

DOI:10.19948/j.12-1471/P.2024.03.06

王跃堃,李进,龙文平,李军兴,李腾飞. 2024. 老挝色贡省达真地区水系沉积物测量地球化学特征及找矿远景[J]. 华北地质, 47(3):54-62.

Wang Yuekun, Li Jin, Long Wenping, Li Junxing, Li Tengfei. 2024. Geochemical characteristics and prospecting potential analysis based on stream sediments survey in Dakcheung, Xekong province, Laos[J]. North China Geology, 47(3):54-62.

# 老挝色贡省达真地区水系沉积物测量 地球化学特征及找矿远景

王跃堃<sup>1</sup>, 李进<sup>2</sup>, 龙文平<sup>2</sup>, 李军兴<sup>2</sup>, 李腾飞<sup>2</sup>

(1. 中国地质调查局西安矿产资源调查中心, 西安 710100; 2. 中国冶金地质总局西北地质勘查院, 西安 710119)

**摘要:**【研究目的】老挝色贡达真地区位于老挝南部成矿元素地球化学预测区,成矿潜力优越。对该区开展地球化学测量工作,缩小找矿靶区,为下一步地质找矿提供依据。【研究方法】基于1/5万水系沉积物地球化学测量,分析了19种元素,统计了各元素分布情况及特征参数,总结了元素离散富集规律、元素组合特征及其与成矿地质条件的关系,初步探讨了元素在不同地层(地质体)的分布情况。【研究结果】研究认为: Au、Sn和Pb元素为研究区主成矿元素, Au元素在绢云母片岩和黑云母花岗岩中富集和离散程度高, Sn元素在绢云母片岩中富集和离散程度较高, Pb元素在黑云母花岗岩中富集和离散程度较高。【结论】结合成矿地质条件、地球化学特征,共圈定10处地球化学综合异常,在综合研究的基础上划分出了3处找矿远景区。通过开展异常查证工作,最终优选出HS8综合异常,圈定达珑(DaLong)成矿远景区具较大成矿潜力,为下一步地质找矿工作提供依据。

**关键词:**成矿远景区;地球化学特征;水系沉积物;老挝达真

**创新点:**探讨了元素在不同地层(地质体)的分布情况,圈定了3处找矿远景区。

中图分类号:P632.1

文献标识码:A

文章编号:2097-0188(2024)03-0054-09

## Geochemical characteristics and prospecting potential analysis based on stream sediments survey in Dakcheung, Xekong province, Laos

WANG Yuekun<sup>1</sup>, LI Jin<sup>2</sup>, LONG Wenping<sup>2</sup>, LI Junxing<sup>2</sup>, LI Tengfei<sup>2</sup>

(1. Xi'an Center of Mineral Resources Survey, China Geological Survey, Xi'an 710100, China; 2. Northwest Geological Exploration Institute of China Metallurgical Geology Bureau, Xi'an 710119, China)

**Abstract:** This paper is the result of geochemistry research.

**[Objective]** The Sekong Dakcheun area in Laos is located in the geochemical prediction zone of mineralizing elements in southern Laos, with superior mineralization potential. Geochemical exploration are carried out in this area to narrow down the target area for mineralization and provide a basis for the next geological prospecting. **[Methods]** Based on the geochemical exploration of 1/50 000

收稿日期:2024-04-17

基金项目:中国冶金地质总局西北地质勘查院项目“老挝色贡省达真地区金矿勘查”(HT202001)

作者简介:王跃堃(1992-),男,工程师,2018年毕业于兰州大学,地球化学专业,现从事地球化学勘查工作, E-mail: wangyuekun1992@126.com.

stream sediments, 19 elements were analyzed, the distribution of each element and its characteristic parameters were statistically analyzed, the discrete and enrichment patterns of the elements, the characteristics of the element combinations and their relationship with the geological conditions of mineralization were summarized, and the distribution of the elements in the different stratigraphic layers (geologic bodies) was preliminarily investigated. **[Results]** The study concludes that Au, Sn and Pb are the main metallogenic elements in the study area, element Au is highly enriched and discrete in sericite schist and biotite granite, Sn is more enriched and discrete in sericite schist, and Pb is more enriched and discrete in biotite granite. **[Conclusions]** Combined with the geological conditions and geochemical characteristics of mineralization, 10 geochemical anomalies have been identified, and 3 prospecting areas have been divided on the basis of the comprehensive study. The anomaly verification work was carried out, and the HS8 comprehensive anomalies were finally selected to define the DaLong mineralization prospective area as having a large mineralization potential, which will provide a basis for the next stage of the geological prospecting work.

**Key words:** prospecting target area; geochemical characteristics; stream sediment; Dakcheung Laos

**Highlights:** The distribution of the elements in different strata (geologic bodies) was discussed, and three prospecting areas were identified.

**About the first author:** Wang Yuekun, male, born in 1992, engineer, graduated from Lanzhou University in 2018, major in Geochemistry, engaged in geochemical exploration, E-mail:wangyuekun1992@126.com.

**Fund support:** Supported by the project of "Exploration for gold in Dakcheung District, Xekong Province, Laos" (No. HT202001)

老挝是东南亚成矿带的重要组成部分(杨青松等, 2022; 王玮等, 2020), 矿产资源丰富(杨卓龙等, 2017; 朱延浙等, 2014; 马树洪等, 2010; 吴良士, 2009), 目前已发现有金、铜、铅、锌、钼、铋等 20 余种矿产(吕亮等, 2022; 卢见昆等, 2020; 贾润幸等, 2014; 薛静等, 2009)。水系沉积物地球化学测量在地质找矿方面具有较高的效率(樊新祥等, 2022; 孙社良等, 2018; 张江苏等, 2016)。前人通过 1/100 万国家尺度填图将达真地区划归在南部成矿元素地球化学预测区(王玮等, 2020), 认为该区有较大成矿潜力, 但未进行进一步工作。本文对达真地区开展 1/5 万水系沉积物测量工作, 分析了 19 种元素, 通过数据处理和分析, 探讨了元素的共生组合和富集规律, 初步阐明了元素在不同地质体(地质单元)的分布情况, 结合成矿地质条件及地球化学特征, 圈定地球化学综合异常; 在综合研究的基础上划分出了找矿远景区, 为该区寻找金等多金属矿床提供依据。

## 1 地质概况

研究区地处老挝南部波罗芬高原北东侧, 总体地貌特征“山间高地-山间谷地”, 地势东南、西北高, 中间低, 海拔 950 ~ 1 760 m, 面积 143 km<sup>2</sup>; 研究区为热带季风气候, 年降雨量在 3 742 mm 以上, 年

平均气温约 20℃。区内一、二级水系发育, 密度大, 多为树枝状、羽毛状和放射状等。

区内出露一套中寒武-下奥陶统地层夹中二叠统地层(图 1), 发育绢云母片岩、绢云母石英片岩及少量长石石英砂岩。区内岩浆岩以二叠纪-早三叠世黑云母花岗岩为主, 夹少量深灰色闪长岩。东北部花岗岩体规模较大, 约 25 km<sup>2</sup>, 与地层呈侵入接触关系, 南部有小规模花岗岩, 呈岩脉状侵入地层。区内断裂构造发育简单, 以近南北向为主。

## 2 样品采集与分析

根据本区地球化学景观特征, 采用水系沉积物地球化学测量方法, 采样粒级-40 目。研究区采样点主要布设在 I 级水系口和分支水系上, 当一级水系长度大于 500 m 时, 增加样点布设, 在二级水系中布设少量点位。采样部位选择在水流变缓地段各种粒级易于汇集处, 使样品中各粒级比例处于自然混合状态; 采样介质为代表汇水域基岩的物质成分, 以细砂、粉砂为主; 难以采集水系沉积物时, 在汇水域两侧 3 ~ 5 点采集残坡积土壤代替。所采原始样品, 重量满足晒干过筛后取-40 目粒级 300 g 以上。本次工作覆盖面积约 143 km<sup>2</sup>, 实际采样 749 件, 平均采样密度为 5.24 件/km<sup>2</sup>。样品测试由华北有色地质勘查局燕郊中心实验室承担, 共分析 Au、

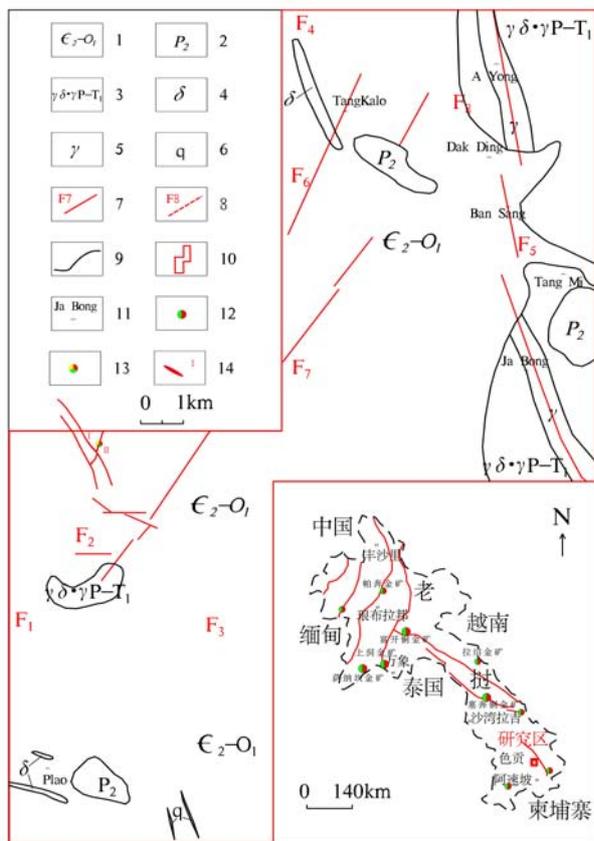


图1 老挝达真地区构造地质简图(据赵延朋等,2013,修编)  
Fig.1 Tectonic-geologic sketch of Dakcheung, Laos  
(modified after Zhao et al., 2013)

1. 中寒武-下奥陶统: 绢云母片岩、绢云母石英片岩、变质砂岩  
2. 中二叠统: 长石石英砂岩、粉砂岩; 3. 二叠纪-早三叠世中细粒黑云母花岗岩、花岗闪长岩; 4. 闪长岩; 5. 中粗粒花岗岩; 6. 石英脉; 7. 实测断层及编号; 8. 推测断层及编号; 9. 地质界线; 10. 工作区范围; 11. 村庄; 12. 金矿床; 13. 沙金点; 14. 金矿化带

Ag、Cu、Pb、Zn、Mn、As、Sb、Hg、Bi、Co、Ni、Cr、W、Sn、V、Mo、Be、Ti 共 19 种元素。分析质量严格按《地球化学普查规范》(DZ/T0011-2015) 执行。各元素报出率均为 96% 以上, 每个分析批次标准物质测定的对数误差平均值和标准偏差的批次合格率均为 100%, 各元素标准物质单次测定合格率均为 100%, 外部监控样单次测定各元素合格率均大于 90%。具体分析方法及检出限见表 1。

### 3 地球化学特征

#### 3.1 元素富集离散特征

地球化学参数是研究元素分布分配、富集离散

表 1 19 种元素分析方法及检出限  
Table 1 Analysis methods and detection limits  
of 19 elements

元素	测试方法	要求检出限/ $10^{-6}$	方案检出限/ $10^{-6}$
Ag	ES	0.03	0.02
As	AFS	1	0.8
Au	GF-AAS	0.000 3	0.000 3
Bi	ICP-MS	0.1	0.03
Cu	ICP-AES	1.5	1.0
Zn	ICP-AES	15	5
Pb	ICP-AES	5	1.5
Sn	ES	1	0.8
Sb	AFS	0.2	0.08
Mo	ICP-AES	0.5	0.3
Co	ICP-AES	1	1.0
W	ICP-MS	0.5	0.3
Ni	ICP-MS	3	1.0
Cr	ICP-AES	15	3.0
Mn	ICP-AES	30	10
V	ICP-AES	20	5.0
Be	ICP-AES	1	0.40
Hg	AFS	0.000 5	0.000 5
Ti	ICP-AES	100	100

注: ICP-MS: 电感耦合等离子体质谱; ICP-AES: 电感耦合等离子体发射光谱; AFS: 原子荧光光谱; ES: 发射光谱; GF-AAS: 无火焰原子吸收。

规律的重要参考依据(王占彬等, 2020; 宋贺民等, 2014; 董毅等, 2009)。其中, 变化系数为水系沉积物元素含量标准差与平均值的比值, 其反映了元素含量的相对离散程度(梁东等, 2023; 陈巧妹等, 2019)。本区浓集系数为工作区水系沉积物元素含量平均值与中国南部地区水系沉积物元素含量平均值(伦知颖等, 2015)的比值。数据处理使用 SPSS 软件。统计得出了该区 19 种元素原始数据集的特征参数: 样品数(N)、最小值( $C_{\min}$ )、最大值( $C_{\max}$ )、平均值( $\bar{x}$ )、标准离差(s)、变异系数( $C_v$ )、浓集系数( $K_k$ )等, 详见表 2。

通过迭代循环剔除  $X \pm 3s$  的极值数据, 得到平均值( $x_0$ ), 异常下限理论值  $T = x_0 + 2s$ 。依据上述计算结果, 综合考虑工作区的地质背景、成矿地质条件, 结合本区地球化学特征, 最终确定异常下限实际值(王占彬等, 2020; 严新砾等, 2019; 迟清华和鄢明才, 2007)。

在 GeoChem Studio 中对数据进行网格化处理, 网格单元间距  $D_x$ ,  $D_y$  均为 300 m, 计算模型采用距离幂函数反比加权模型, 其中数据搜索模式采用圆

表2 研究区主要元素地球化学参数特征表

Table 2 Characterization of geochemical parameters of major elements in the study area

元素	样品数 (N)	最小值 (min)	最大值 (max)	平均值 ( $\bar{x}$ )	标准离差 (S)	变化系数 (Cv)	富集系数 (KK)	中国南部区域 背景值	异常下限 (T)
Au	749	0.3	359	3.98	18.24	4.59	2.21	1.8	3
Sn	749	1.35	500	4.77	23.41	4.91	1.33	3.6	5
Sb	749	0.08	30.5	1.12	1.71	1.53	1.05	1.07	2.5
As	749	0.72	203	10.15	16.25	1.6	0.77	13.1	20
W	749	0.3	33.8	1.59	1.81	1.14	0.76	2.1	3
Ti	749	317	20 000	3 443	3 692	1.07	0.75	4 600	6 500
Mo	749	0.3	5.51	0.7	0.43	0.61	0.63	1.12	1.5
Cr	749	2	1020	38.1	78.23	2.05	0.57	67	50
Bi	749	0.03	2.36	0.22	0.28	1.24	0.56	0.39	0.4
Pb	749	1.21	2 000	14.7	73.65	5.02	0.46	32	20
Cu	749	1.16	145	11.3	11.42	1.01	0.45	25	20
V	749	3.2	610	38.89	44.13	1.14	0.43	91	60
Be	749	0.4	4.32	0.94	0.59	0.63	0.43	2.2	2
Ag	749	0.02	0.22	0.03	0.02	0.55	0.36	0.08	0.04
Co	749	1.03	54	4.71	5.7	1.21	0.35	13.3	10
Mn	749	18.1	5 441	262	388.5	1.48	0.34	766	550
Hg	749	7	486	24.8	31.36	1.27	0.33	75	40
Zn	749	5.22	359	27	23.52	0.87	0.33	81	50
Ni	749	1.01	191	7.46	10.82	1.45	0.26	29	12

注:Au、Hg元素含量单位为 $10^9$ ,其它元素为 $10^6$

域搜索,半径为1 478 m。根据以上方法对数据进行网格化处理后在GeoChem Studio中以等值线图生成地球化学图。地球化学图的编制采用累积频率的分级方法,按累积频率0.5%,2.5%,5%,8%,15%,22%,30%,39%,50%,61%,70%,78%,85%,92%,95%,97%,98.5%,99.5%,100%所对应的含量划分成19级。

由表2可以看出:Au、Pb、Cr、Sn等4种元素变化系数大于2,为极不均匀分异元素;Ag、Zn、Be、Mo等4种元素变化系数小于1,为弱分异元素;Cu、Co、Cr、Ni等其它11种元素变化系数在1~2之间,为不均匀分异元素;Au元素富集系数大于2,为强富集元素;Sb、Sn元素富集系数在1~2之间,为富集元素,As、Ag、Cu、Pb、Zn等其它16种元素富集系数都小于1,为贫化元素。

综合来看,Au元素变化系数和富集系数都很大,Sn元素变化系数和富集系数较大,Pb元素虽然富集系数小于1,但是变化系数很大,这3种元素属于极不均匀分异元素,为工作区主要成矿元素。Au元素地球化学图如图2。

### 3.2 不同地质单元地质体中的元素特征

以各元素在不同地质单元和地质体的特征来

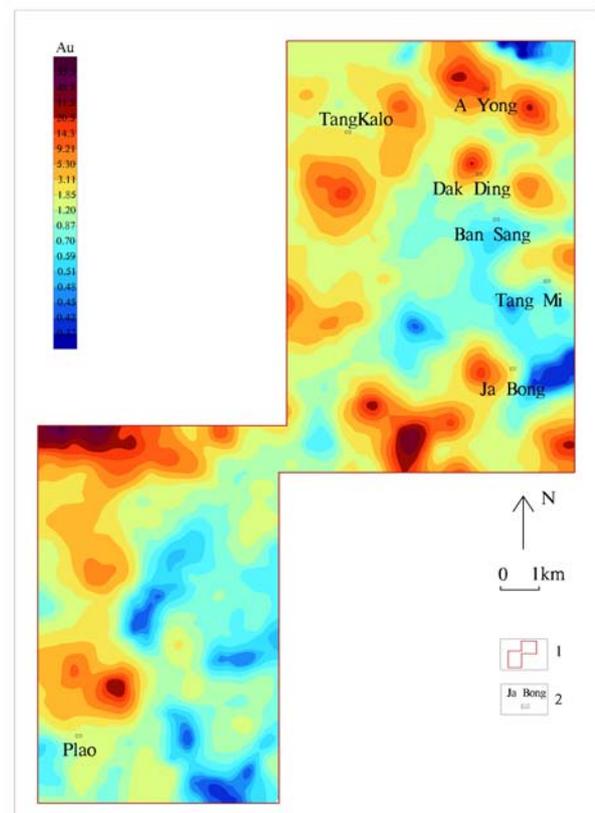


图2 研究区Au元素地球化学图

Fig.2 Geochemical map of Au in the study area

1.工作区范围; 2.村庄

讨论其在地质单元中和地质体的分布规律,探讨可能与地质成矿有关的地球化学现象(陈力子等,2015)。由于长石砂岩中仅有4件样品,闪长岩脉中仅有12件样品,样品数太少(少于30件),统计意义不大,因此,将其分别归并到中寒武统-下奥陶统( $\epsilon_2-O_1$ )绢云母石英片岩和二叠纪-早三叠世( $\gamma\delta-\gamma P-T_1$ )黑云母花岗岩中进行统计。从研究区不同地层地质体样品的地球化学参数统计结果(表3)可以看出:工作区绢云母片岩中Au、Sn等2种元素富集系数和变化系数(图3)都较大,黑云母花岗岩中Au、Pb等2种元素富集系数和变化系数都较大。

### 3.3 元素组合特征

利用全区水系沉积物19种元素数据进行R型聚类分析(罗先熔等,2007;戴慧敏等,2010),分析元素组合与地质构造背景的依存关系(梁东等,2023;何艳红等,2015;宋建中等,2014;刘志坚等,2013),在 $\alpha=0.505$ 的相关水平上,全区元素基本可分为三类(图4):Cr、Ni、Ti、Co、Mn、Zn、V、Cu等8种元素归为一类,反映了与基性岩有关的一套元素组合;As、Ag、Be、Bi等4种元素归为一类,反映了与碱性花岗岩热液活动有关的一套元素组合;Au、Pb、W、Mo、Sn、Hg、Sb等7种元素相关性较小,尤其是

Au、Pb元素和其它元素基本无相关性,反映了多期次热液活动和Au、Pb独立成矿成晕的特点。

因子分析是把多个变量的原始数据进行整理、归纳、提炼,通过对数据降维方法,从变量中提取公用因子,来分析研究各元素地质成因所获得的共生组合关系(张伟等,2023;李天虎等,2022;徐云峰等,2021;罗先熔等,2007;时艳香等,2004;吴锡生等,1994)。通过因子分析,将具错综复杂关系元素的原始变量归结为少数几个综合因子(徐云峰,2014)。按特征值大于1提取7个因子,其累积百分比为77.3%,说明该7个因子能提供原始测试数据大多数信息,可以代表19个成矿元素原始变量的变化,因此视该7个因子为主要因子,其特征参数如表4所示。

从表4可以看出: $F_1$ 因子中变量元素为Cu、Zn、Cr、Co、Ni、Mn、V、Ti、Bi, $F_2$ 因子中变量元素为Ti、Bi、As,说明 $F_1$ 、 $F_2$ 因子主要受与基性岩有关的热液活动影响较大; $F_3$ 因子中变量元素为Sn、Hg,说明 $F_3$ 因子主要受多期次热液活动影响较大; $F_4$ 因子中变量元素为Sb,说明 $F_4$ 因子主要受低温热液活动影响较大; $F_6$ 因子中变量元素有W, $F_6$ 因子主要受高温热液活动影响较大; $F_5$ 因子中变量元素有Au, $F_7$ 因子中

表3 研究区地层及地质体中元素地球化学参数特征表

Table 3 Characterization of elemental geochemical parameters in strata and geological bodies in the study area

地质单元 参数	绢云母片岩(N:590)					黑云母花岗岩(样品数:159)					背景值
	X	M	S	C <sub>v</sub>	K <sub>k</sub>	X	M	S	C <sub>v</sub>	K <sub>k</sub>	
Au	3.91	0.95	18.12	4.63	2.17	4.23	0.68	18.77	4.43	2.35	1.8
Ag	0.03	0.025	0.017	0.574	0.36	0.028	0.023	0.012	0.441	0.34	0.083
Cu	12.54	9.24	12.35	0.98	0.5	6.62	6.18	4.16	0.63	0.26	25
Pb	10.77	7.14	14.13	1.31	0.34	29.72	12.3	159.6	5.37	0.93	32
Zn	28.25	20.9	25.46	0.9	0.35	22.29	18.7	12.58	0.57	0.28	81
Co	5.04	2.88	6.17	1.23	0.38	3.43	2.52	2.95	0.86	0.26	13.3
Ni	8.22	5.27	11.87	1.44	0.28	4.55	3.72	3.82	0.84	0.16	29
Cr	41.89	23.2	85.44	2.04	0.63	23.39	16.4	36.07	1.54	0.35	67
Mn	268	145	422	1.57	0.35	239	171	211	0.88	0.31	766
V	42.15	27.9	47.57	1.13	0.46	26.3	19.4	23.1	0.88	0.29	91
Ti	3543	2339	3906	1.1	0.77	3055	2187	2681	0.88	0.66	4 600
Be	0.98	0.76	0.63	0.65	0.44	0.81	0.73	0.37	0.45	0.37	2.2
As	11.4	6.02	17.57	1.54	0.87	5.3	2.65	7.91	1.49	0.4	13.1
Sb	1.21	0.7	1.84	1.52	1.13	0.76	0.42	0.99	1.3	0.71	1.07
Hg	25.03	19	28.96	1.16	0.33	23.66	17	39.35	1.66	0.32	75
W	1.67	1.17	1.97	1.19	0.8	1.3	1.15	0.88	0.68	0.62	2.1
Mo	0.74	0.65	0.44	0.6	0.66	0.56	0.43	0.34	0.6	0.5	1.12
Sn	5.01	2.57	26.25	5.24	1.39	3.85	3.6	1.54	0.4	1.07	3.6
Bi	0.24	0.14	0.3	1.23	0.62	0.16	0.11	0.17	1.08	0.41	0.39

注: $\bar{x}$ 为平均值,M为中位数,S为标准离差,C<sub>v</sub>为变化系数,K<sub>k</sub>为浓集系数,Au、Hg元素含量单位为 $10^{-9}$ ,其它元素为 $10^{-6}$

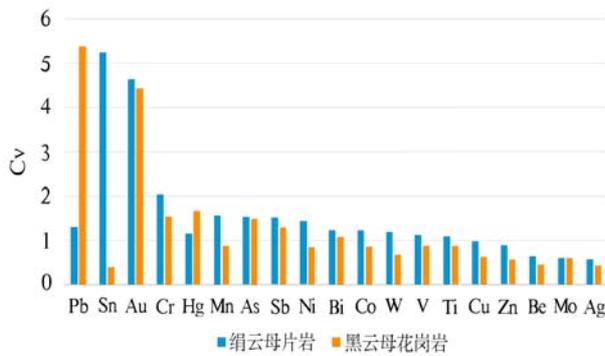


图3 研究区地层地质体中元素变化系数

Fig.3 Elements change coefficient in the stratigraphic geological body of the study area

表4 因子分析特征参数统计表

Table 4 Characteristic parameters of factor analysis

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>
Co	0.876 5						
Cu	0.850 5	-0.320 2					
V	0.850 5	-0.320 2					
Zn	0.818 8	-0.472 3					
Pb	0.049 6						0.965 6
Mn	0.798 1	-0.357 8					
Ni	0.734 1				0.322 1		
Cr	0.624 3	0.323 6			0.4		
Ti	0.615 9	-0.599 6					
Bi	0.514 9	0.657 7					
As	0.485 3	0.570 7					
Be	0.460 2	0.68					
W	0.407 9	0.387 6	0.331 6			-0.515 3	
Mo				0.669			
Sn			0.736 2				
Ag	0.578 5	0.4452					
Sb				0.700 8			
Hg	0.348 9		0.721 7			0.443 9	
Au					0.934 9	0	
特征根	6.301 3	2.68	1.325 9	1.266 5	1.044 2	1.041 3	1.028 6
特征根百分比/%	33.16	14.11	6.98	6.67	5.5	5.48	5.41
累积百分比/%	33.16	47.27	54.25	60.91	66.41	71.89	77.3

变量元素为Pb, F<sub>5</sub>、F<sub>7</sub>因子分别反映了Au、Pb独立成矿成晕的特征。

在因子-载荷分布图(图5)中,元素间及元素与因子轴的亲疏关系比较明确, Cr、Ni、Ti、Co、Mn、Zn、V、Cu、Pb、Sb元素,反映了与基性岩有关的一套元素组合;As、Ag、Be、Bi、W元素,反映了与碱性花岗岩热液活动有关的一套元素组合。因子分析结果与R型聚类分析结果相近。

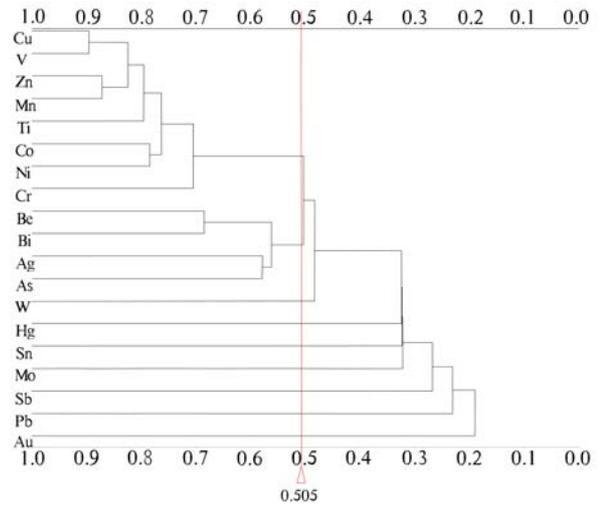


图4 研究区元素R型谱系图

Fig.4 R - cluster analysis diagram of elements in the study area

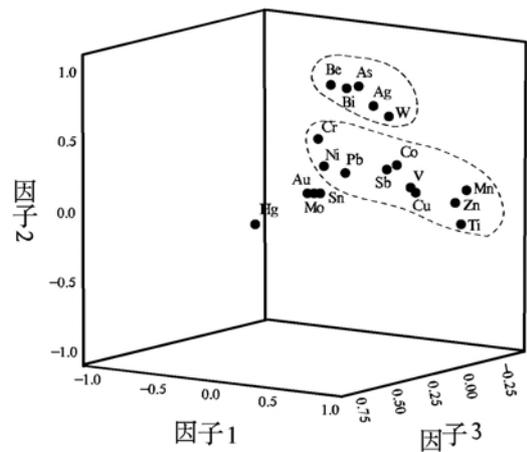


图5 因子-载荷分布图

Fig.5 Factor-Load distribution plot

## 4 综合异常及远景区划分

### 4.1 元素组合特征

对研究区19种元素地球化学特征和异常元素组合特征进行分析,以空间位置的重叠及成因上的共生关系为基本原则(张伟等,2023;翟培英等,1987),选择套合性好的元素异常,勾绘综合异常。对全区异常组合差的单点异常及成矿地质条件差的异常,进行选择性别除;对个别分布面积较大的综合异常,根据地形地质条件情况,在其相互连接薄弱处人工分割。最终本区共圈定各单元素地球

化学异常91处,圈定综合异常10处,其中乙类异常8处(包括乙<sub>2</sub>类综合异常3处,乙<sub>3</sub>类异常5处),丙类异常2处(图6)。

#### 4.2 找矿远景区

根据元素地球化学特征、地质单元(地质体)含矿性及综合异常评价,结合区内已发现的矿化线索等成矿地质背景,在研究区划分了3个找矿远景区,通过异常查证、结合区内成矿情况,认为达珑(DaLong)成矿远景区找矿潜力较好。

达珑成矿远景区:位于达珑村(DaLong)东北部区域,面积约6 km<sup>2</sup>。区内1/5万水系沉积物测量HS-8号异常中,主要以Au、Pb元素异常为主,伴有Sn、Mn、As、Sb、Hg、W、Bi、Hg等元素异常。各元素

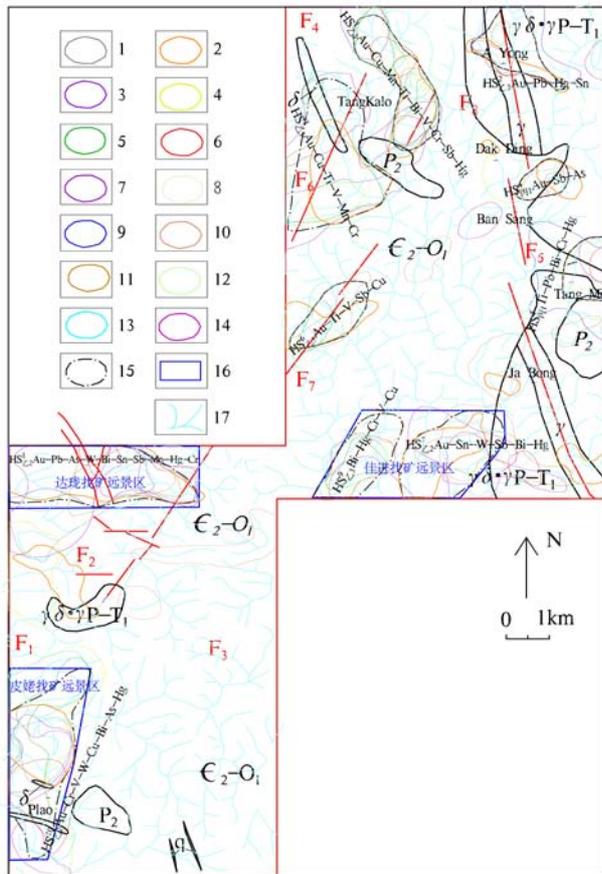


图6 研究区主成矿元素综合异常及成矿远景区分布

Fig.6 Distribution of the composite anomalies of the major metallogenic elements and prospective areas  
1.As异常;2.Au异常;3.Bi异常;4.Cr异常;5.Cu异常;6.Hg异常;7.Mn异常;8.Ni异常;9.Pb异常;10.Sb异常;11.Sn异常;12.Ti异常;13.V异常;14.W异常;15.综合异常及编号;16.成矿远景区;17.水系

套合程度高,Au、Pb、As、Hg、Bi元素异常强度高,规模大,具明显的三级分带。其余Sn、Mn、Sb等元素异常规模较大,显示一级异常强度。Au极大值为 $110 \times 10^{-9}$ 、Pb极大值为 $160 \times 10^{-6}$ 、Sn极大值为 $6.23 \times 10^{-6}$ 、Mn极大值为 $781 \times 10^{-6}$ 、As极大值为 $102 \times 10^{-6}$ 、Sb极大值为 $3.92 \times 10^{-6}$ 、Hg极大值为 $162 \times 10^{-9}$ 、W极大值为 $9.3 \times 10^{-6}$ 、Bi极大值为 $2.36 \times 10^{-6}$ 、Cr极大值为 $308 \times 10^{-6}$ 。异常特征参数见表5。

表5 HS8综合异常特征表

Table 5 Comprehensive anomaly feature of HS-8

元素组合	异常编号	极大值	异常均值	异常衬度	异常面积	异常规模	浓度分带
Au	Au-7	110	20.8	6.93	4.59	31.84	三级
Pb	Pb-3	160	54.72	2.74	4.56	12.49	三级
As	As-3	102	43.8	2.19	4.27	9.34	三级
Bi	Bi-3	2.36	0.79	1.99	4.55	9.04	三级
W	W-2	8.96	5.83	1.94	1.94	3.77	二级
Bi	Bi-4	1.4	0.77	1.92	1.6	3.07	二级
Sn	Sn-3	6.23	4.74	0.95	2.63	2.50	一级
Sb	Sb-6	3.92	2.78	1.11	1.12	1.24	一级
Mn	Mn-6	781	574	1.04	1.14	1.19	一级
Hg	Hg-4	162	105	2.63	0.26	0.69	三级

注:Au、Hg含量单位为 $10^{-9}$ ,其它元素含量单位为 $10^{-6}$ ,面积单位为km<sup>2</sup>。

远景区主要出露地层为中寒武-下奥陶统(图7),该地层是金元素异常的主要赋存地层,岩性主要发育绢云母片岩。区内构造活动强烈,F2和F7断层穿过本区,且发育1条近南北向和2条近北西向的断裂。强烈的构造活动为成矿元素迁移富集提供了动力来源。

通过异常查证,在异常区内发现3条蚀变带,2条矿(化)体。规模最大的蚀变带延伸方向与F<sub>2</sub>近平行,延伸超过2 km,南部与黑云母花岗岩体接触。矿(化)体最大出露宽度约8 m,平均出露宽度5 m左右,两矿(化)体斜交,延伸400~700 m(图7)。

矿石结构主要为粒状结构、不等粒结构,块状构造。矿石矿物主要为单质金、黄铁矿、褐铁矿,脉石矿物主要为石英等。黄铁矿粒度较细,多被淋滤侵蚀,呈细小晶洞,晶洞内多由褐铁矿充填,硅化强烈,主要呈微细脉状、团块状等形态分布。

对采集的I、II号矿(化)体地质样品进行分析,结果显示I、II号矿(化)体金品位最高可达11.6 g/t和45.4 g/t, Pb品位0.18%和0.16%, Zn品位0.08%

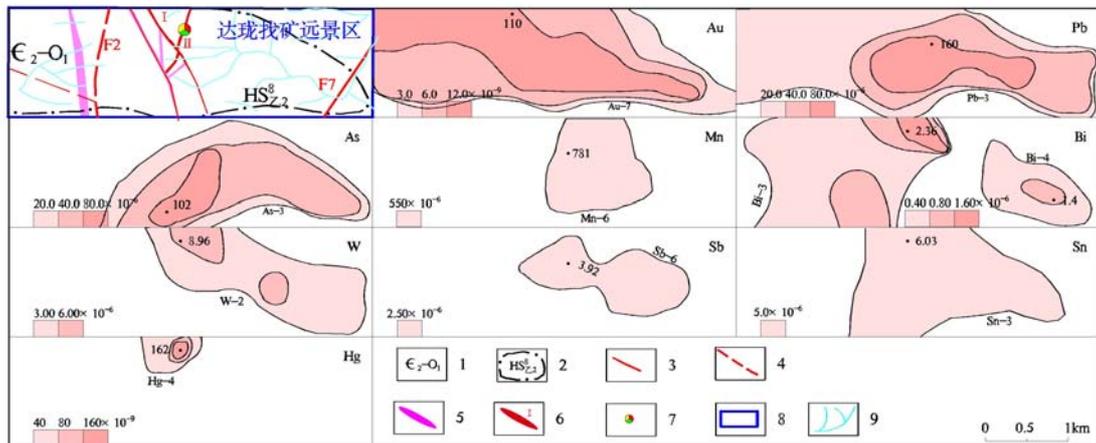


图7 HS8综合异常剖析图

Fig.7 Comprehensive anomaly analysis diagram of HS8

1. 中寒武统-下奥陶统; 2. 综合异常位置及编号; 3. 断层; 4. 推测断层; 5. 蚀变带; 6. 矿(化)体; 7. 沙金点; 8. 远景区; 9. 水系

和0.04%。在异常查证期间,在Ⅱ号矿(化)体发现一处沙金点,可采到明金(图8)。

佳进(Ja Bong)找矿远景区:位于佳进村(Ja Bong)西南部区域,面积约7.0 km<sup>2</sup>。远景区内1/5万水系沉积物测量显示HS-7、HS-9号综合异常。主要以Au、Sn元素为主,Au-9极大值为359×10<sup>9</sup>、Sn-4极大值为500×10<sup>6</sup>,异常强度高。Au与Sn、W、Bi异常元素异常吻合较好,各元素异常规模较大。远景区内出露中寒武-下奥陶统地层,主要岩性为绢云母片岩。Au异常浓集中心位于地层和岩体的接触带附近。黑云母花岗岩体发育,为异常成矿物质提供了热液动力来源,且岩体与地层接触部位有利于成矿元素富集。远景区位于F3断层西侧,存在受构造

影响的可能。该远景区具有较好的Au(Sn)多金属矿找矿潜力。

皮佬(Plao)找矿远景区:位于皮佬(Plao)村附近,面积约6.2 km<sup>2</sup>。该远景区包含HS-10综合异常,主要以Au、Cr元素异常为主,伴生Cu、V、As、Hg、W和Bi等元素异常。Au-12极大值为112×10<sup>9</sup>、Cr-7极大值为1020×10<sup>6</sup>、As-4极大值为127×10<sup>6</sup>、Hg-7极大值为165×10<sup>9</sup>、Bi-7极大值为1.81×10<sup>6</sup>,Au、Cr、As、Hg、Bi异常规模大,强度高,衬度较大,为三级异常,各元素异常区吻合度好。远景区内主要出露中寒武-下奥陶统地层,主要岩性为绢云母片岩,且远景区出露闪长岩脉。闪长岩脉指示热液活动,使Au等成矿元素迁移,在成矿有利部位形成富集。该远

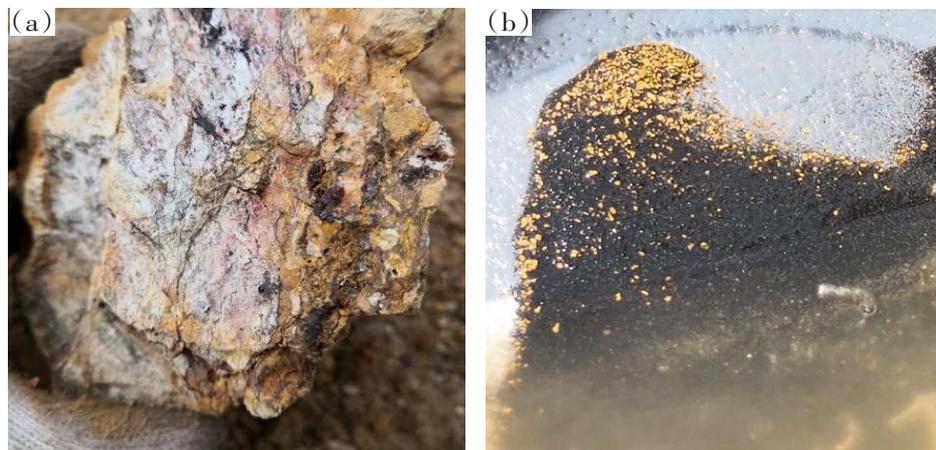


图8 研究区矿石、沙金照片

Fig.8 Photographs of ores, sands and golds in the study area

a. 研究区矿石标本; b. 研究区沙金颗粒

景区具有较好的 Au(Cr)多金属找矿(化)前景。

## 5 结论

(1)通过分析19中元素地球化学特征,认为研究区主成矿元素为 Au、Sn 和 Pb 元素。Au 在绢云母片岩和黑云母花岗岩中富集系数和变化系数都较大,Sn 元素在绢云母片岩中富集系数和变化系数较大,Pb 元素在黑云母花岗岩中富集系数和变化系数较大。

(2)结合成矿地质条件、地球化学特征,共圈定10处地球化学综合异常。在综合研究的基础上划分出了3处找矿远景区,针对性开展异常查证工作,优选出HS-8综合异常为最有找矿潜力的远景区—达珑(DaLong)成矿远景区,为下一步地质找矿工作提供依据。

## 中文参考文献

- 陈力子,刘满年,杨拴海,等. 2015. 秦昆结合部塔秀一曲什安地区水系沉积物测量地球化学特征及找矿方向[J]. 物探与化探, 39(05): 897-903.
- 陈巧妹,刘晓康,马晓萍. 2019. 青海省滩北雪峰地区水系沉积物地球化学特征及找矿预测[J]. 地质找矿论丛, 34(2):294-301.
- 迟清华,鄢明才. 2007. 应用地球化学元素丰度数据手册[M]. 北京:地质出版社: 94-95.
- 戴慧敏,鲍庆中,宫传东,等. 2010. 因子分析法对内蒙古查巴奇地区水系沉积物地球化学分区的应用研究[J]. 现代地质, 24(02): 245-251.
- 董毅,范丽琨,段焕春,等. 2009. 青海大坂山地区水系沉积物测量元素组合分区[J]. 地质与勘探, 45(1):70-74.
- 樊新祥,李省晔,赵吉昌,等. 2022. 甘肃北山双井子地区1:25000水系沉积物测量地球化学特征及找矿预测[J]. 科学技术与工程, 22(36):15938-15951.
- 何艳红,栗健强,程佳孝,等. 2015. 内蒙古温根地区水系沉积物地球化学特征及找矿预测[J]. 西北地质, 48(2):216-223.
- 贾润幸,方维萱,隗雪燕. 2014. 老挝地质矿产资源及开发概况[J]. 矿产勘查, 5(05):826-833.
- 李天虎,彭桥梁,王伟,等. 2022. 新疆温宿县盐场地区水系沉积物地球化学特征及找矿效果[J]. 西北地质, 55(1):78-92.
- 梁东,华北,赵德怀,吴浩,等. 2023. 喀喇崑仑麦拉山地区水系沉积物地球化学特征与找矿预测[J]. 现代地质, 37(03):708-721.
- 刘志坚,候明才,张琇,等. 2013. 宁夏中卫卫北山地区水系沉积物测量地球化学特征及找矿方向[J]. 物探与化探, 37(4):608-614.
- 卢见昆,赵延朋,陈晓锋,等. 2020. 老挝班康姆铜金矿床成矿作用研究及其指示意义[J]. 矿床地质, 39(06):1122-1140.

- 伦知颖,程志中,严光生,等. 2015. 中国不同景观区水系沉积物中39种元素的背景值[J]. 地学前缘, 22(05):226-230.
- 罗先熔,文美兰,欧阳菲,等. 2007. 勘查地球化学[M]. 北京:冶金工业出版社.
- 吕亮,王思德,俎波,等. 2022. 老挝稀土资源特征及勘查开发前景[J]. 地质科技通报, 41(03):20-31.
- 马树洪. 2010. 老挝建设社会主义的机遇、挑战及前景[J]. 东南亚南亚研究, (03):67-71+93-94.
- 时艳香,纪宏金,陆继龙,等. 2004. 水系沉积物地球化学分区的因子分析方法与应用[J]. 地质与勘探, (05):73-76.
- 宋贺民,张辉,顾松松,等. 2014. 新疆哈拉奇地区水系沉积物地球化学特征及找矿方向[J]. 地质通报, 33(1):71-78.
- 宋建中,张雪冰,魏良民,等. 2014. 内蒙古额济纳旗道嘎地区土壤地球化学特征及找矿方向[J]. 西北地质, 47(3):8-13.
- 孙社良,冯增会,黄孝波,等. 2018. 新疆汉水泉地区水系沉积物测量地球化学特征及找矿方向[J]. 物探与化探, 42(06):1116-1124.
- 王玮,王学求,张必敏,等. 2020. 老挝铜地球化学背景与异常特征[J]. 地球学报, 41(06):861-867.
- 王占彬,宋贺民,马庆,等. 2020. 河北省怀安县朱家洼矿区地球化学特征与找矿方向[J]. 地质与勘探, 56(01):102-112.
- 吴良士. 2009. 老挝人民民主共和国矿产资源及其地质特征[J]. 矿床地质, 28(02):224-226.
- 吴锡生,纪宏金,陈明. 1994. 化探数据处理的发展、现状与趋势[J]. 物探化探计算技术, (01):84-88+92.
- 徐云峰,郝雪峰,秦宇龙,等. 2021. 四川岔河地区水系沉积物地球化学特征及找矿方向[J]. 物探与化探, 45(03):624-638.
- 徐云峰. 2014. 西藏甲玛斑岩矿床外围综合信息找矿预测[D]. 成都:成都理工大学.
- 薛静,高光明,成功. 2009. 老挝波罗芬高原红土型铝土矿地质特征与成矿规律[J]. 地质找矿论丛, 24(04):297-302.
- 严新砾,江沙,蒋新红,等. 2019. 广西那坡地区1:50000水系沉积物地球化学特征及找矿方向[J]. 地质与勘探, 55(S1):394-407.
- 杨青松,高文,罗先熔,等. 2022. 老挝东南部某多金属矿区土壤地球化学特征及找矿预测[J]. 地质与勘探, 58(05):1128-1138.
- 杨卓龙,王利,邢佳韵,等. 2017. 老挝矿业投资现状及投资建议[J]. 中国矿业, 26(11):70-73.
- 翟培英,刘念池. 1987. 蚀变岩型金矿物化探找矿模式初探[J]. 物探与化探, 11(1):57-63.
- 张江苏,王滔,毛艳丽,等. 2016. 甘肃省南部矿集区水系沉积物测量地球化学特征及找矿预测[J]. 科学技术与工程, 16(29):179-185.
- 张伟,安茂国,王志鹏,等. 2023. 青海省那陵格勒河中游地区水系沉积物地球化学特征及找矿远景[J]. 现代地质, 37(03):690-707.
- 赵延朋,何国朝,陆家海. 2013. 老挝典型金矿床地质特征及成矿模式[J]. 矿产与地质, 27(S1):41-46.
- 朱延浙,朱广维,王泽传,等. 2014. 老挝矿产资源勘查开发的思考与建议[J]. 中国国土资源经济, 27(08):62-65.