

杨剑, 唐发伟, 王桥, 等. 云南北衙地区成矿地球化学特征及找矿方向[J]. 中国地质, 2015, 42(6): 1989–1999.

Yang Jian, Tang Fawei, Wang Qiao, et al. Geochemistry and ore-prospecting targeting in Beiya area, Yunnan Province[J]. Geology in China, 2015, 42(6): 1989–1999(in Chinese with English abstract).

## 云南北衙地区成矿地球化学特征及找矿方向

杨 剑<sup>1,2</sup> 唐发伟<sup>2</sup> 王 桥<sup>2</sup> 王永华<sup>2</sup>

(1. 成都理工大学地球物理学院, 四川 成都 610059; 2. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610081)

**摘要:** 利用北衙整装勘查区 1:20 万水系沉积物地球化学数据, 综合分析了地层、岩浆岩、典型矿床主要成矿元素 Ag、Au、Cu、Pb、Zn 的富集规律, 对元素分布特征、综合异常特征、相关性及相关异常元素组合特征进行初步研究, 确定了找矿有利指标组合; 通过对比北衙金矿区典型矿床成矿地质、地球化学特征, 结合地层、岩浆岩等找矿标志预测北衙地区的找矿远景区。结果表明: 综合区域上的地层、构造、岩浆岩和区域矿产等资料, 对成矿元素异常组合进行地球化学分区是可行的, 能有效反映致矿异常, 突出矿化信息; 根据区域单元素 Au、Ag、Pb、Zn、Cu 地球化学特征以及组合元素异常特征结合成矿地质背景, 指出了炭窑金矿、铅锌矿找矿靶区; 马鞍山北部金矿找矿靶区, 为北衙整装勘查区外围找矿提供了指导作用。

**关键词:** 北衙地区; 地球化学特征; 找矿靶区

中图分类号: P595 文献标识码: A 文章编号: 1000-3657(2015)06-1989-11

## Geochemistry and ore-prospecting targeting in Beiya area, Yunnan Province

YANG Jian<sup>1,2</sup>, TANG Fa-wei<sup>2</sup>, WANG Qiao<sup>2</sup>, WANG Yong-hua<sup>2</sup>

(1. School of Geophysics, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China)

**Abstract:** According to the 1:200000 geochemical data obtained from Beiya area and analysis of the enrichment regularity of main ore-forming elements of Ag, Au, Cu, Pb, Zn, the authors studied the element distribution features, anomaly characteristics, correlation and abnormal element composition, and determined the favorable prospecting composite index. Through the comparison of the typical metallogenic geological and geochemical characteristics of the Beiya gold ore district, combined with the formation, magmatite and other criteria, the prospecting area was predicted. The results show that, through an integrated study of the regional formation, structure, magmatite and mineral resources data, the establishment of the ore-forming elements anomaly zoning is feasible, which can effectively reflect the anomalies and highlight the mineralization information. According to the regional metallogenic setting of single elements Au, Ag, Pb, Zn, Cu and the combination of elements geochemical characteristics of anomalies, the target areas for further exploration were delineated, which provides guidance for ore prospecting.

收稿日期: 2014-11-06; 改回日期: 2015-02-12

基金项目: 中国地质调查局项目(12120113094500、1212011220249)联合资助。

作者简介: 杨剑, 1983年生, 男, 博士生, 工程师, 从事地球物理勘探工作; E-mail: 115138871@qq.com。

通讯作者: 唐发伟, 1979年生, 男, 工程师, 从事应用地球化学工作; E-mail: 37205958@qq.com。

**Key words:** Beiya area; geochemical characteristics; prospecting targets

**About the first author:** YANG Jian, male, born in 1983, engineer, doctor candidate, majors in geophysics and engages in the study of geophysical exploration; E-mail: 115138871@qq.com.

**About the corresponding author:** TANG Fa-wei, born in 1979, engineer, majors in geochemistry and engages in the study of geochemical exploration; E-mail: 37205958@qq.com.

## 1 引 言

云南北衙整装勘查区位于扬子地台西缘丽江台缘褶皱带的南端,属NW-SE向展布的藏东—滇西碱性斑岩多金属成矿带的中南部,以其特殊的大地构造位置和复杂的地壳演化史,优越的成矿条件、丰富的矿产资源、多样的成矿作用、复杂的矿床类型,是寻找众多贵重、紧缺或稀有矿产资源极具潜力的地区。几十年来,围绕该地区地质矿产找矿工作取得了大量成果和重要进展,勘查了北衙金矿、祥云马厂菁等一大批铜金多金属矿床,基本查明了北衙整装勘查区内铜、金、铅、锌等矿产的资源潜力,确立了工作区内的金、铜、铅、锌等矿产在中国战略性矿产资源配置中的重要地位,成为中国极其重要的战略性矿产资源勘查后备基地之一<sup>[1-2]</sup>。

笔者在北衙整装勘查区1:20万区域化探扫面成果的基础上,通过对矿区典型矿床以及区域地质认识,结合地球化学综合异常特征进行矿产资源远景评价,为进一步找矿工作提供指导<sup>[3-6]</sup>。

## 2 区域地质概况

研究区位于鹤庆陆缘拗陷,其大地构造位置介于扬子—华南陆块与西藏—三江造山系2个一级构造单元拼接的扬子陆块西缘、丽江台缘褶皱带的南缘,属北西—南东向展布的藏东—滇西碱性斑岩多金属成矿带(图1)。在云南省区域矿产金矿带划分上,属扬子成矿区丽江成矿带的宁蒗—大理金成矿亚带。

### 2.1 地层

区内地层分布较全,在测区西北角,见古生界志留系、泥盆系一套滨海相碎屑岩和浅海相碳酸盐沉积;二叠系玄武岩广泛分布于测区南部、东部右所—黄坪一带,构成松桂—北衙盆地巨厚层的底部岩石;中生界三叠系为碳酸盐建造及含煤建造,大面积分布于松桂—北衙一带,出露面积占全区70%

以上;新生界古近系、新近系和第四系地层则主要分布于沿区域构造控制的小型山间盆地中,即马鞍山西坡大松坪和松桂—北衙盆地一带。

### 2.2 构造

本区处于板块构造的结合部位,区域构造形式复杂,主干构造线方向为NNE向。以陆块中的褶皱为主,一级褶皱构造有松桂复式向斜(S1)、马鞍山背斜(B1),断裂构造有马鞍山区域性大断裂(F0);次一级褶皱构造有绞家院背斜B11、北衙—芹河向斜S11、白莲村—炉坪背斜B12、炭窑—七坪向斜S12、福田—白脸石背斜B13,断裂构造有马鞍山—南大坪北北东向压扭性断层(F4)、绞家院—锅厂河北西向西向断层(F8)及南大坪—马头湾—红泥塘东西向断层F10。

### 2.3 岩浆岩

区域内出露岩浆岩以喜马拉雅期形成的浅成侵入斑岩为主,南部、东部及官邑庄一带大面积出露华力西期峨眉山玄武岩(P<sub>2</sub>β)。主要侵入岩有石英正长斑岩、黑云正长斑岩及花岗岩脉、煌斑岩脉等,红泥塘岩体顶部还发育次火山角砾岩(爆破角砾岩)。

## 3 研究区地球化学特征

### 3.1 地层微量元素特征

对于主要成矿元素Cu、Pb、Zn、Au、Ag在地层中的地球化学特征(表1)叙述如下:

(1)Cu元素在青天堡组(T<sub>1q</sub>)、松桂组(T<sub>1sg</sub>)和中窝组(T<sub>1z</sub>)中的含量均值相近,尤其是在青天堡组中的含量、极大值、标准离差、变异系数、浓度克拉克值K等均较大,属于矿区内Cu的高背景含量地层。在北衙组2段中的平均含量则最低,为 $4 \times 10^{-6}$ 。

(2)Pb元素在北衙组碳酸岩里的平均含量最低,在其余地层里的含量相近,青天堡组和松桂组标准离差和变异系数较其他地层高,其中青天堡组中K值最大,Zn元素与Pb具有相似的背景分布。

(3)Au元素仅在宝相寺组里有稍好的反映,最

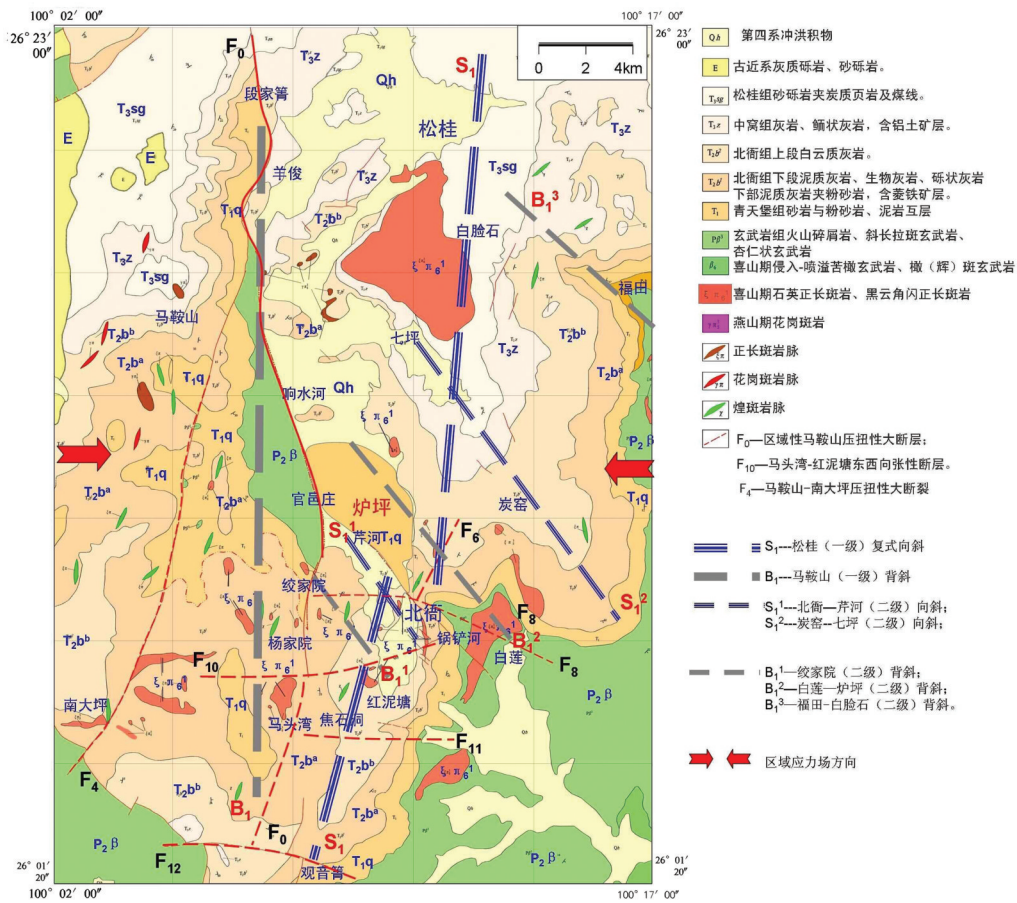


图1 北衙地区区域地质图(云南现代矿业勘查有限公司提供)

Fig.1 Regional geological map of Beiya area

大值为  $32 \times 10^{-9}$ , 均值为  $4.88 \times 10^{-9}$ , 其余地层内的含量均很低。对变异系数而言, 其在北衙组2段内的值大于2, 具备比较强烈的起伏特征。

(4)Ag元素在青天堡组和松桂组内的平均含量要远高于其他地层的均值, 在青天堡组里的标准离差为85.89, 变异系数为0.81, 具有强离散和大起伏的特点。

综合看来, 青天堡组的砂岩在沉积成岩时, 其良好的孔隙度为Cu、Pb、Zn、Ag提供了赋存空间, 可能参与了北衙矿床成矿作用。Au元素的低含量显示了北衙金矿的Au的来源并非地层, 可能来源于其他深部源区<sup>[7-14]</sup>。通过浓度克拉克值K(即某元素在某地质体的平均含量/某元素的克拉克值)计算结果, 矿区的主要成矿元素Cu、Pb、Zn、Au、Ag, 除Ag的K值在所有地层中远大于1外, 其余元素在以砂

砾岩为主要岩性的青天堡组、松桂组、宝相寺组中的K值大于1, 表明在成矿过程中, 地层较为松散的岩石结构为成矿流体提供了空间, 同时在后期的表生风化作用下这类岩石抗风化能力弱, 对本区的分散流异常干扰大, 在以后的找矿工作中注意排除此类地层干扰。

### 3.2 岩浆岩体微量元素特征

分别对红泥塘岩体、马头湾岩体、铺台山岩体、万洞山岩体, 以及在地层采样中发现的一个未知的岩体, 和剖面采样中的玄武岩样品进行分析测试(表2)。

(1)Cu元素在万洞山岩体中的均值含量可达  $1500 \times 10^{-6}$  以上, 且极大值大于2%, 变异系数大于2, 显示出强烈起伏的特征, 可能存在局部富集。马头湾岩体中的特征与万洞山较为相似, 但各项参数要低于万洞山。玄武岩中的Cu元素可能存在局部矿

表1 各地层地表基岩中的元素含量参数统计

Table 1 Parameters statistics of element values in surface bedrocks of various strata

地层	参数	Cu	Pb	Zn	Cd	Mo	As	Sb	Bi	Au	Ag
E <sub>2</sub> b (n=19)	C <sub>1</sub>	55	12.5	70	0.2	1.5	1.8	0.2	0.17	4	0.07
	K	0.24	0.73	0.5	1.75	0.3	1.73	1.22	1.29	1.22	598
	M	13.19	9.31	34.89	0.35	0.45	3.12	0.62	0.22	4.88	41.90
	S	14.64	3.92	27.17	0.35	0.11	2.45	0.33	0.15	8.26	26.80
	CV	1.11	0.42	0.78	1.00	0.24	0.78	0.54	0.68	1.69	0.64
T <sub>2</sub> b <sub>1</sub> (n=20)	C <sub>1</sub>	55	12.5	70	0.2	1.5	1.8	0.2	0.17	4	0.07
	K	0.29	0.35	0.19	0.5	0.53	3.95	4.65	0.58	0.1	656
	M	16.02	4.46	13.82	0.10	0.80	7.12	0.93	0.10	0.43	45.98
	S	16.56	1.81	12.28	0.06	0.48	4.19	0.50	0.03	0.31	41.43
	CV	1.03	0.41	0.89	0.55	0.60	0.59	0.54	0.25	0.71	0.90
T <sub>2</sub> b <sub>2</sub> (n=20)	C <sub>1</sub>	55	12.5	70	0.2	1.5	1.8	0.2	0.17	4	0.07
	K	0.07	0.23	0.14	0.5	0.55	0.98	2.25	0.17	0.13	305
	M	4.09	2.89	10.09	0.10	0.82	1.76	0.45	0.03	0.53	21.40
	S	4.80	1.30	8.46	0.05	0.89	1.36	0.23	0.01	1.25	19.30
	CV	1.17	0.45	0.84	0.54	1.09	0.77	0.52	0.37	2.36	0.90
T <sub>1</sub> q (n=20)	C <sub>1</sub>	55	12.5	70	0.2	1.5	1.8	0.2	0.17	4	0.07
	K	1.22	0.96	1.99	0.95	0.47	3.57	2.45	0.76	0.13	1514
	M	67.18	12.05	139.60	0.19	0.71	6.43	0.49	0.13	0.52	106.10
	S	68.46	7.33	126.90	0.11	0.40	4.54	0.19	0.08	0.64	85.89
	CV	1.02	0.61	0.91	0.59	0.57	0.71	0.38	0.65	1.24	0.81
T <sub>1</sub> sg (n=23)	C <sub>1</sub>	55	12.5	70	0.2	1.5	1.8	0.2	0.17	4	0.07
	K	0.75	1.59	1.88	0.65	0.37	7.66	3.15	2.12	0.13	1485
	M	41.48	19.90	132.10	0.13	0.55	13.78	0.63	0.36	0.51	104.10
	S	19.34	10.37	56.89	0.05	0.30	7.51	0.28	0.16	0.60	51.16
	CV	0.47	0.52	0.43	0.37	0.54	0.55	0.45	0.45	1.17	0.49
T <sub>3</sub> z (n=20)	C <sub>1</sub>	55	12.5	70	0.2	1.5	1.8	0.2	0.17	4	0.07
	K	0.67	0.95	1	1.55	0.35	9.14	2.45	0.89	0.045	777
	M	36.60	11.85	70.56	0.31	0.53	16.45	0.49	0.15	0.18	54.40
	S	16.91	2.21	22.37	0.17	0.15	5.14	0.07	0.05	0.13	16.50
	CV	0.46	0.19	0.32	0.55	0.29	0.31	0.15	0.32	0.73	0.30

注: Au、Ag、Hg 含量单位为  $10^{-9}$ , 其余元素  $10^{-6}$ ;  $n$  为样品数量。

化蚀变的可能。

(2)Pb、Zn 元素具有相似的地球化学行为, 二者在红泥塘岩体中的地球化学参数要优于其他岩体, 具备良好的成矿地球化学背景。在玄武岩中的较高含量与 Cu 相似, 均受到了局部矿化的影响。

(3)Au 元素在万硐山岩体中的地球化学参数要远远优于其他岩体和玄武岩, 可能与万硐山岩体中含有大量的黄铁矿有关, 而黄铁矿为 Au 的重要载体矿物, 同时说明在万硐山岩体范围内存在的岩浆热液活动导致了 Au 的后期沉淀富集。

(4)Ag 元素在红泥塘岩体中的均值含量可达  $3.5 \times 10^{-6}$ , 变异系数为 0.68, 属于较大起伏型, 可能存

在局部富集。在万硐山和玄武岩中的均值含量都大于  $1 \times 10^{-6}$ , 变异系数都大于 1, 属于强起伏型, 属于矿(化)体的产物, 而在铺台山岩体和马头湾岩体可能存在较弱的矿化反映。

综上所述, 万硐山、红泥塘和马头湾岩体与区内的成矿较为密切, 其中万硐山类岩体与 Cu、Au 矿化有关, 红泥塘类岩体与 Pb、Zn、Ag 矿化有关, 马头湾岩体可能与 Cu 矿化有关。

#### 4 典型矿床地质、地球化学特征

北衙矿区是一个金、铁、铜、铅、锌、银等多金属成矿富集区, 矿床成因类型属与喜马拉雅期富碱斑



表2 岩浆岩中的元素含量参数统计  
Table 2 The content of elements in igneous rocks

岩体名称	参数	Cu	Pb	Zn	Cd	Mo	As	Sb	Bi	Au	Ag
红泥塘(n=15)	min	36.10	301.00	58.00	0.52	0.05	32.00	2.32	0.15	0.25	1420.00
	max	174.00	2610.00	158.00	1.90	12.60	1800.00	30.00	173.00	32.30	11700.00
	X	98.85	1538.00	106.50	1.01	5.88	512.60	14.56	18.37	7.04	3513.00
	S	43.33	597.90	29.28	0.42	3.82	564.40	9.38	44.99	10.09	2374.00
	CV	0.44	0.39	0.27	0.41	0.65	1.10	0.64	2.45	1.43	0.68
马头湾(n=17)	min	5.10	25.40	17.10	0.03	0.26	0.40	0.26	0.03	0.025	30.00
	max	652.00	143.00	84.50	0.80	4.35	29.10	9.12	2.23	2.92	2460.00
	X	183.70	58.75	45.06	0.26	1.17	5.65	1.38	0.29	0.71	399.60
	S	205.30	38.14	24.06	0.24	1.26	7.49	2.13	0.53	0.70	585.20
	CV	1.12	0.65	0.53	0.92	1.08	1.33	1.54	1.82	0.98	1.46
铺台山(n=20)	min	1.50	6.40	8.10	0.03	0.14	0.05	0.20	0.02	0.01	15.00
	max	264.00	92.50	76.60	0.71	9.77	20.90	34.40	51.60	6.67	996.00
	X	27.95	33.80	30.64	0.14	2.04	5.62	5.36	3.10	1.56	107.60
	S	62.60	19.82	17.92	0.15	2.73	6.67	8.96	11.58	2.01	212.80
	CV	2.24	0.59	0.58	1.08	1.34	1.19	1.67	3.74	1.29	1.98
万洞山(n=20)	min	19.60	19.30	7.35	0.08	0.29	2.31	0.72	0.35	0.80	236.00
	max	20700.00	566.00	105.00	1.36	267.00	269.00	7.85	233.00	1070.00	8830.00
	X	1597.00	82.96	47.44	0.42	30.14	37.98	2.57	22.46	167.20	1844.00
	S	4601.00	124.80	25.84	0.38	62.87	63.14	1.57	59.97	307.40	2604.00
	CV	2.88	1.50	0.54	0.89	2.09	1.66	0.61	2.67	1.84	1.41
未知岩体(n=7)	min	1.10	2.60	3.50	0.03	0.12	0.00	0.19	0.02	0.10	23.00
	max	18.50	44.20	34.70	0.07	0.79	25.10	0.39	0.35	0.99	37.00
	X	6.66	14.76	21.07	0.04	0.35	5.10	0.23	0.12	0.62	28.10
	S	7.79	17.90	13.23	0.02	0.30	8.94	0.07	0.13	0.33	4.63
	CV	1.17	1.21	0.63	0.58	0.86	1.75	0.31	1.09	0.52	0.16
玄武岩(n=19)	min	8.70	4.30	29.20	0.03	0.24	2.96	0.29	0.03	0.72	72.00
	max	1330.00	2410.00	375.00	1.92	6.50	45.80	5.82	1.16	6.86	8050.00
	X	206.40	323.30	112.60	0.48	1.24	10.67	1.33	0.19	2.62	1100.00
	S	320.80	685.20	76.31	0.50	1.39	11.31	1.46	0.31	1.62	1903.00
	CV	1.55	2.12	0.68	1.05	1.12	1.06	1.10	1.62	0.62	1.73

注: Au、Ag、Hg 含量单位为  $10^{-9}$ , 其余元素  $10^{-6}$ ; n 为样品数量。

岩体有关的矽卡岩热液型金多金属矿床。根据成矿作用及成矿特征划分为“矽卡岩型”、“层间破碎带型”、“硅钙面型”、“脉型”、“残坡积型”等5个亚型。

其中最主要的成矿类型“矽卡岩型”, 笔者选取了红泥塘矿段主勘探线55线典型矿床进行综合分析, 简述如下。

该矿体分布于红泥塘矿段北衙组( $T_2b$ )碳酸盐岩与红泥塘石英正长斑岩体西接触带的矽卡岩中, 受红泥塘石英正长斑岩体西接触带控制, 空间上沿岩体接触带展布, 矿体对比连接依据岩体-蚀变-矿体三者关系, 首先圈连岩体及矽卡岩化带, 再连接矿体, 控矿特征及赋矿部位清楚, 矿化蚀变及岩性特征, 标志清晰。矿体以 Au、Pb、TFe 元素为主, 共伴生 Ag、Cu、Zn 等元素, 矿体延伸约 600 m, 其中金矿体单工程矿体

真厚 1.00~38.38 m, 平均 7.31 m, 厚度变化系数 142.25%, 为厚度不稳定的矿体; 单样金矿石品位一般  $0.27 \times 10^{-6}$ ~ $8.01 \times 10^{-6}$ , 最高为  $17.40 \times 10^{-6}$ , 单工程矿体平均品位  $0.54 \times 10^{-6}$ ~ $2.10 \times 10^{-6}$ , 矿体金平均品位  $1.41 \times 10^{-6}$ , 品位变化系数 142.68%, 为有用组分分布较均匀的矿体。铅矿体单工程矿体厚 1.06~37.37 m, 平均 9.00 m, 厚度变化系数 102.44%, 单工程平均铅品位 0.63%~1.96%, 矿体金平均品位 1.23%, 铅品位变化系数 71.43%, 属厚度变化较稳定、有用组份分布均匀的矿体。铁矿体单工程矿体厚 0.85~39.35 m, 平均 9.34 m, 厚度变化系数 141.92%, 单工程平均全铁品位 25.56%~40.31%, 矿体全铁平均品位 35.72%, 全铁品位变化系数 33.29%, 属厚度变化较复杂、有用组分分布均匀一较均匀的矿体<sup>[15-19]</sup>。

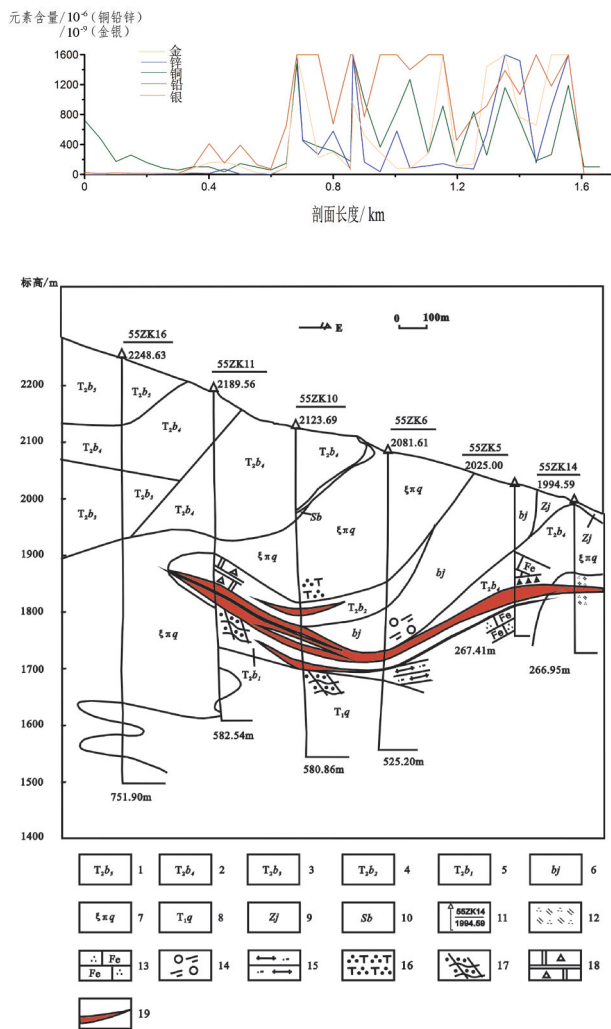


图2 55线地质、化探异常综合剖面图

1—白云质灰岩；2—铁化砂屑灰岩；3—蠕虫状含泥质灰岩；4—泥质细晶灰岩夹薄层状泥质条带灰岩；5—似角砾状灰岩夹长石砂岩；6—隐爆角砾岩；7—灰白色石英正长斑岩；8—砂岩；9—震碎角砾岩；10—角砾岩；11—钻孔编号及井深；12—石英二长斑岩；13—铁化砂屑灰岩；14—构造角砾岩；15—含砂砾粘土岩；16—石英正长斑岩；17—砂砾岩；18—角砾状大理化灰岩；19—矿体

Fig.2 Composite geological and geochemical section along No. 55 line

- 1—Dolomitic limestone; 2—Calcarenite vermicular limestone; 3—Argillaceous limestone; 4—Micrite; 5—Arkosic sandstone;
- 6—Cryptoexplosive breccia; 7—Quartz-syenite-porphiry; 8—Sandstone; 9—Shatter breccia; 10—Breccia; 11—Serial number and depth of drill hole;
- 12—Quartz-monzonite porphyry; 13—Calcarenite vermicular limestone; 14—Structural breccia; 15—Clay rock; 16—Quartz syenite porphyry;
- 17—Sandy conglomerate; 18—Dali limestone; 19—Ore

据文献[20]修改的55线岩石地球化学剖面图上(图2)可以看出, Au的异常主要与红泥塘岩体以西的外接触带、构造和笔架山的含铁质砂屑灰岩有关, Pb、Zn则主要产于红泥塘岩体以东的外接触带和笔架山的含铁质砂屑灰岩中。此外, Cu在玄武岩中的断裂破碎地段, 产生了相应的矿化, 并伴有Pb、Ag、Mo的异常。通过典型矿床地球化学剖面测量, 分析了元素异常, 直观的总结出Au、Pb、Zn、Ag元素是本区的主要找矿指标和异常元素组合, 为后续区域异常评价, 划分找矿远景区提供了依据。

### 5 找矿远景评价

#### 5.1 元素相关性

根据1:20万区域化探资料, 从区域上来说, 需要了解主攻矿种如Au、Pb、Zn等元素与其他元素的响应关系, 利用相关性分析, 可以大致了解元素间的组合伴生关系, 确定指示元素等。根据图3, 以欧氏距离18为标准时, 全区元素总体上可分为4组:

第一组: V、TFe、Co、Cu、Ti、Mn、P、Cr、Ni、Ca、MgO, 主要为一组与基性-超基性岩有关的元素, 其中可能含有碳酸盐化作用的产物。

第二组: SiO<sub>2</sub>、K<sub>2</sub>O、Ba、Sr、Na<sub>2</sub>O, 以造岩元素为主, 主要与区内的热接触蚀变有关。

第三组: 可以分为2个亚组, 第一亚组为Hg、W、Sb、As、F、Mo共5个元素, 其中Hg、Sb、As属于低温元素, 与W、Mo、F一起属于低、高温元素共存, 可能代表了不同成矿期次的叠加, 并非是一个期次的产物。第二亚组为Li、U、B、Th、Al、Be、Sn、Y、La等元素, 主要为一些稀有分散元素, 应与区内的岩浆活动和岩脉有关。

第四组: 同样可以分为2个亚组, 第一亚组为Nb、Zr, 是与岩浆与变质作用有关的分散元素; 第二亚组为Ag、Pb、Zn、Cd、Au, 这是一组主要成矿元素组合, 也是一组中-低温元素组合, 推测与接触交代型矿床有关。

总体看来, 各类元素组合显示了矿区2类重要的地质作用: 断裂构造和与岩浆作用; 矿区主要成矿元素组合为Ag、Pb、Zn、Cd、Au, 与矿区典型矿床成矿元素组合基本一致, 是该区主要地球化学找矿指标, 为区域异常评价提供参考依据。

### 5.2 元素地球化学特性

(1)主要成矿元素:利用水系沉积物测量结果,制作地球化学图(图4),可直观展示元素在矿区内的分布状态。现将主要成矿元素的分布特征描述如下:

该4个元素均具有明显的浓集中心和三级浓度分带。其中Au元素(图4-a)具有3个明显的浓集中心,由上到下分别位于北部的三营,东部的炭窑和中部的北衙。Pb、Zn、Ag(图4-b~d)元素的强异常中心主要集中在北衙,与Au异常中心重合,但异常范围较Au元素大。Ag、Pb、Zn元素在北衙中心的西南侧均有一个较弱的浓集中心,大致范围是马头湾—红泥塘,Au则只有高背景。同时,需要注意的是Au的北部异常中心亦有Ag的异常及Pb、Zn的高背景分布。

Cu元素(图4-e)的分布分配规律受到区内出露的峨眉山玄武岩影响。因此,可以用Cu/Ti(图4-f)值看作是Cu的异常分布。可见,扣除玄武岩的背景

影响后,Cu的异常中心与Ag、Pb、Zn三元素均不一致,其中心已经不在重点工区范围以内,其中一个中心大致位于红泥塘一带,另一个中心大致在锅盖山以南。

#### (2)指示元素

与Au元素相关性较好的As(图4-g)等元素,其异常中心主要位于Au异常中心的东北与西南两侧,不完全重合。

#### (3)矿化蚀变元素

位于北衙异常区的矿化蚀变元素Ba、Sr、SiO<sub>2</sub>、Na<sub>2</sub>O(图4-h~k)等,呈低背景分布,其中呈强负异常,显示出成矿时为带出元素。K<sub>2</sub>O(图4-l)元素异常位于Au异常中心的東西两侧,显示出带人特征,表明鲜明的钾化特点。这些元素在铺台山岩体范围内均呈异常和高背景分布,与北衙的岩体有明显区别。

综上所述,从区域上看来,主要元素在矿区呈现出明显的分带性,以北衙为例,从里到外依次为Au-Ag、Pb、Zn-K<sub>2</sub>O-As、Sb-Cu-Hg-Ba、Sr-SiO<sub>2</sub>-Na<sub>2</sub>O。

### 5.3 预测区评价

在整装勘查评价中,通过地层岩石地球化学浓度克拉克值及变异系数分析,获得本区地层对分散流异常没有干扰;通过岩浆岩体元素微量特征归纳了该区找矿标志为喜马拉雅期富碱斑岩体有关的矽卡岩热液型,寻找斑岩体与围岩接触带是直接找矿标志,Au、Ag、Pb、Zn等地球化学元素异常时寻找金矿铅锌矿的地球化学标志;通过元素相关性分析及典型矿床剖面的解剖,直观地找出找矿指标和异常元素组合依然是Au、Ag、Pb、Zn元素。因此,在北衙整装勘查区寻找富碱斑岩体及其周边Au、Ag、Pb、Zn异常区开展异常查证及多金属矿资源调查评价为今后区内找矿提供有益的科学信息。

(1)综合整装勘查区组合元素地球化学特征(图5),区内的一号预测区,该区域位于北衙金矿东北角炭窑村以北,出露地层有北衙组碳酸盐岩并有小范围正长斑岩,另外该地区褶皱、断裂较为发育,元素异常以Au、Ag为主,伴有As、Sb、Hg-W、Mo-B、F等组合异常特征,异常范围8 km<sup>2</sup>,异常区内Au的极大值为42.5×10<sup>-9</sup>。根据已知矿区的元素组合特征,该预测区具有较好的金矿、铅锌矿成矿潜力<sup>[21-26]</sup>。

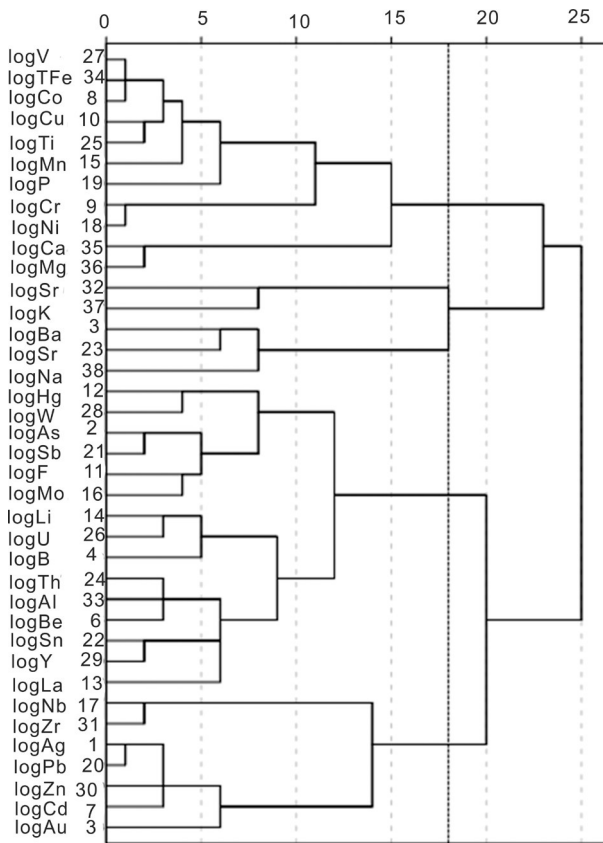


图3 研究区元素聚类分析树状图

Fig.3 Cluster analysis dendrogram of elements in the study area



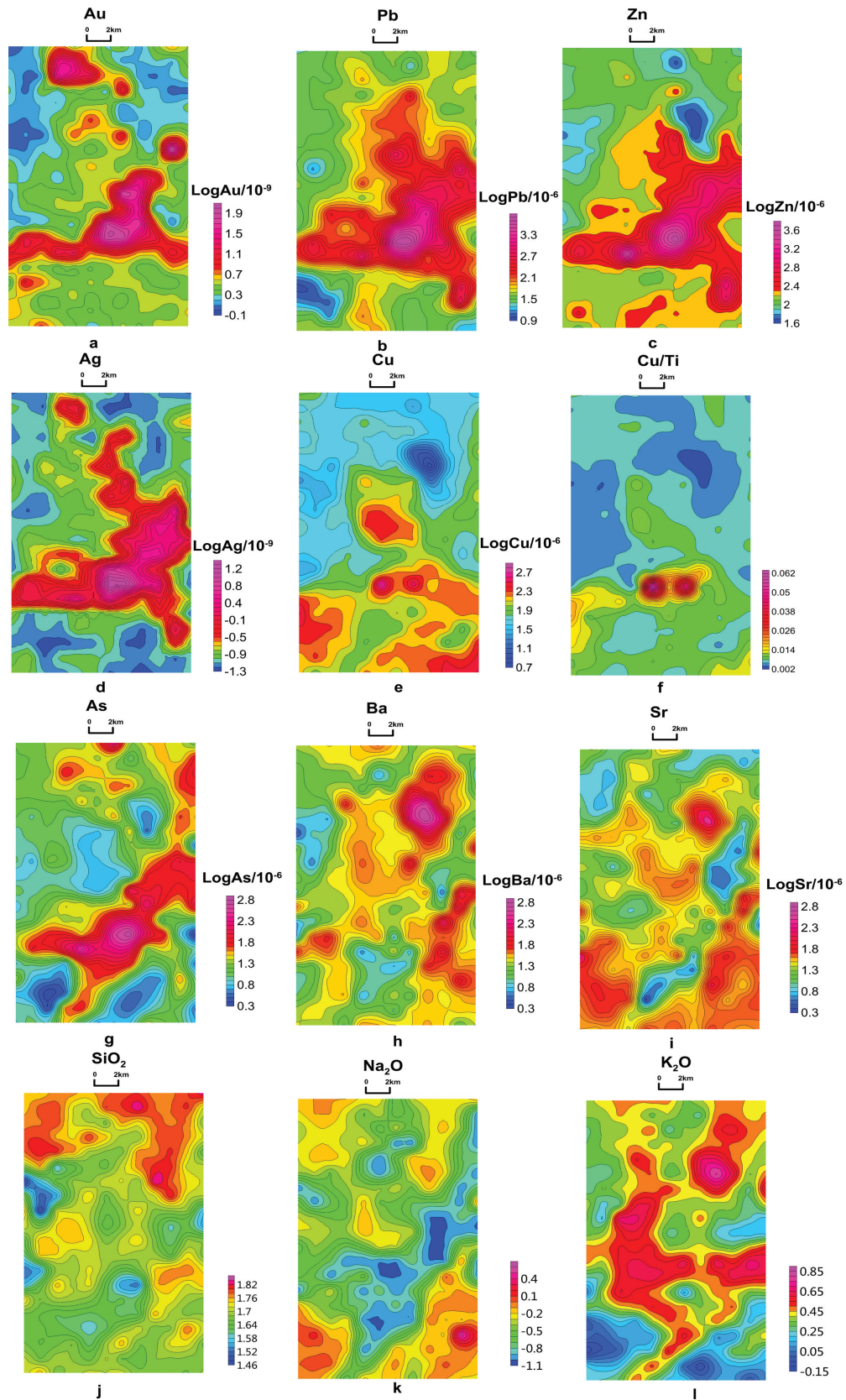


图4 研究区单元素地球化学图  
Fig.4 Single element geochemical map



(2)二号预测区位于整装勘查区北部底角马鞍山北部,出露地层主要有北衙组碳酸盐岩、青天堡组砂岩,其中该研究区控岩控矿断裂马鞍山断裂穿越该异常中心,异常形态其实可以看作是矿区主异常的北东向延伸,其为单点异常,Au的值为 $120 \times 10^{-9}$ ,但Pb、Zn、Ag、As、Sb、Hg、W、Mo、F等元素异常均有显示。另外以往在该预测区下部河流中有当地村民淘沙金,因此是寻找金矿的主要远景区<sup>[22-31]</sup>。

## 6 结论

(1)通过探讨元素在各个地层中的地球化学特征、成矿元素富集特征与矿产资源的关系,深化了该区地球化学认识,为云南北衙地区基础地质研究和成矿远景区划分提供了地球化学方面的资料和依据。

(2)根据典型矿床地质、地球化学特征,归纳了该区找矿标志为喜马拉雅期富碱斑岩体有关的矽卡岩热液型,寻找斑岩体与围岩接触带直接找矿标志,金、银、铅锌等地球化学元素异常时寻找金矿铅锌矿的地球化学标志。

(3)根据区域单元素Au、Ag、Pb、Zn、Cu地球化学特征以及组合元素异常特征结合成矿地质背景,指出了炭窑金矿、铅锌矿找矿靶区;马鞍山北部金矿找矿靶区,为北衙整装勘查区外围找矿提供了指导作用。

**致谢:**感谢云南黄金集团公司对本项目的支持,提供各种图件、材料;感谢和中华副总工程师、薛廉工程师在此次工作中给予的指导帮助;感谢审稿专家及编辑部杨艳老师对论文提出的宝贵修改意见。

### 参考文献(References):

- [1] 张学书. 滇西北衙红土型金矿特征及其找矿前景[D]. 昆明: 有色总公司西南地勘局, 2000.  
Zhang Xueshu. Metallogenesis of the Beiya Laterite Gold Deposit and its Prospecting, West Yunnan[D]. Kunming: Southwest Yunan Geoexploration Bureau, 2000 (in Chinese).
- [2] 徐兴旺, 蔡新平, 张宝林, 等. 滇西北衙金矿矿床类型与结构模型[J]. 矿床地质, 2007, 6(3): 249-253.  
Xu Xingwang, Cai Xinping, Zhang Baolin, et al. Genetic types and framework model of Beiya gold ore district in western Yunnan[J]. Mineral Deposits, 2007, 6(3): 249-253 (in Chinese with English abstract).
- [3] 晏俊灵, 江俊杰, 张娟, 等. 江西省东乡火山岩区成矿地质、地球化学特征及找矿潜力[J]. 物探与化探, 2012, 36(4): 534-538.  
Yan Junling, Jiang Junjie, Zhang Juan, et al. Metallogenic geological and geochemical characteristics and ore Prosepecting potential of Dongxiang volcanic area Jiangxi Province[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2012, 36(4): 534-538 (in Chinese with English abstract).
- [4] 安国英, 雷英凭, 代晓莉. 广西云开地区地球化学特征和找矿远景预测[J]. 物探与化探, 2012, 36(4): 539-545.  
An Guoying, Lei Yingping, Dai Xiaoli. Geochemical characteristics and metallogenic prosepecting areas in Yunkai area, Guangxi[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2012, 36(4): 539-545 (in Chinese with English abstract).
- [5] 万渝生, 黄增芳, 杨崇辉, 等. 河北平山湾子群夕线石英集合体的地质地球化学特征及成因[J]. 中国地质, 2003, 30(2): 151-158.  
Wan Yusheng, Huang Zengfang, Yang Chonghui, et al. Genetic diversity of sillimanite-quartz aggregates in the Wanzhi Group and related rocks at Pingshan, Hebei—Geological and geochemical

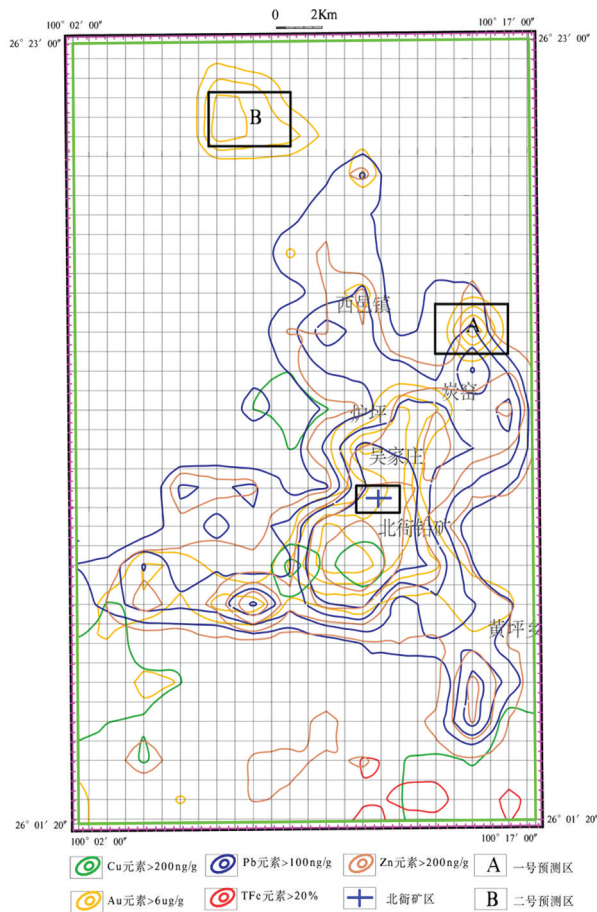


图5 研究区组合元素地球化学图  
Fig. 5 Combinational element geochemical map

- constraints[J]. *Geology in China*, 2003, 30(2): 151–158 (in Chinese with English abstract).
- [6] 刘光永,戴茂昌,祁进平,等.福建省紫金山铜金矿床原生晕地球化学特征及深部找矿前景[J].*物探与化探*,2014,21(3):434–440. Liu Guangyong, Dai Maochang, Qi Jinping et al. Geochemical characteristics of primary halos and ore-search prospecting in the depth of the Zijinshan copper-gold deposit, Fujian province[J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2014, 21(3): 434–440 (in Chinese with English abstract).
- [7] 陈永清,卢映祥,夏庆霖,等.云南保山核桃坪铅锌矿床地球化学特征与其成矿模式与找矿模型[J].*中国地质*,2005,32(1):90–99. Chen Yongqing, Lu Yingxiang, Xia Qinglin, et al. Geochemical characteristics of the Hetaoping Pb-Zn deposit, Baoshan, Yunnan, and its genetic model and ore prospecting pattern[J]. *Geology in China*, 2005, 32(1): 90–99 (in Chinese with English abstract).
- [8] 尤关进,何进忠.半干旱草原景观区鹿儿坝金矿的勘查地球化学特征[J].*物探与化探*,2010,34(3):298–302. You Guanjin, He Jinzhong. Character of geochemical exploration of the Luerba gold deposit in the semiarid grassland landscape area of Gansu Province[J]. *Geophysical & Geochemical Exploration*, 2010, 34(3): 298–302(in Chinese with English abstract).
- [9] 金灿海,范文玉,张海,等.云南卓玛铅锌矿床地球化学特征及矿床成因[J].*中国地质*,2013,32(6):1902–1911. Jin Canhai, Fan Wenyu, Zhang Hai, et al. Geochemical characteristics and genesis of the Zhuoma lead-zinc deposit in Yunnan Province[J]. *Geology in China*, 2013, 40(6): 1902–1911 (in Chinese with English abstract).
- [10] 燕长海,刘国印,宋锋,等.河南马超营—独树一带银铅锌成矿地质条件及找矿前景[J].*中国地质*,2002,36(3):305–310. Yan Changhai, Song Feng, Liu Guoyin, et al. Ore-forming geological conditions and ore prospects of silver-lead-zinc-gold deposits in the Maochaoying-Dushu area, Henan[J]. *Geology in China*, 2002, 30(3): 305–310 (in Chinese with English abstract).
- [11] 郑仁乔,段士刚,张作衡,等.新疆西天山阿克萨依铁矿床地质及地球化学特征[J].*矿床地质*,2014,33(2):255–270. Zheng Renqiao, Duan Shigang, Zhang Zuoheng, et al. Geological and Geochemical characteristics of Akesayi iron deposit in Western Tianshan Mountains, Xinjiang[J]. *Mineral Deposits*, 2014, 33(2): 255–270 (in Chinese with English abstract).
- [12] 李莹,吴昌雄,汤朝阳,等.湘西黔东地区铅锌矿床C、O同位素地球化学特征及其对成矿过程的指示[J].*中国地质*,2014,41(5):1608–1619. Li Kun, Wu Changxiong, Tang Chaoyang, et al. Carbon and oxygen isotopes of Pb-Zn ore deposits in western Hunan and eastern Guizhou Provinces and their implications for the ore-forming process[J]. *Geology in China*, 2014, 41(5): 1608–1619 (in Chinese with English abstract).
- [13] 邹灏,方乙,陈合毛,等.浙江天台盆地陈萤石矿稀土元素地球化学特征及成因[J].*中国地质*,2014,41(4):1375–1386. Zou Hao, Fang Yi, Chen Hemao, et al. REE geochemistry and genesis of the Xiachen fluorite deposit in Tiantai basin, Zhejiang Province[J]. *Geology in China*, 2014, 41(4): 1375–1386(in Chinese with English abstract).
- [14] 王喜龙,刘家军,翟德高,等.内蒙古林西边家大院银多金属矿床同位素地球化学特征及成矿物质来源与探讨[J].*中国地质*,2014,41(4):1288–1303. Wang Xilong, Liu Jiajun, Zhai Degao, et al. A study of isotope geochemistry and sources of ore-forming materials of the Bianjiadayuan silver polymetallic deposit in Linxi, Inner Mongolia [J]. *Geology in China*, 2014, 41(4): 1288–1303 (in Chinese with English abstract).
- [15] 吴涛涛,赵东芳,邵军,等.内蒙古比利亚谷铅银矿床地质地球化学特征及成因[J].*中国地质*,2014,41(4):1242–1252. Wu Taotao, Zhao Dongfang, Shao Jun, et al. Geological and geochemical characteristics and genesis of the Biliyagu lead-zinc-silver deposit, Inner Mongolia[J]. *Geology in China*, 2014, 41(4): 1242–1252 (in Chinese with English abstract).
- [16] 马顺清,陈静.黑龙江鹿鸣钼矿区花岗岩锆石年龄、地球化学特征及其地质意义[J].*中国地质*,2012,39(5):1162–1172. Ma Shunqing, Chen Jing. Geochronology and geochemistry of granite of the Luming molybdenum deposit in Heilongjiang and their geological significance[J]. *Geology in China*, 2012, 39(5): 1162–1172 (in Chinese with English abstract).
- [17] 孙卫志,张灯堂,孟宪锋,等.豫西矿集区Au、Mo地球化学块体分布特征及资源潜力分析[J].*中国地质*,2012,39(2):349–358. Sun Weizhi, Zhang Dengtang, Meng Xianfeng, et al. Characteristics of Au and Mo geochemical blocks and an analysis of resource potential in the west Henan ore concentrated area[J]. *Geology in China*, 2012, 39(2): 349–358 (in Chinese with English abstract).
- [18] 齐钊宇,张志,祝新友,等.湖南黄沙坪钨钼多金属矿床矽卡岩地球化学特征及其地质意义[J].*中国地质*,2012,39(2):338–348. Qi Fanyu, Zhang Zhi, Zhu Xinyou, et al. Skarn geochemistry of the Huangshaping W-Mo polymetallic deposit in Hunan and its geological significance[J]. *Geology in China*, 2012, 39(2): 338–348 (in Chinese with English abstract).
- [19] 王军,聂风军,刘勇.东准噶尔蒙古西斑岩型铜钼矿床地质地球化学特征及地质意义[J].*中国地质*,2010,37(4):1151–1161. Wang Jun, Nie Fengjun, Liu Yong. Geological and geochemical characteristics and geological implications of the Mengxi porphyry copper-molybdenum deposit in East Junggar region[J]. *Geology in China*, 2010, 37(4): 1151–1161 (in Chinese with English abstract).
- [20] 杨剑,王绪本,王永华,等.电、磁综合方法在云南北衙铁金矿勘

- 查中的应用[J]. 中国地质, 2014, 41(2): 602-610.
- Yang Jian, Wang Xuben, Wang Yonghua, et al. The application of integrated geophysical methods of magnetic survey and AMT to the exploration of the Beiya gold deposit[J]. *Geology in China*, 2014, 41(2): 602-610 (in Chinese with English abstract).
- [21] 王瑞廷, 王向阳, 任涛, 等. 山阳—柞水矿集区斑岩-矽卡岩型多金属矿床找矿方法组合研究. [J]. 岩石学报, 2015, 31(1): 245-260.
- Wang Ruiting, Wang Xiangyang, Ren Tao, et al. Study on exploration methods combination for porphyry and skarn type metal ore deposit in Zhashui Shanyang concentration area[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2015, 31: 245-260(in Chinese with English abstract).
- [22] 杨一增, 龙群, 胡焕婷, 等. 越南西北部莱州地区新生代煌斑岩地球化学特征及其成因[J]. 岩石学报, 2013, 29(3): 899-911.
- Yang Yizeng, Long Qun, Hu Huanting, et al. Geochemical characteristics and origin of lamprophyre in the Laichau area, northwestern Vietnam[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2013, 29(3): 899-911(in Chinese with English abstract).
- [23] 李文昌, 王可勇, 尹光侯, 等. 滇西北红山铜矿床成矿流体地球化学特征及矿床成因[J]. 岩石学报, 2013, 29(1): 270-282.
- Li Wenchang, Wang Keyong, Yin Guanghou, et al. Geochemical characteristics of ore-forming fluids and genesis of Hongshan copper deposit in northwestern Yunnan Province[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2013, 29(1): 270-282 (in Chinese with English abstract).
- [24] 李通国, 李文胜, 刘建宏, 等. 矿床地球化学预测方法——以甘肃省地球化学块体为例[J]. 中国地质, 2003, 30(2): 192-198.
- Li Tongguo, Li Wensheng, Liu Jianhong, et al. Geochemical prognosis method of mineral deposits: A case study of the geochemical block in Gansu[J]. *Geology in China*, 2003, 30(2): 192-198 (in Chinese with English abstract).
- [25] 王力, 孙丰月, 王佳良. 山东金岭金矿床成矿流体地球化学特征[J]. 岩石学报, 2010, 26(12): 3735-3742.
- Wang Li, Sun Fengyue, Wang Jialiang. Geochemical characteristics and origin of lamprophyre in the Laichau area, northwestern Vietnam[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2010, 26(12): 3735-3744(in Chinese with English abstract).
- [26] 黄华, 张连昌, 刘显凡, 等. 霍邱矿田李老庄铁矿地质与地球化学特征及对沉积环境的指示[J]. 岩石学报, 2013, 29(7): 2593-2605.
- Huang Huan, Zhang Lianchang, Liu Xianfan, et al. Geological and geochemical characteristics of the Lee Laozhuang iron mine in Huoqiu iron deposit: Implications for sedimentary environment[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2013, 29(7): 2593-2605 (in Chinese with English abstract).
- [27] 杨伟寿, 胡正文, 何德润. 四川甘孜—理塘断裂带中段阿加隆洼金矿床地球化学找矿模式[J]. 中国地质, 2007, 34(1): 123-131.
- Yang Weishou, Hu Zhengwen, He Deren. Geochemical model for mineral prospecting of the Ajialongwa gold deposit in the central segment of the Garzê-Litang fault zone in Sichuan[J]. *Geology in China*, 2007, 34(1): 123-131 (in Chinese with English abstract).
- [28] 杨进朝, 冯胜斌, 彭翼, 等. 豫西嵩县上庄坪铅锌银矿床地球化学特征及地质意义[J]. 中国地质, 2008, 35(2): 305-313.
- Yang Jinchao, Feng Shengbin, Peng Yi, et al. Geochemical characteristics of the Shangzhuangping Pb-Zn-Ag deposit in Songxian County, western Henan, and its geological significance[J]. *Geology in China*, 2008, 35(2): 305-313 (in Chinese with English abstract).
- [29] 王忠. 内蒙古陈家杖子隐爆角砾岩型金矿床地质特征及找矿方向[J]. 中国地质, 2004, 31(2): 206-212. Wang Zhong. Geological characteristics of the Chenjiazhangzi cryptoexplosive breccia-type gold deposit, Inner Mongolia and direction in mineral prospecting[J]. *Geology in China*, 2004, 31(2): 206-212 (in Chinese with English abstract).
- [30] 刘洪滔, 李家盛, 晏建国. “三江”中南段综合信息找矿模型及找矿方向[J]. 中国地质, 2008, 35(1): 101-110.
- Liu Hongtao, Li Jiasheng, Yan Jianguo. Integrated information ore-finding model and direction in the south-central segment of the “Sanjiang metallogenic belt”, southwestern China[J]. *Geology in China*, 2008, 35(1): 101-110 (in Chinese with English abstract).
- [31] 牛翠祎, 王科强, 李绍儒. 滇黔桂成矿区金矿资源预测评价[J]. 中国地质, 2011, 38(6): 1576-1583.
- Niu Cuiyi, Wang Keqiang, Li Shaoru. Prediction and evaluation of gold resources in the Yunnan-Guizhou-Guangxi metallogenic area[J]. *Geology in China*, 2011, 38(6): 1576-1583 (in Chinese with English abstract).