

# 青海省北部绿草山地区化探元素组合分类信息探讨

于林松, 邱成贵, 刘伟

(山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013)

**摘要:**对化探元素组合分类信息的研究可以为下一步的化探异常查证及成矿预测有很大的帮助。该文利用因子分析法对大柴旦行委绿草山地区 23 个元素、6026 件样品的化探分析测试数据进行了元素的组合分类信息探讨。结果表明, 因子得分图可以是分类元素组浅表地球化学场的一种反映, 高低异常突变区域可能为不同性质地球化学场界面或者作为构造线的反映, 处于构造部位的局部低缓异常区也应在化探异常查证工作中引起重视。

**关键词:**水系沉积物测量; 地球化学; 因子分析; 绿草山地区; 青海省

中图分类号: P632

文献标识码: A

青海省大柴旦行委绿草山地区位于青海省中北部, 南祁连山脉西段, 海拔 3 500 ~ 4 955 m。地形上表现为北西向山体突起, 两侧为低平的荒漠戈壁残山区。该区前期开展的 1:20 万化探扫面及 1:20 万区域地质调查工作, 具有较好的化探异常及矿化信息反映。为切实研究该区地质矿产分布、分解化探异常, 青海省地调局开展了该区 1:5 万水系沉积物测量工作。笔者试图利用测量工作取得的 23 个元素的样品分析数据进行有效的化探变量分类, 并探讨不同得分因子(元素组合)在该区所反映的地球化学信息, 以期通过对化探异常的地质解释和评价, 指导异常查证、地质填图、找矿预测等工作。

## 1 地质概况

从大地构造位置上看, 该区位于柴达木盆地北缘, 地处秦祁昆三大山系的交会部位, 其东西两端分别被哇洪山-温泉断裂和阿尔金断裂所围限(图 1)。该区地层较为齐全, 从古元古代到第四纪均有出露,

主要为成层有序地层, 且多呈条带状展布, 局部地层受构造控制明显, 对成矿有利地层主要为古元古代达肯达坂岩群、南华纪-震旦纪全吉群、寒武-奥陶纪滩间山群、志留纪巴龙贡嘎尔组等。其中古

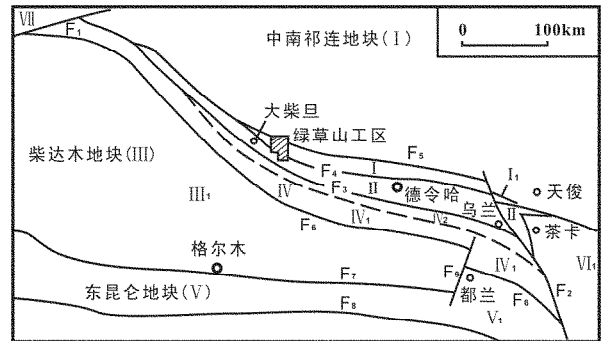


图 1 柴北缘大地构造单元划分(据辛厚田等, 2003)

构造单元: 中南祁连地块(I)宗务隆山天山期裂陷槽(I<sub>1</sub>); 欧龙布鲁克微陆块(II); 柴达木地块(III)柴达木中生代断陷盆地(III<sub>1</sub>); 柴北缘祁连期结合带(IV); 鱼卡河-沙柳河高压-超高压混杂岩带(IV<sub>1</sub>), 滩间山蛇绿混杂岩带(IV<sub>2</sub>); 东昆仑地块(V)东昆北岩浆弧(V<sub>1</sub>); 兴海-共和中生代断陷盆地(V<sub>1</sub>)

主要断裂: F<sub>1</sub>-阿尔金断裂; F<sub>2</sub>-哇洪山-温泉断裂; F<sub>3</sub>-柴北缘(乌兰-鱼卡断裂); F<sub>4</sub>-宗务隆山南缘断裂; F<sub>5</sub>-宗务隆-青海湖南山断裂; F<sub>6</sub>-柴北缘南缘断裂; F<sub>7</sub>-东昆北断裂; F<sub>8</sub>-东昆中断裂

元古代达肯大坂群构成该区的结晶基底岩系, 全吉群以上地层皆表现为盖层沉积特征, 未经受广泛的区域变质作用。区内线性断裂构造走向与地层展布方向基本一致, 为 NW—SE 向。局部次级断裂与主断裂形成小角度的交接复合部位, 为后期成矿物质

收稿日期: 2012-12-10; 修订日期: 2013-03-21; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 于林松(1980—), 男, 山东烟台人, 工程师, 主要从事矿床及环境地球化学工作; E-mail: sean\_yls@163.com。

提供了有利的赋存空间。

## 2 化探变量组合分类

化探信息提供了一种直观找矿信息的可能,为直接或间接找矿提供了翔实的依据<sup>[1]</sup>。单一化探元素异常存在着不确定性,而多元素的综合指示则可较大程度有效地反映异常的存在<sup>[1]</sup>。这其中就需要合理有效地进行化探变量的分类和信息提取,而因子分析是最为常用的化探数据处理方法之一<sup>[2]</sup>。

笔者选用了成熟的统计软件 SPSS16.0 为处理工具,选取青海省绿草山地区 1:5 万水系沉积物测量样品分析数据为数据源,对该区 6 026 件样品,23 种元素进行了因子分析,以期为研究区内的化探变量信息提取及异常查证提供一些必要的线索。所选 23 种元素分别为 Au, Ag, As, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, V, W, Zn, La, Ti, Y, F, MgO。

表 1 正交旋转因子载荷矩阵

元素	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>
Co	0.950	-0.132	0.101	0.082	0.087	0.130	0.016	0.015	0.014
Ni	0.949	-0.088	-0.107	0.122	0.067	-0.005	0.011	0.019	0.016
Cr	0.906	-0.089	-0.047	0.053	0.036	0.090	0.000	0.008	0.001
Cu	0.905	-0.005	0.028	0.171	0.193	-0.009	0.030	0.022	0.016
V	0.889	-0.159	0.183	0.017	0.127	0.222	0.021	0.019	0.001
Zn	0.877	0.004	0.245	0.217	0.132	-0.035	0.002	0.012	0.025
Ti	0.811	-0.080	0.467	0.035	0.026	0.079	0.032	0.015	0.003
Be	-0.061	0.887	0.200	-0.002	0.081	-0.072	-0.024	-0.008	-0.003
Sn	-0.195	0.874	-0.040	-0.035	0.036	-0.040	-0.007	-0.005	0.003
F	0.032	0.837	0.236	0.016	0.099	0.243	0.011	0.002	0.005
W	-0.163	0.800	0.175	0.227	-0.020	-0.198	-0.005	0.001	0.004
Bi	-0.060	0.744	-0.121	0.120	-0.018	-0.151	-0.001	-0.012	-0.009
La	0.200	0.033	0.920	-0.019	-0.008	0.066	0.014	-0.005	-0.003
Y	0.106	0.432	0.781	0.101	0.055	-0.122	-0.028	-0.009	-0.029
As	0.193	0.105	-0.053	0.855	-0.061	-0.065	0.118	0.065	0.048
Mo	0.194	0.077	0.106	0.563	0.435	0.325	-0.022	0.036	0.011
Cd	0.220	0.147	0.153	0.546	0.413	0.137	-0.082	-0.043	0.017
Ag	0.272	0.067	-0.010	0.085	0.870	-0.014	0.081	0.039	-0.005
MgO	0.342	-0.191	0.004	0.139	0.084	0.757	-0.009	-0.027	-0.003
Pb	0.179	0.148	0.436	0.400	0.352	-0.480	-0.047	-0.034	0.021
Au	0.051	-0.018	-0.005	0.055	0.049	0.001	0.987	0.009	0.009
Hg	0.053	-0.017	-0.011	0.047	0.030	-0.011	0.009	0.994	0.019
Sb	0.036	-0.005	-0.018	0.052	0.001	-0.005	0.009	0.019	0.997

## 3 地质地球化学信息提取

因子得分值反映了每个元素组在各种地质作用中的属性,是勘查地球化学中经常应用的参数之

首先对 23 种元素进行归一化处理,即将各元素分析量均转变为  $10^{-6}$  进行因子分析。该次数据的 KMO 值 0.864 > 0.5,球形检验显著 ( $p=0, < 0.05$ ),表明数据适合做因子分析。结合该次工作的主攻矿种,从中提取 9 个因子,这 9 个因子贡献率达到了 84.133%。视这 9 个因子为主要因子(表 1),并将其初始因子作“方差最大”正交旋转,得到旋转后因子模型。结合工作区的实际情况,可将元素组合解释为:①F<sub>1</sub>:Co-Ni-Cr-Cu-V-Zn(Ti),该元素组合与研究区的前期 1:20 万圈定的化探异常吻合较好,为该区成矿元素组合类型。②F<sub>2</sub>:Be-Sn-F-W(Bi),与岩体相关性较大,代表了高温元素及岩浆射气元素组合,为有指示意义的元素类型。③F<sub>3</sub>:La-Y,为稀土元素类型。④F<sub>4</sub>:As(Mo-Cd):与成矿元素表现出常见的 As,Mo,Cd 伴生组合;⑤F<sub>5</sub>~F<sub>9</sub> 可理解为不同矿化类型的反映(表 2)。

—<sup>[3,4]</sup>,利用旋转后的因子得分制作因子计量图,该图件反映了每个样品组在各种地质作用中的属性<sup>[2]</sup>。笔者选取此次因子分析得到的贡献较大的 F<sub>1</sub>,F<sub>2</sub>,F<sub>3</sub> 及反映矿化明显的 F<sub>7</sub> 因子,分别绘制了相应的因子得分图(图 2),并与地质简图叠加,使因子

得分与研究区内地层、岩体、构造的分布关系直观明了,成矿规律关系的显示更为明确。因子得分等

表2 因子结构式及特征根

因子	因子载荷	地球化学属性	特征根百分比	累计百分比
F <sub>1</sub>	Co <sup>0.950</sup> Ni <sup>0.949</sup> Cr <sup>0.906</sup> Cu <sup>0.905</sup> (V <sup>0.889</sup> Zn <sup>0.877</sup> Ti <sup>0.811</sup> )	多金属矿化	31.132	31.132
F <sub>2</sub>	Be <sup>0.887</sup> Sn <sup>0.874</sup> F <sup>0.837</sup> W <sup>0.800</sup> (Bi <sup>0.744</sup> )	指示元素	19.296	50.428
F <sub>3</sub>	La <sup>0.920</sup> (Y <sup>0.781</sup> )	稀土元素	7.228	57.657
F <sub>4</sub>	As <sup>0.855</sup> (Mo <sup>0.563</sup> Cd <sup>0.546</sup> )	亲硫/伴生元素	5.921	63.578
F <sub>5</sub>	Ag <sup>0.870</sup>	银矿化	4.692	68.270
F <sub>6</sub>	MgO <sup>0.757</sup>	镁矿化	4.285	72.556
F <sub>7</sub>	Au <sup>0.987</sup>	金矿化	4.171	76.727
F <sub>8</sub>	Hg <sup>0.994</sup>	锑矿化	4.115	80.842
F <sub>9</sub>	Sb <sup>0.997</sup>	汞矿化	3.291	84.133

值线做法为离散数据网格化,即直接使用各因子得分数据进行等值线绘制。地球化学图色阶划分按照低值至高值区统一分为19级,分级采用累计频率法,分级色阶的选取方式为:以冷色调(兰色)作为低值区,随着数据的增大,颜色变暖,即由兰—绿—黄—红—深红变化。各因子化探信息分述如下:

F<sub>1</sub> 因子主要由 Co, Cr, Ni, V, Cu, Ti, Zn 等7个元素组成,其累积贡献率为31.13%。F<sub>1</sub> 因子代表的矿化信息最为丰富,其地质意义十分重要。在戈氏分类中 Ti, V, Cr, Co 属于亲铁元素; Cu, Zn, Ni 为亲硫元素。F<sub>1</sub> 因子的7个元素在某些类型的岩石中还保持有一定的地球化学共生关系。分析可知,该组元素代表主要分布在测区北东方向的志留纪巴龙贡嘎尔组地层,并与原1:20万化探异常信息吻合度较高;同时,沿NW向断裂,有零星的高值异常区块,表明该构造的多金属矿化特征;再者,测区东南角红铁沟附近的铁多金属矿点,受构造控矿明显,为典型的低缓异常带,显示了浅红—红的梯度变化。

F<sub>2</sub> 因子为 Be-Sn-F-W (Bi) 组合,其累积贡献率为19.29%。该元素组在戈氏分类中 W, F 为亲石元素; Sn, Mo 为亲铁元素,其基本上反映了该区域内的主要中酸性岩体分布,具有与岩浆热液有关的元素组合,也不排除独立成矿的可能;同时,在图幅东部的地层中高值点分布较多,从因子得分图上看, F<sub>2</sub> 得分对应的区域较为典型,地球化学场界面明显,存在蓝—黄—红的急变区,西北部高背景区为花岗岩分布区,其余为地层分布区。其地质反映

为该区二长岩与地层存在 NE—SW 向弧线式界线,表明二长岩分布区应比地质图对应岩体范围大,这与笔者在塔塔楞河沿岸发现过环斑花岗岩相印证。

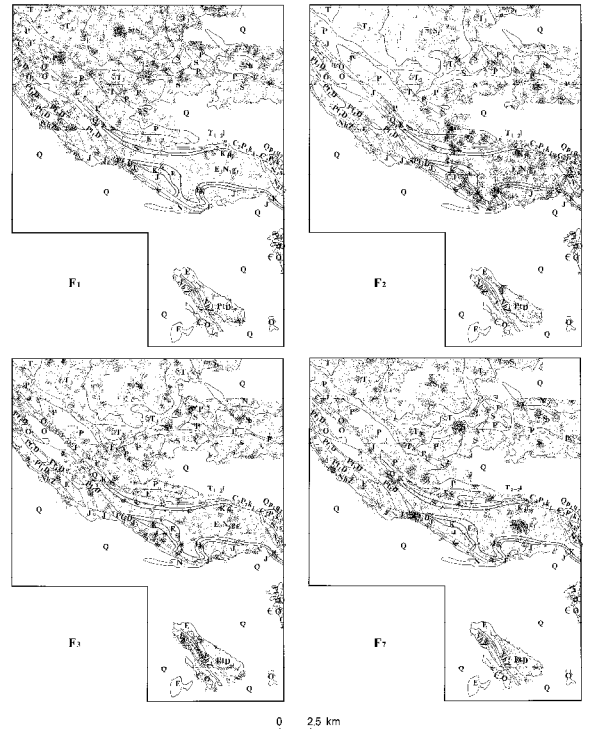


图2 绿草山地区化探数据因子得分地球化学图

Q—第四系;N—上新世砂砾岩;E—渐新世泥沙岩;K—白垩纪砂砾岩、灰岩;J—侏罗纪砂岩;T—三叠纪砂砾岩、粉砂岩;P—二叠纪砂岩、板岩、灰岩;C—石炭纪变砂岩、千枚岩、变砾岩等;S—志留纪板岩、千枚岩;O—奥陶纪灰岩、砂砾岩;ε+O—寒武奥陶纪砂岩、灰岩;Pt<sub>1</sub>—古元古代达肯达坂岩群;NhZ—南华纪—震旦纪变质岩群;ηγT<sub>3</sub>—加里东晚期二长岩;ηγT<sub>3</sub>—印支期二长岩

F<sub>3</sub> 因子为 La-Y 元素组合,为具有指示意义的稀土组,其累积贡献率为7.23%。La, Y 为亲铁元素,一般不形成硫化物,就其表生特性来看,稀土元素易被粘土矿物吸附<sup>[5]</sup>,这反映了大面积的新近纪泥岩、粉砂岩等所在的地层区域,即测区的中部;再者,岩浆作用中,稀土元素一般与酸性—碱性岩活动相关,多趋于晚期、期后呈副矿物的方式出现,对花岗岩的阶段划分有一定指示意义,比如,测区北东部团块状黄—红色异常区反映的可能是印支期花岗岩,而测区中北部蓝—黄相对低值区反映的可能是加里东晚期花岗岩。

F<sub>7</sub> 因子由 Au 单元素组成,其累积贡献率为4.17%。Au 在戈氏分类中属于亲铁元素。从测区 Au 元素得分图上看,得分高值区主要分布于达肯达

坂岩群和志留纪地层;达肯达坂岩群呈条带状分布于测区绿草山幅及大头羊煤矿幅,其展布特征受构造控制明显,而志留纪地层主要以巴龙贡嘎尔组为主,结合该次水系工作中取得的成果,该地层为一套亲硫、亲铁元素的高背景区,加之该区处于近EW向与NW向构造交会部,具备金成矿的地质条件;局部高点在震旦纪—南华纪构造线附近呈串珠状分布。该因子揭示了工作区可能的金矿化信息及找矿方向。

## 4 结语

(1)不同地质体中一定的元素组合必然反映了特定的地球化学信息,因子得分图是元素组浅表地球化学场的一种反映,因子分析在化探元素组合分类中具有现实意义。

(2)贡献较大的主要因子(对地质体、构造和反映矿化信息的因子)等值线图所反映的地质信息表明,面积性高、中、低值区可能是不同岩体、地层的反

映,高低异常突变区域可能是不同性质地球化学场界面或者构造线的反映。

(3)各主要因子元素组与地质概况的综合对比表明,对于青藏高原的特殊地球化学景观,局部低缓异常区也应在化探异常查证工作中引起重视,其往往代表了隐伏矿(化)体或者地球化学惰性元素。

## 参考文献:

- [1] 刘晓玲,陈建平. R型因子分析在青海省治多杂多地区成矿预测中的应用[J]. 物探化探计算技术, 2010, 32(3): 332-336.
- [2] 赵鹏大. 定量地质学理论与方法[M]. 北京:地质出版社, 2004.
- [3] 董庆吉,陈建平,唐宇. R型因子分析在矿床成矿预测中的应用[J]. 地质与勘探, 2008, 44(4): 64-68.
- [4] 李宗仁,吴虹,熊生云,等. 遥感和地球化学信息在广西黄胆冲金多金属矿成矿预测中的应用[J]. 山东国土资源, 2012, 28(3): 43-46.
- [5] 刘英俊. 元素地球化学[M]. 北京:地质出版社, 1989.

## Discussion on Geochemical Elements Classifying Information in Lvcaoshan Mountain in North of Qinghai Province

YU Linsong, QIU Chenggui, LIU Wei

(Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract:** Study on classified information of geochemical elements combinations can be helpful for the next geochemical anomaly checking and metallogenic predication. In this paper, by using factor analysis method, geochemical data of 23 elements and 6026 samples in Lvcaoshan area have been classified and studied. It is showed that, factor score graph can be a reflection of shallow geochemical field of classification elements combinations. High and low level abnormal regions may be different geochemical field interface or as a reflection of tectonic line. Regional slow abnormal areas in structural sections should be paid more attention in the verification work of geochemical anomalies.

**Key words:** Tin deposit; geological characteristics; metallogenic model; mineralization type; Mingxishan Mine in Xinjiang uighur autonomous region