

云南阴山地区次生晕元素组合特征 与找矿方向探讨

文 鹏¹, 赵立涛¹, 徐金祥¹, 杜 俊¹, 马凯波¹, 刘 蟠²

(1. 华北有色工程勘察院有限公司, 石家庄 050021;

2. 内蒙古地质勘查有限责任公司, 呼和浩特 010020)

摘 要 阴山位于西南三江成矿带的最南段, 区域上是重要的铜、铅、锌、金、银矿床集中区。作者以孟连地区已知矿床控矿构造为出发点, 利用阴山 1: 25 000 土壤地球化学测量数据进行 R 型因子分析, 得出 4 组与成矿有关的元素组合, 再以因子得分为基础, 圈定该区异常, 从而得出下一步找矿方向: 与原生金矿或红土型金矿有关的因子 F3(Au-As); 与隐伏斑岩型铜钼矿床有关的因子 F2(Mo-Cu); 与热液型铜铅锌金银有关的因子 F1(Zn-Bi-Sb-Mn-Co-W-Pb-Cu-As) 和 F4(Ag-Pb)。

关键词 阴山 次生晕 元素组合 因子分析 云南

中图分类号: P595 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-7801(2017)01-0112-05

阴山位于云南省孟连县境内, 50 年代至今, 云南南区调队和地矿局先后在 1: 20 万孟连幅区域地质调查和水系沉积物测量扫面工作中, 圈定出阴山地区金、银、铅、锌高值异常区。近年来, 地球化学找矿效果越来越显著^[1], 土壤地球化学找矿也已成为一种成熟、有效的常规地球化学找矿方法^[2], 特别是在疏松层广泛发育地区。但是, 对于矿致地球化学异常圈定却各抒己见, 丛源等人通过 R 型因子分析圈定“三江”北段组合异常, 与“三江”北段已知矿床点在空间上具有良好的对应关系, 是一种有效圈定异常的方法, 能为找矿提供科学依据^[3]。因此, 笔者以因子得分为指标来圈定阴山地区组合异常, 以减少人为对元素组合选择的主观性和背景值与异常划分的不合理性^[3], 进而结合该区成矿地质条件探讨阴山地区找矿方向, 以期为后期找矿提供参考。

1 区域地质背景

阴山位于澜沧江板块结合带西侧, 昌宁—孟连微板块之昌宁—孟连裂谷最南端^[4](图 1), 属阿尔卑斯—喜马拉雅造山带的一部分, 是西南“三江”地

区重要的铜铅锌金银成矿带^[5]。区内沉积地层除三叠系缺失外, 从泥盆系至白垩系均发育。区内岩浆活动主要发生在华力西中、晚期, 其中中期以中石炭世喷发的基性火山岩为主, 晚期以小规模中酸性岩浆侵入活动为主。区内多期次构造组合造成多级、多层、多类型的成矿空间, 为大型矿床的形成提供了有利条件。区域内已找到老厂银铅锌多金属矿、芦子园铅锌矿、翁嘎科金矿、芒信金矿、茶场金矿和回林金矿等一系列代表性矿床, 是寻找铜铅锌金银等金属矿产的良好地区^[6-11]。

2 矿区地质概况

区内出露的地层主要有下石炭统依柳组(C_{1y})、中石炭统(C_2)、上石炭统(C_3)、下二叠统拉巴组(P_{1l})、白垩系下统景星组上段(K_{1j}^2)(图 1)。岩性主要为依柳组蚀变凝灰岩、火山角砾凝灰岩和杏仁状玄武岩夹灰岩透镜体; 中上石炭统灰岩夹少量灰质白云岩、鲕粒灰岩及少量泥质灰岩; 拉巴组砂岩、页岩、硅质岩、紫红色页岩夹灰岩透镜体; 景星组紫红色粉砂岩、细砂岩夹少量泥灰岩、页岩。其中石

[收稿日期] 2016-04-18

[第一作者简介] 文 鹏, 男, 1990 年生, 硕士, 从事矿床地质勘查方面工作。

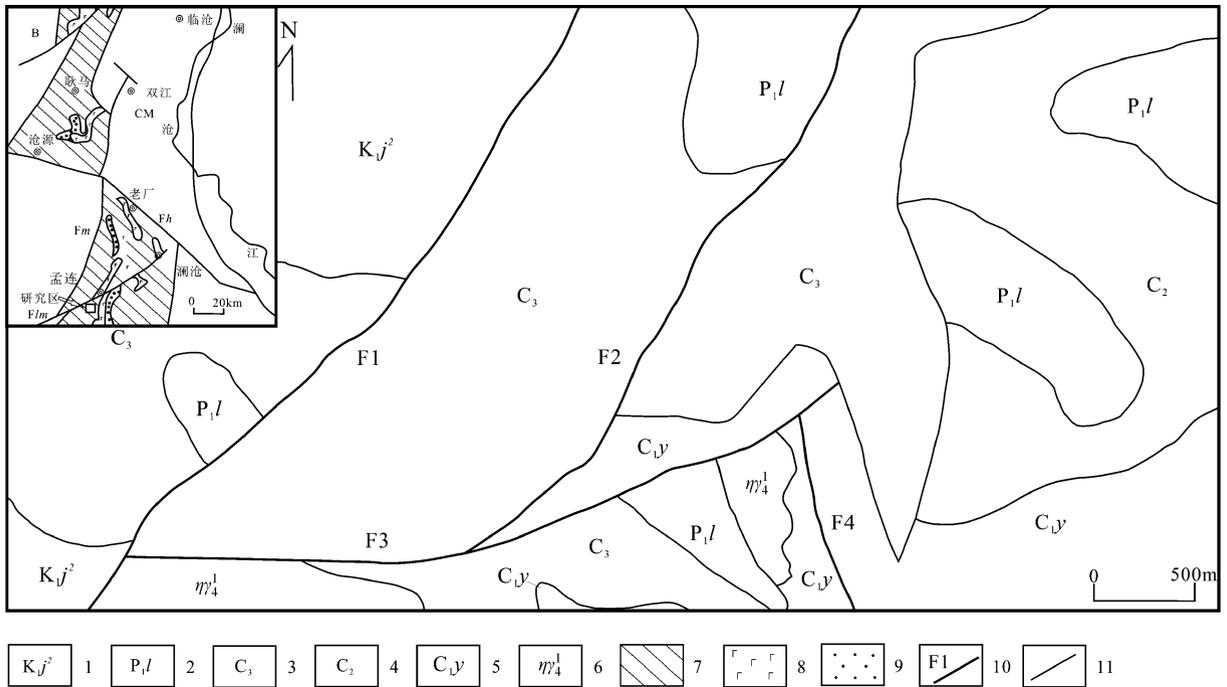


图1 阴山地区地质概况

1—白垩系下统景星组上段紫红色粉砂岩、细砂岩夹少量泥灰岩、页岩;2—二叠系下统拉巴组砂岩、页岩、硅质岩、紫红色页岩夹灰岩透镜体;3—石炭系上统灰岩夹少量灰质白云岩、鲕状灰岩;4—石炭系中统灰质白云岩夹灰岩、少量泥质灰岩;5—石炭系下统依柳组蚀变凝灰岩、火山角砾凝灰岩和杏仁状玄武岩夹灰岩透镜体;6—华力西早期黑云二长花岗岩;7—裂谷;8—基性火山岩;9—泥盆系;10—断层及编号;11—地质界线;Flm—澜沧—孟连断裂;Fm—孟边—富岩断裂;Fh—黑河断裂;CM—昌宁—孟连微板块;B—保山微板块

炭系为区内主要赋矿地层^[4-12]。

研究区位于勐阿—孟连—澜沧大断裂与腊垒断裂挟持的三角地带,主要发育有NE、NNE、NW向3组断裂。其中,NNE向断裂(F1、F2)为区域性断裂,控制着地层展布,NE向断裂(F3)与F1、F2和F4均有交汇,为成矿物质运移提供了通道。

区内岩浆岩主要为华力西期喷出岩和中酸性侵入岩,前者构成下石炭统依柳组地层的一部分,岩性主要为凝灰质火山碎屑岩、火山角砾岩,后者沿断裂呈株状产出,岩性以黑云花岗岩、黑云二长花岗岩、花岗闪长岩和蚀变闪长岩为主。

常见蚀变主要为褐铁矿化、黄铁矿化、硅化、碳酸盐化等,发育于断层破碎带中。

3 地球化学异常特征

3.1 地球化学背景及统计学特征

从表1中可以看出,研究区内重要成矿元素为Au、Ag、Cu、Pb、Zn等,除Cu外其他元素浓集系数

均大于1,说明Au、Ag、Pb、Zn在该区具有很强的成矿能力,且Au、Pb元素不仅具有高的浓集系数,而且变异系数也较高,表明Au、Pb在该区具有局部次生富集趋势,这与区域上主要为金矿和铅锌多金属矿事实相符,为寻找金、铅矿种提供重要的找矿线索。

3.2 地球化学异常元素组合特征

为研究阴山地区各元素之间的组合特征,本次研究利用阴山1:25000土壤地球化学测量B层1247件次生晕样品数据进行R型因子分析,得到旋转正交因子载荷矩阵(表2,表3),使用最大方差法进行因子降维,KMO检验值为81.4%,Bartlett球形检验Sig.为0,说明此次数据非常适合做因子分析^[14-16]。其初始特征值的方差累计百分比为71.71%,得到4个因子,可基本反映该区次生晕元素组合特征^[17]。由因子分析结果(表4)可知:

F1因子:为Zn、Bi、Sb、Mn、Co、W、Pb、Cu、As组合。该组合中既有中高温元素Cu、Bi、W、Pb、Zn

表1 土壤元素统计特征表

元素	含量				变异系数	地壳丰度	浓集系数
	最小值	最大值	平均值	标准差			
Au	0.90	1218.00	12.02	45.78	3.81	4	3.00
Ag	0.03	2.24	0.28	0.17	0.61	0.08	3.50
As	1.96	1417.00	68.70	83.39	1.21	2.2	31.23
Pb	5.17	5810.00	204.01	256.77	1.28	12	17.00
Zn	23.40	2013.00	430.66	340.87	0.79	94	4.58
Cu	6.22	424.00	59.67	31.62	0.53	63	0.95
Co	3.26	145.00	29.34	15.71	0.53	25	1.17
Bi	0.07	4.23	0.61	0.31	0.51	0.004	152.5
Mo	0.33	31.10	2.50	1.82	0.73	1.3	1.92
Mn	159.00	57 640.00	4807.90	4455.53	0.93	1300	3.70
W	0.52	24.80	3.71	1.92	0.52	1.1	3.37
Sb	0.57	53.30	11.53	8.24	0.71	0.6	19.22

注: Au 单位为 10^{-9} , 其他为 10^{-6} , 地壳丰度值采用黎彤, 1976(据文献[13])。

表4 旋转正交因子解

因子	因子主成分	方差贡献/%	方差累计贡献/%
F1	Zn-Bi-Sb-Mn-Co- W-Pb-Cu-As	44.000	44.000
F2	Mo-Cu	9.829	53.829
F3	Au-As	9.463	63.292
F4	Ag-Pb	8.422	71.714

表2 旋转正交因子初始特征值

因子	总计	方差贡献/%	方差累计贡献/%
F1	5.280	44.000	44.000
F2	1.180	9.829	53.829
F3	1.136	9.463	63.292
F4	1.011	8.422	71.714

注: 提取方法为主成分分析。

表3 旋转正交因子矩阵

元素	F1	F2	F3	F4
Au	-0.014	0.036	0.889*	0.049
Ag	0.029	0.182	0.044	0.912*
As	0.558*	0.109	0.591*	0.060
Pb	0.624*	-0.120	0.089	0.538*
Zn	0.877*	-0.002	-0.002	0.151
Cu	0.562*	0.566*	0.114	0.038
Co	0.728*	0.461	-0.045	-0.006
Bi	0.822*	0.059	0.184	-0.022
Mo	0.039	0.884*	0.055	0.134
Mn	0.768*	0.198	-0.094	0.007
W	0.663*	0.116	0.154	0.051
Sb	0.769*	0.099	0.221	0.310

注: 旋转法为具有 Kaiser 标准化的正交旋转法, 旋转在 6 次迭代后收敛; 数字带“*”代表贡献值大于 0.5。

等, 还包括低温元素 Sb、As, 可能反映了该区受后期构造热液的叠加^[18], 导致元素组合复杂。

F2 因子: 为 Mo、Cu 组合。Mo、Cu 为高温元素组合, 且 Mo 的载荷要高于 Cu, 该组合反映了与中酸性侵入岩类有关的铜矿化^[3]。

F3 因子: 为 Au、As 组合。Au 具有亲硫性, 在表生氧化环境下易与 Cl^- 、 $S_2O_3^{2-}$ 、 CN^- 、 OH^- 、 SCN^- 、 HS^- 等有机酸根形成络合物而迁移^[19], 常与硫化物密切共生, 而 As 在自然界常以硫化物的形式存在, 且形成的砷化物在水溶液中溶解度很低, 所形成的矿物趋于稳定, 不易被风化^[20], 在表生氧化环境下迁移距离有限^[21]。因此, Au、As 组合异常可能反映了该区原生金矿或迁移距离较短的红土型金矿的元素共生特点。

F4 因子: 为 Ag、Pb 组合。Ag、Pb 为中温阶段成矿元素, 该组合与区域内澜沧大型银铅锌多金属矿床的元素组合具有类似特征^[22], 可能反映了该区后期中温热液所形成的银铅多金属矿床^[3]。

4 找矿方向探讨

为了更好地反应元素组合的空间变化规律,提取研究区成矿信息,本次研究计算了每个采样点位对于各个主因子的得分值,采用泛克里格方法绘制各主因子得分异常图(图2),由图2结合该区地质特征可以得出:

(1) 与热液型铜铅锌金银多金属有关的矿床:F1因子(Zn-Bi-Sb-Mn-Co-W-Pb-Cu-As组合)和F4因子(Ag-Pb组合)。异常主要分布在研究区中部或东北部,与区内北东向构造线方向基本吻合,表现出较高的浓集性,出露地层主要为中上石炭统或下二叠统拉巴组,且部分高值区位于中上石炭统与下二叠统中,与澜沧老厂银铅锌多金属矿床具有类似成矿条件^[10],据此推测该组合是寻找热液型铜铅锌金多金属矿床的有利靶区,中上石炭统与下二叠统接触带或依柳组地层的F1因子和F4因子高值异常区为找矿目标区域,重点在发育有近南北向或北西向构造的中酸性岩体附近。

(2) 与隐伏斑岩型钼铜多金属有关的矿床:F2因子(Mo-Cu组合)。异常主要分布在研究区北部,异常浓集程度相对较差,高值区位于上石炭统与下二叠统拉巴组的断层接触部位,且区内有中酸性侵入岩体出露,对比澜沧老厂深部斑岩型钼铜矿床成

矿特征分析^[10],该组合次生晕影响有限,可探索隐伏斑岩型钼铜矿床,中上石炭统与下二叠统接触带的F2因子高值异常区为找矿目标靶区,重点在侵入岩体出露的北东向或近南北向构造及其次级构造附近。

(3) 与原生金矿或红土型金矿有关的矿床:F3因子(Au-As组合)。该组合是研究区重要的成矿因子,异常高值区均在研究区南部的上石炭统或下石炭统依柳组地层中,且附近出露有华力西晚期黑云母二长花岗岩,受北东向和东西向构造控制,在断层或断层交汇处附近有明显的富集,结合研究区外围翁嘎科、芒信、茶场、回林等矿床综合分析^[4-8],该组合异常是寻找原生金矿或红土型金矿的最优靶区,找矿目标区域为断层或断层交汇处F3因子高值异常区的依柳组或中上石炭统地层中。

5 结论

(1) 研究区内发育的不同岩石类型、构造、岩浆岩与研究区外围矿山成矿条件对比分析,结合研究区原始数据的统计学分析可以得出,Au、Ag、Pb、Zn为该区主成矿元素,Cu、As、Co、Bi、Mo、Mn、W、Sb为伴生指示元素,Au-As、Zn-Bi-Sb-Mn-Co-W-Pb-Cu-As、Mo-Cu、Ag-Pb为4组与成矿有关的元素组合。

(2) 基于因子得分绘制组合异常图,结合区域成矿规律,提出下一步找矿方向:①与原生金矿或

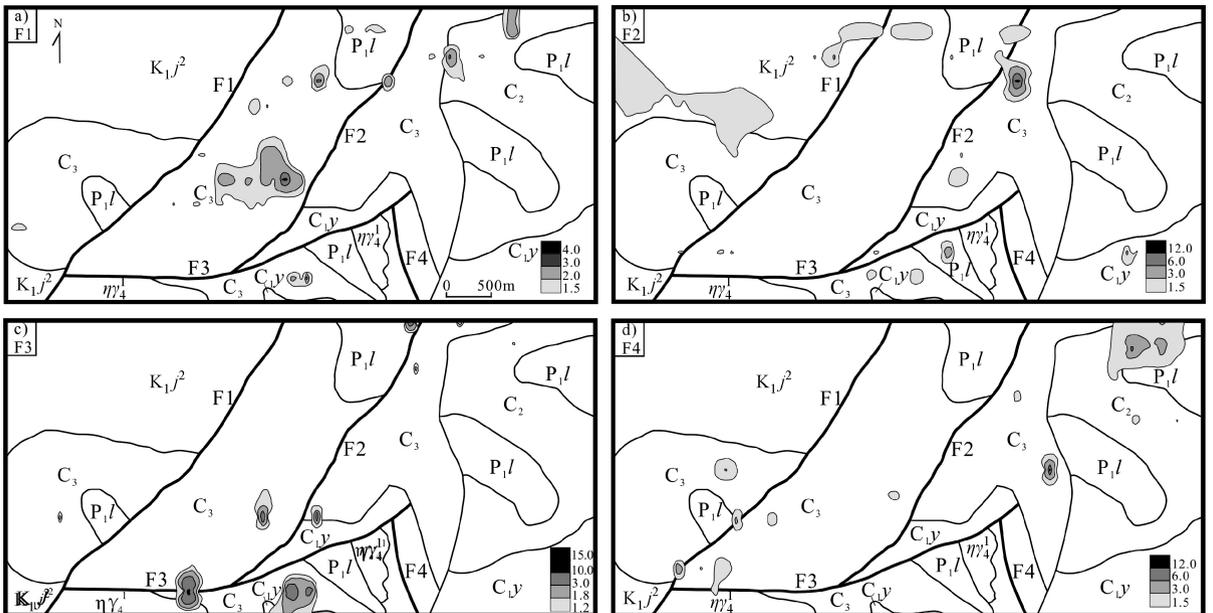


图2 阴山地区各主因子等分等值线图

(其他图例同图1)

红土型金矿有关的因子 F3(Au-As 组合),可追索红土型金矿,以研究区西部的断层或断层交汇处 F3 因子高值异常区的依柳组或中上石炭统地层为重点靶区;②与隐伏斑岩型钼铜矿床有关的因子 F2(Mo-Cu 组合),重点在研究区北部北东向构造和中上石炭统一下二叠统地层出露的 F2 因子高值异常区;③与热液型铜铅锌金银有关的因子 F1(Zn-Bi-Sb-Mn-Co-W-Pb-Cu-As 组合)和 F4(Ag-Pb 组合),优选靶区为矿区中部和东北角的中上石炭统与下二叠统接触带或依柳组地层的 F1 因子和 F4 因子高值异常区。

参考文献

- [1] 刘振国,田雪莲,于德福. 国土资源大调查进入收官阶段服务经济社会发展成绩卓著[N]. 中国国土资源报,2010:7-15.
- [2] 杨少平,弓秋丽,文志刚,等. 地球化学勘查新技术应用研究[J]. 地质学报,2011,85(11):1844-1877.
- [3] 丛源,陈建平,肖克炎,等. “三江”地区北段区域地球化学元素组合异常提取及其找矿意义[J]. 地质通报,2012,31(7):1164-1169.
- [4] 和浪涛. 孟连茶场金矿地质特征及其找矿意义[J]. 矿床地质,2002,21(S1):606-609.
- [5] 邹光富,毛英,毛琼,等. 西南三江地区成矿作用、成矿规律及找矿方向[J]. 矿物学报,2009,(S1):205-209.
- [6] 金荣明. 翁嘎科金矿床成因及找矿标志[J]. 云南地质,2008,27(4):437-441.
- [7] 唐治安,张贵华,和松文. 云南孟连芒信金矿成因探讨[J]. 云南地质,2010,29(3):269-270.
- [8] 王国洪,张吉寿,李庆锐,等. 孟连回林低温热液构造角砾岩型

- 金多金属矿[J]. 云南地质,2010,29(1):29-31.
- [9] 蒋成兴,卢映祥,陈永清,等. 滇西南芦子园超大型铅锌多金属矿床成矿模式与综合找矿模型[J]. 地质通报,2013,32(11):1832-1844.
- [10] 叶霖,高伟,杨玉龙,等. 云南澜沧老厂铅锌多金属矿床闪锌矿微量元素组成[J]. 岩石学报,2012,28(5):1362-1372.
- [11] 郭欣,杜杨松. 云南主要金属矿产与勘查[J]. 矿产勘查,2010,1(3):242-245.
- [12] 李光斗. 云南澜沧老厂银铅铜矿床地质特征、控矿要素及找矿靶区[J]. 矿产与地质,2010,24(1):59-63.
- [13] 黎彤. 化学元素的地球丰度[J]. 地球化学,1976,(3):167-174.
- [14] 张辉,许鲁宁,宋贺民,等. 新疆哈拉奇地区地球化学分区特征及地质意义[J]. 地质调查与研究,2013,36(4):256-262.
- [15] 文鹏,杨永强,王传亮,等. 江西德兴富家坞铜矿床中金银铋钴分布规律[J]. 黄金科学技术,2015,23(2):17-27.
- [16] 田跃斌,张涛,杨青云,等. R 型因子分析在水系沉积物测量地球化学分区中的应用—以浙西北地区为例[J]. 黄金科学技术,2013,21(3):48-54.
- [17] Singer D A. Some Suggested Future Directions of Quantitative Resource Assessments[J]. Journal of China University of Geosciences,2001,12(1):40-44.
- [18] 刘君,潘亮,赵鹤森,等. 水系沉积物测量在老挝巴乌地区的应用[J]. 金属矿山,2015,(2):92-97.
- [19] 王燕,谭凯旋,刘顺生,等. 红土型金矿的成矿机理与成矿模式[J]. 地质与勘探,2002,38(4):12-17.
- [20] 牟保磊. 元素地球化学[M]. 北京:北京大学出版社,1999.
- [21] 魏浩,徐九华,刘振刚,等. 内蒙古凉城县草几坝一带土壤化探的数学地质分析[J]. 地质与勘探,2011,47(3):473-482.
- [22] 杨玉琼,徐松,李波. 滇西老厂大型银铅锌多金属矿床铅锌矿石微量元素组合特征[J]. 河南科学,2014,32(2):245-248.

Characteristics of element combination of secondary halo and prospecting direction in Yinshan area, Yunnan

WEN Peng¹, ZHAO Li-tao¹, XU Jin-xiang¹, DU Jun¹, MA Kai-bo¹, LIU Pan²

(1. North China Engineering Investigation Institute Co., Ltd., Shijiazhuang 050021;

2. Geological Exploration of Co., Ltd., Inner Mongolia, Hohhot 010020)

Abstract: The Yinshan area located in the most southern part of three rivers metallogenic belt in southwestern China, is an important mineralization cluster area of copper, lead, zinc, gold and silver deposits. On the basis of ore-controlling structures of known deposits in Menglian area, four groups related to ore-forming elements combination are obtained by using R-mode factor analysis for the soil geochemical survey data on a scale of 1 : 25 000 in Yinshan area. Then abnormal zones are defined by multiplying factor score which provide prospecting direction in the next stage exploration: 1) F3 factor (Au-As) is closely related to primary gold deposit or laterite type gold deposit; 2) F2 factor (Mo-Cu) possibly indicates concealed porphyry Mo (Cu) deposit; 3) F1 factor (Zn-Bi-Sb-Mn-Co-W-Pb-Cu-As) and F4 factor (Ag-Pb) both indicate hydrothermal Cu-Pb-Zn-Au-Ag deposit.

Key words: secondary halo, element combination, factor analysis, Yinshan, Yunnan