23)为均匀未分异型元素, Cu在泥盆系地层中均匀分布。

志留系(S): 志留系地层与全区元素地球化学特征相比, 相对富集系数大于1较为富集的元素有Au(1.42)、Hg(1.59)。相对富集系数小于1的较为贫化的元素为元素有Cr(0.75)、Ni(0.69)、Sb(0.79)。其他元素含量均接近全区水平。从变异系数看, Cr(0.81)、Ni(1.02)、As(0.81)、Hg(1.02)、Au(2.82)为极不均匀强分异型元素。Cu(0.20)、Pb(0.20)、Zn(0.18)为均匀未分异型元素。

奥陶系(O): 奥陶系地层与全区元素地球化学特征相比, 相对富集系数大于1较为富集的元素有Pb(1.1)、Zn(1.09)、Hg(1.16)、Sn(1.09)。相对富集系数小于1的较为贫化的元素为元素有As(0.68)。其他元素的含量均接近全区平均水平。从变异系数看, Cr(1.08)、Ni(1.10)、As(0.90)、Sb(2.84)、Hg(3.58)、Ag(0.77)、Mo(0.89)、Au(3.32)为极不均匀强分异型元素, 很有可能在局部成矿。

寒武系(Є): 寒武系地层与全区元素地球化学特征相比, 相对富集系数大于1较为富集的元素有Co(1.54)、Cr(1.64)、Cu(1.52)、Ni(1.69)、As(1.44)、Sb(1.09)、Hg(1.33)、Ag(1.23)、Mo(1.16)、Au(1.51), 其余元素接近于全区元素含量, 并略微贫化。从变异系数来看, Cu(3.74)、Ni(1.41)、Pb(2.41)、As(2.36)、Bi(2.37)、Hg(1.99)、Ag(3.19)、W(1.39)、Mo(1.74)、Au(2.28)均大于1, 尤其Cu、Pb、Au, 说明该地层为成矿有利地层。

下元古界(Pt): 下元古界与全区元素地球化学特征相比, 相对富集系数大于1较为富集的元素有Sn(1.51)、Bi(1.34)。相对富集系数小于1较为贫化的元素为元素有Cr(0.51)、Ni(0.47)、As(0.42)、Sb(0.44)、Hg(0.68)、Au(0.37)。其

他元素的含量均接近全区平均水平。从变异系数看, Bi(0.86)、W(1.35)、Au(1.45)为极不均匀强分异型元素。Pb(0.26)为均匀未分异型元素。

中酸性岩( $\gamma-\delta$ ): 中酸性岩体中相对富集的元素有Ag(1.23)、W(1.44)、Mo(1.53)、Au(1.53)。其他元素的含量均接近全区平均水平。从变异系数看, 除Co(0.51)、Sn(0.37)外其他元素均为极不均匀强分异型元素。元素的极不均匀分异有利于形成Au、Cu有关的矿床。

基性—超基性岩( $\Sigma-N$ ): 相对富集的元素有Cr(3.50)、Co(2.14)、Cu(1.38)、Ni(6.00)、Sb(1.54)、Au(1.33)。其他元素的含量均接近全区平均水平。变异系数看, 除Co(0.44)、Pb(0.43)、Zn(0.33)、Sn(0.47)外其他元素均为极不均匀强分异型元素。区内拉脊山成矿带内分布的基性—超基性岩体是镍矿的主要成矿单元, Cu、Zn、Sb、Hg、Ag、Mo、Au显示了后期构造热液活动的结果。

### (2) 元素空间与时间分布特征

区域内多数元素异常区都集中在拉脊山断裂带内, W、Sn、Mo、Bi异常区分布位置与加里东中期的酸性岩体有关, Cr、Co、Ni异常分布主要与加里东早期的基性—超基性岩体、岩脉分布有关, Cu的异常区分布于拉脊山断裂带中, Pb、Sb、Zn的异常主要集中在拉脊山断裂带的东部, 与断裂关系密切, Hg异常区主要集中在拉脊山断裂带的中部, 在各地质体中随着地质单元年代由老至新, 含量逐渐增加。在断裂带东部为Sb的低背景区。W、Sn、Mo、Bi在下元古界和中元古界地层中含量平均值高于其后时代的地质单元。Au、Ag、As、Sb在中元古界和寒武系层中达到最高含量平均值, 且拥有最大的变异系数, 这与加里东期的岩浆活动有关, Au、Ag、As、Sb在这段时期之后发生了元素迁移, 其后时代的地层中, 这些元素的含量较低, 变异系数也较低, 元素在地质体中的分布趋于均匀。Cu、Zn、Sb、Hg含量平均值在泥盆系和侏罗系地层中达到一次高值, 这些元素在这两个地层中变异系数也较高, 元素含量变化受到了华力西期的岩浆活动的影响。

## 五、结论

可见, 拉脊山东段元素异常多分布断裂带内, 亲铜元素多与酸性岩浆活动有关, 亲铁元素多与基性—超基性岩浆活动有关。异常分布较为广泛, 找矿前景较好。

### 参考文献

[1] 赵君, 乔树岩, 戴慧敏. 水系沉积物测量在阿巴通德拉扎卡地区找矿应用[J]. 物探与化探, 2011, 35: 25-27.