

# 西藏改则布孜村地区地球化学异常 特征及成矿远景分析\*

胡西冲<sup>1</sup>, 夏斌<sup>1</sup>, 黄强太<sup>1</sup>, 夏连泽<sup>2</sup>, 夏中宇<sup>1</sup>,  
郑浩<sup>2</sup>, 石晓龙<sup>1</sup>, 王志龙<sup>2</sup>

(1. 中山大学海洋学院//海洋石油勘探开发广东省普通高校重点实验室//  
广东省海洋资源与近岸工程重点实验室, 广东 广州 510006;  
2. 中山大学地球科学与地质工程学院, 广东 广州 510275)

**摘要:** 班公湖-怒江成矿带是西藏境内一条重要的成矿带。在1:5万水系沉积物测量的基础上,对西藏班公湖-怒江成矿带上改则县布孜村北部龙巴抗东-扛贾异常区的地球化学异常进行分析,详细讨论了成矿元素在地表水平上的分布特征、单元素异常特征、异常元素组合特征。布孜村地区表现为多种金属元素组合异常,成矿元素(Au、Cu)异常强度高,前缘元素(As、Sb、Ag、Cd、Pb)异常,尾部元素(Bi、W、Mo)异常发育较好。自西向东分别为前缘元素、成矿元素、尾部元素的异常区,各矿化晕分带性明显,推测研究区可能存在斑岩型铜金多金属矿床。龙巴抗东-扛贾异常区是寻找大型铜金多金属矿床的良好远景区。

**关键词:** 西藏;班公湖-怒江成矿带;地球化学异常;成矿远景

**中图分类号:** P618.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-6579(2015)06-0137-07

## Geochemical Anomaly and Metallogenic Prospect Analysis of Buzicun Area in Gerze County, Tibet

HU Xichong<sup>1</sup>, XIA Bin<sup>1</sup>, HUANG Qiangtai<sup>1</sup>, XIA Lianze<sup>2</sup>, XIA Zhongyu<sup>1</sup>,  
ZHEN Hao<sup>2</sup>, SHI Xiaolong<sup>1</sup>, WANG Zhilong<sup>2</sup>

(1. School of Marine Science//Guangdong University Key Laboratory of Offshore Oil  
Exploration and Development//Guangdong Provincial Key Laboratory of Marine  
Resources and Coastal Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China;  
2. School of Earth Science and Geological Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

**Abstract:** The Bangong Co-Nujiang metallogenic belt is one of the most important metallogenic belts in Tibet. Its geochemical characteristics of Longbakangdong-Kangjia section at Buzicun village are analyzed based on the result of 1:50 000 stream sediment survey, including distribution and anomaly characteristics of ore-forming elements on the surface, and the characteristics of anomaly element combination. The results show that metal anomaly occur in combination of multiple metal elements, and the highest anomaly is Au-Cu combination, the second is front elements combination of As-Sb-Ag-Cd-Pb, then rear element

\* 收稿日期: 2014-11-11

基金项目: 国家自然科学基金项目资助项目(41372208); 中国地质调查局青藏高原专项基金资助项目(1212011221088); 矿床地球化学国家重点实验室开放研究基金项目(201304)

作者简介: 胡西冲(1988年生),男;研究方向:地球化学及古海洋构造演化;通讯作者:夏斌;E-mail:bxia698@163.com

combination of Bi-W-Mo. The anomaly areas of front elements, ore-forming elements, and rear elements are distributed from west to east, and the halos have good zonation, suggesting that there may be a porphyritic type Cu-Au deposit in study area, and Longbakangdong-Kangjia anomaly area may be a potential area for prospecting large copper-gold deposit.

**Key words:** Tibet; Bangong Co-Nujiang metallogenic belt; geochemical anomaly; potential ore

班公湖-怒江成矿带是西藏境内的一条巨型缝合带, 南侧为拉萨地块, 北侧为羌塘地块, 呈北西向延展, 向西与土耳其-伊朗-巴基斯坦成矿带相连。班公湖-怒江成矿带在西藏境内以班公湖-怒江缝合带为主体, 东西长约 2 500 km, 南北宽约 5~50 km, 是我国重要的成矿区带之一, 但也是研究程度最低的一个<sup>[1]</sup>。前人研究表明, 班公湖-怒江成矿带具有良好的找矿前景<sup>[2-17]</sup>。在成矿带西段分布的典型矿床有材玛中型矽卡岩型富铁矿床、尕尔穷中型矽卡岩铜金矿床、嘎拉勒小型矽卡岩型金(铜)矿床和多不杂大超斑岩型铜金矿床<sup>[18]</sup>。斑岩型铜金矿床和矽卡岩型矿床是该地区最重要的矿床类型。本文研究区紧邻多不杂富金斑岩铜矿床, 具有相似的地质背景。1:20 万水系沉积物测量表明, 本区内多种金属元素具有较强的、范围较大的异常<sup>[19]</sup>。为进一步明确其找矿前景, 缩小异常范围, 确定找矿靶区, 开展下一步找矿勘查工作, 2012-2013 年中国地质调查局下达了关于窝若巴勒地区地质矿产研究调查的任务。本文是这次研究工作的部分成果。

## 1 区域地质背景

研究区位于班公湖-怒江成矿带西段, 西藏改则县境内, 跨越班公湖-怒江缝合带, 南达拉萨地体, 北至羌塘地体。研究区北侧为羌塘地体, 主要地层为曲色岩组 ( $J_1q$ ), 岩性为次深海盆地沉积的细碎屑岩类。研究区中部为班公湖-怒江缝合带, 主要地层为木嘎岗日岩群 ( $J_{1-2}M$ ), 为一套较深海环境的复理石沉积, 其经后期强烈的构造改造形成总体无序局部有序的构造地层体。研究区南侧为拉萨地体, 主要地层为多尼组 ( $K_1d$ ) 和美苏组 ( $E_{1-2}ms$ ): 多尼组 ( $K_1d$ ) 岩性为浅海-滨海相沉积环境沉积的碎屑岩, 美苏组 ( $E_{1-2}ms$ ) 岩性为一套基性-中性-酸性-酸碱性火山岩岩石组合<sup>[20]</sup>。班公湖-怒江缝合带南北界两条深大断裂贯穿研究区。北界铁杂-日勇断裂为倾向向北的逆断层, 走向近东西向, 倾角  $60^\circ$ 。南界俄雄-罗仁淌断裂为倾向向北的逆断层, 走向近北西向, 倾角  $57^\circ$ 。研究区早白垩世侵入岩受北部铁杂-日勇断

裂控制, 产出于断裂带附近, 空间上从龙巴抗东延续到扛贾, 总出露面积约  $40 \text{ km}^2$ 。侵入岩多呈岩墙状产出, 岩性为中粒二长闪长岩、中细粒闪长岩、中细粒闪长玢岩等 (图 1)。

## 2 地球化学数据处理

### 2.1 水系沉积物测量工作及样品测试方法

水系沉积物测量完全参照国内 1:5 万化探规范执行。采样点布置在一级水系末端和分支水系口, 共 2 007 个采样点。采样密度为  $4 \sim 8 \text{ 点/km}^2$ , 采样粒度  $-10 \sim +60$  目。本次工作共测试 10 种元素, 分别为 Au、Ag、As、Bi、Cd、Cu、Mo、Pb、Sb、W。样品全部在国土资源部成都矿产资源监督检测中心测试, 采用 Perkin-Elmer Sciex Elan 6000 型电感耦合等离子体质谱仪 (ICP-MS) 完成。实验测试的重现性基于对实验室和国际标准样品 (GSR-1, GSR-2, GSR-3, G-2, BHVO-2, W-2, AGV-2, SY-4) 的同步分离和分析。元素中含量  $>10 \mu\text{g/kg}$  的样品分析精度优于 5% ( $2\sigma$ ),  $<10 \mu\text{g/kg}$  的样品的分析精度优于 10% ( $2\sigma$ )。样品分析的相关仪器工作条件和方法见文献 [21-22]。

### 2.2 地球化学背景值及异常下限

研究区异常下限和背景值采用循环剔除法确定, 即先算出元素的原始平均值和标准偏差, 再按照平均值加减 3 倍标准偏差范围剔除, 获得的数据再重复上述步骤, 直到没有数据被剔除。得到的数据的平均值即背景值, 此时再计算此组数据的标准偏差, 将背景值加上 2 倍的标注偏差, 得到异常下限。具体各指标特征见表 1。

### 2.3 R 型聚类分析

运用 SPSS 软件对研究区内 10 种元素进行 R 型聚类分析 (图 2), 可以将研究区内元素分为 2 组: 第 1 组为 As、Sb、Cd、Pb、Ag, 第 2 组为 Au、Bi、Cu、Mo、W。根据 R 型聚类分析和单元元素异常, 结合原生晕分带理论, 第 1 组为研究区前缘晕元素 (As、Ag、Cd、Sb、Pb), 第 2 组为成矿元素 (Au、Cu) 和尾部晕元素 (Bi、Mo、W)。元素分带明显, 具有典型的斑岩型铜矿床元素分带特征。

### 3 地球化学异常分析

根据测试结果，圈定出 3 个多元素重合异常区(图 1)。I 号多元素重合异常区为龙巴抗东-扛贾异常区，该带位于布孜村地区北部高地，自西向东延伸约 17 km，南北宽约 4 km，以 Au、Cu、Mo 异常为主。II 号多元素重合异常区为俄尖薄日阿-卜

不则异常区，位于研究区中东部一带，以 Sb 异常为主。III 号多元素重合异常区为卓者汤嘎-干掌纳掌异常区，位于研究区南侧，出现以 Pb、W 异常为主。由于 II 号和 III 号多元素重合异常区主要为第四系坡积物及冲洪积物，可能异常并非来自于所在区域。故本文重点讨论 I 号多元素重合异常区，即龙巴抗东-扛贾异常区(图 3)。

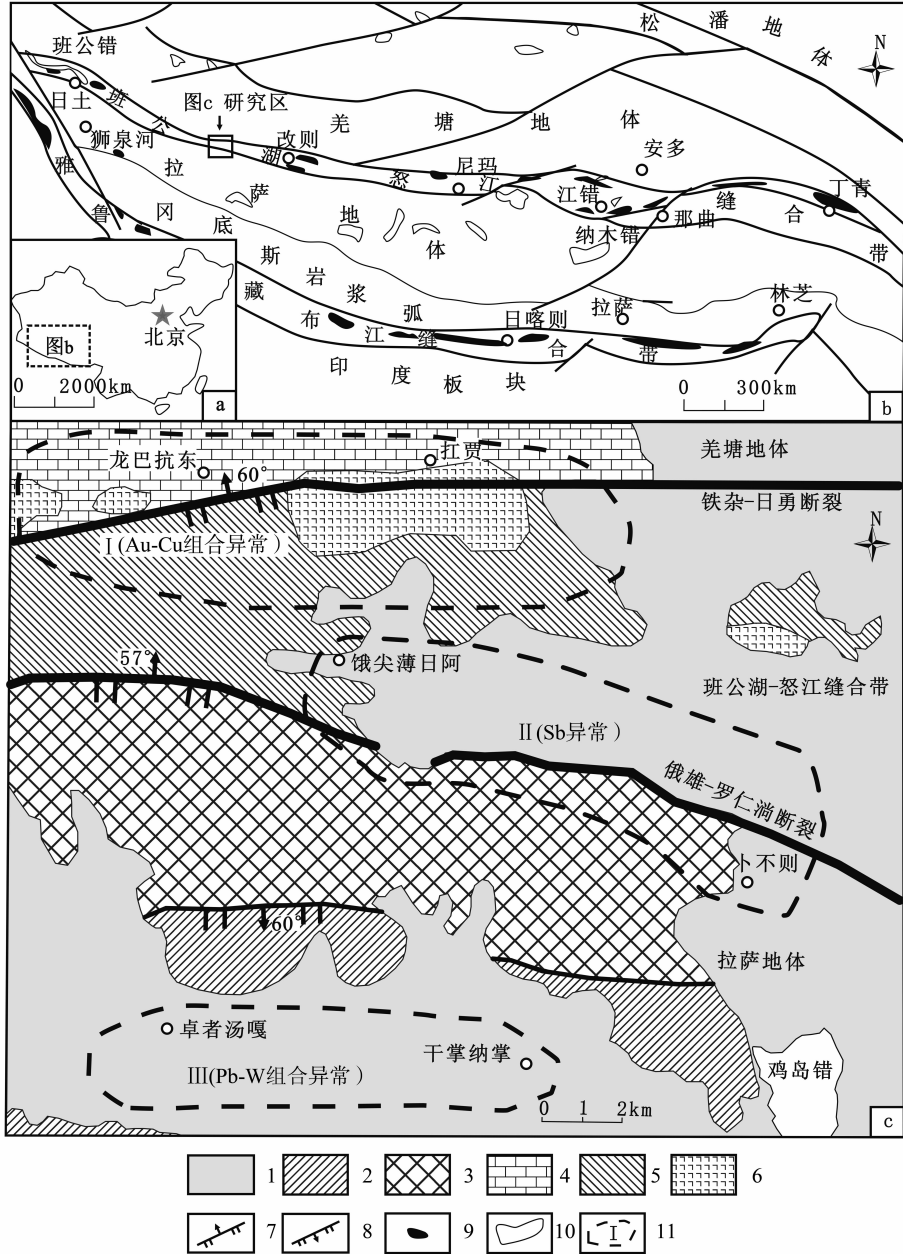


图 1 布孜村地区地质简图和 1:5 万水系沉积物测量综合异常分布示意图 (据参考文献 [20] 修改)

Fig. 1 Geological sketch map and integrated anomalies of Buzicun area (modified from [20])

- 1 - 第四系; 2 - 美苏组; 3 - 多尼组; 4 - 曲色岩组; 5 - 木嘎岗日岩群; 6 - 闪长玢岩; 7 - 逆断层;
- 8 - 正断层; 9 - 蛇绿岩; 10 - 湖泊; 11 - 多元素重合异常区

表 1 异常下限及指标特征

Table 1 Statistics of anomaly threshold and other indexes

单位	指标	最大值	最小值	平均值	背景值	标注偏差	异常下限
ng/kg	Au	58.70	0.30	1.46	0.89	2.71	1.99
	Ag	430.00	36.00	72.19	70.63	18.32	97.31
μg/kg	As	504.00	5.87	28.75	25.74	20.58	42.76
	Bi	2.37	0.05	0.29	0.28	0.14	0.43
	Cd	0.56	0.04	0.12	0.11	0.04	0.17
	Cu	723.00	7.18	33.46	29.16	29.71	45.76
	Mo	19.30	0.30	0.83	0.71	0.70	1.15
	Pb	75.80	3.77	17.78	17.05	4.98	24.18
	Sb	44.90	0.30	1.16	0.94	1.44	1.54
W	22.20	0.33	1.49	1.37	0.80	2.11	

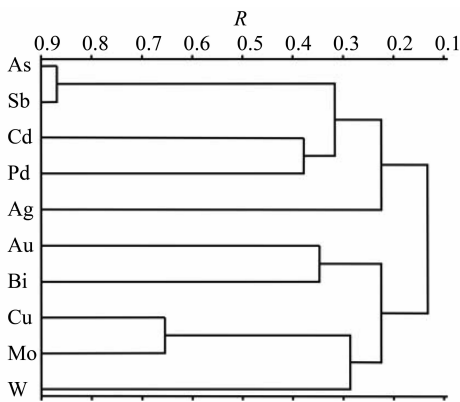


图 2 元素 R 型聚类分析关系图

Fig. 2 R-mode cluster diagram of elements

II-1 异常区位于异常区东部, 最高浓度达 355  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 其西南方向存在次级异常区—Cu 的 II-2 异常区, 浓度达 170  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 两者呈鞍状分布。Cu 的 III 异常区位于异常区西部, 范围为 3 个异常区中最大的, 但浓度较低, 为 202  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 呈东西向展布。

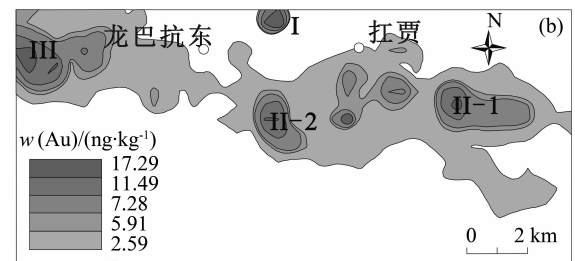
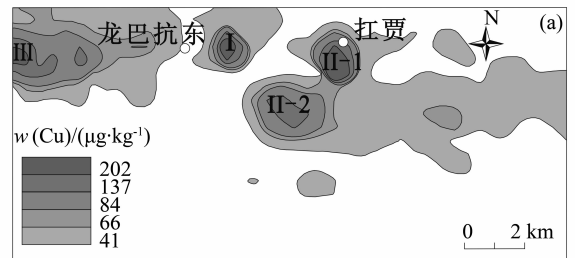


图 4 龙巴抗东-扛贾异常区成矿元素异常图

Fig. 4 Sketch map of ore elements anomalies in Longbakangdong-Kangjia anomaly area

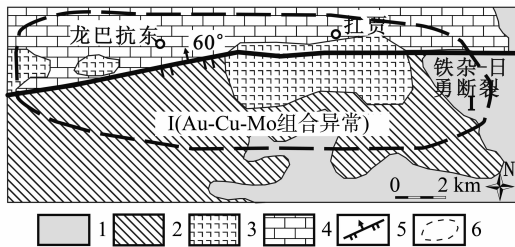


图 3 龙巴抗东-扛贾异常区地质简图

Fig. 3 Geological sketch map of

Longbakangdong-Kangjia anomaly area

- 1 - 第四系; 2 - 木嘎岗日岩群; 3 - 闪长玢岩;  
4 - 曲色岩组; 5 - 逆断层; 6 - 多元素重合异常区

龙巴抗东-扛贾异常区的多元素重合异常以 Cu 为主要异常 (图 4a)。Cu 异常范围约 40  $\text{km}^2$ , 东西长约 11 km, 南北宽约 3.5 km, 整体呈近东西向的长方形。Cu 异常有 3 个异常区, 其最高浓度分别达 618, 355, 202  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。3 个异常区呈近东西向不连续展布。其中 Cu 的 I 异常区的浓度最高, 达 618  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 呈圆形位于异常区中部。Cu 的

Au 异常区范围较 Cu 异常区范围偏大, 且异常较强, 分布在 Cu 异常周围, 自西向东延伸约 15 km, 南北宽约 4 km (图 4b)。最高质量分数 Au 的 I 异常区位于 Cu 的 I 异常区东北部约 1 km 处, 质量分数值高达 35.04  $\text{ng}/\text{kg}$ 。Au 的 II-1 中等异常区位于龙巴抗东-扛贾异常区中东部, 质量分数值达 21.42  $\text{ng}/\text{kg}$ , 范围较大, 其西部存在中等异

常区—Au 的 II - 2 异常区，质量分数达 18.19 ng/kg，与 Cu 的 I 异常区具有明显的异常分带。Au 的 II - 2 异常区与 Cu 的 II - 2 异常区套合较好。Au 的 III 异常区位于龙巴抗东 - 扛贾异常区西北角，范围较大，呈规则的椭圆形，质量分数值达 18.31 ng/kg，与 Cu 的 III 异常区套合较好。

在 Cu、Au 异常区四周，可见 As、Ag、Cd、Sb、Pb 等前缘元素异常与其伴生（图 5）。As、Ag、Cd、Sb、Pb 的异常区范围多呈半弧状，分布在 Cu、Au 异常区周围。在 Cu 的 III 异常区周围，伴随有 Ag、Sb 元素的最高质量分数异常区—Ag 的 II 异常区和 Sb 的 I 异常区，最高质量分数值分别为：Ag 的 II 异常区  $399 \times 10^{-9}$ 、Sb 的 I 异常区 66.75  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ；以及 As、Cd、Pb 中等异常区—As 的 II - 1 异常区、Cd 的 I - 1 异常区、Pb 的 I 异常区，其质量分数值为 As 的 II - 1 异常区 145  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、Cd 的 I - 1 异常区 0.33  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、Pb 的 I 异常区 49  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

在 Au 的 I 异常区东侧，尾部元素 Bi、Mo、W 等异常区较为发育（图 6）。Bi 的异常区范围与 Au 基本一致，但最高质量分数异常区—Bi 的 II 异常区位于 Au 异常区范围东部，质量分数值达 1.372

$\mu\text{g}/\text{kg}$ 。Mo 的最高质量分数值异常区—Mo 的 I 异常区与 Cu 的 I 异常区范围基本一致，质量分数值达 17.03  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。而 Mo 的中等异常区—Mo 的 II - 1 异常区、Mo 的 II - 2 异常区则倾向于发育在 Au 的 I 异常区东侧，其质量分数值分别达 6.01 和 2.25  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。W 的最高质量分数值异常区—W 的 II 异常区与 Cu 的 II - 1 异常区范围基本一致，质量分数值达 19.83  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。W 的中等异常区 W 的 III 异常区发育在 Cu 的 II - 1 异常区东侧，其质量分数值为 8.92  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

在大部分多金属矿床中，元素含量常以某种组合的方式产出，形成组合晕。如在铜金多金属矿床中，前缘元素通常为活动性大的元素，如 As、Sb、Ag、Ba、Cd、Pb 等，主要成矿元素为 Cu、Au，尾部元素通常为活动性小的元素，如 Mo、Ni、W、Bi、Sn 等。在龙巴抗东 - 扛贾异常区西侧，可以看到 Au 的 III 异常区、Cu 的 III 异常区周围有清晰的 As、Ag、Cd、Sb、Pb 等前缘元素的异常。同时，在东侧 Cu 的 II - 1 异常区处，可以看到 Bi、Mo、W 等尾部元素的异常。龙巴抗东 - 扛贾异常区以 Cu 异常为主体，伴随有较强的 Au、Mo 异常，其

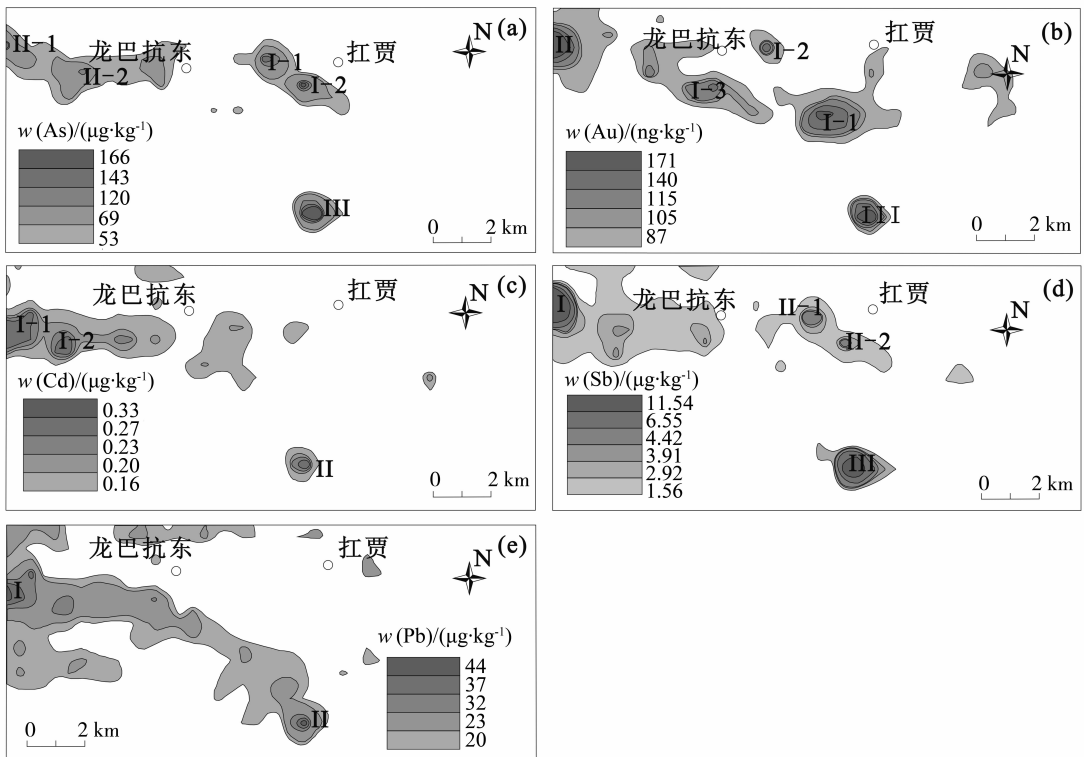


图 5 龙巴抗东 - 扛贾异常区前缘元素异常图

Fig. 5 Sketch map of front elements anomalies in Longbakangdong-Kangjia anomaly area

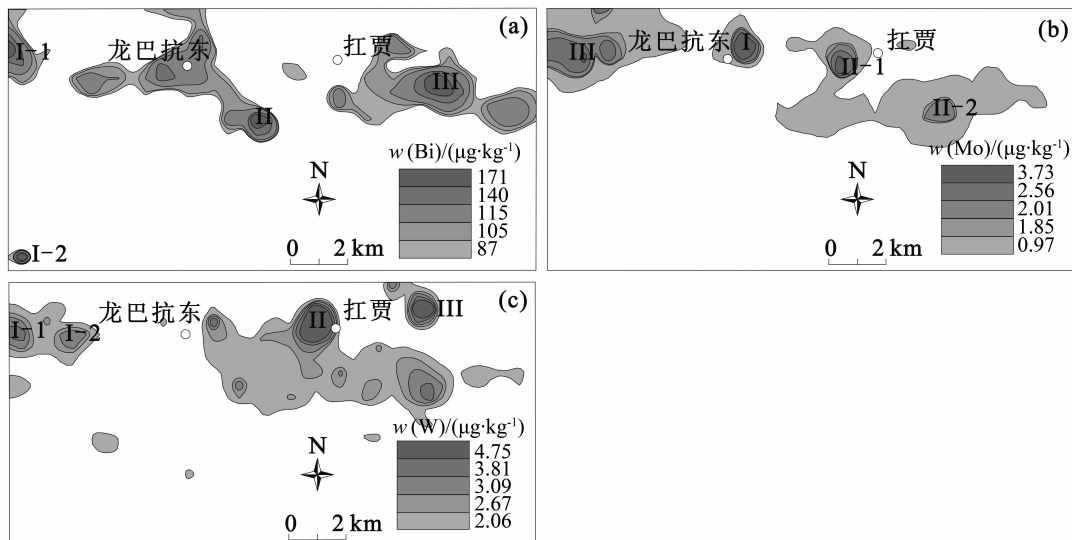


图 6 龙巴抗东-扛贾异常区尾部元素异常图

Fig. 6 Sketch map of rear elements anomalies in Longbakangdong-Kangjia anomaly area

中 Au 异常规模最大。根据成矿规律,若在斑岩矿床 Cu 异常中心出现 Au 等元素的中等异常时,该矿化体已属于浅剥蚀。根据前缘元素、尾部元素和成矿元素在龙巴抗东-扛贾异常区的分布特征, Cu 最高质量分数异常区—Cu 的 I 异常区出现 Au 元素的中等异常区—Au 的 II-2 异常区, As、Ag、Cd、Sb、Pb 等前缘元素伴生于 Cu 的 III 异常区四周, Bi、Mo、W 等矿床尾部元素伴生于 Cu 的 II-1 异常区周围及东部,表明龙巴抗东-扛贾异常区该矿化体已出露地表,属于浅剥蚀矿化体,具有典型的斑岩型铜矿床元素分带特征。

## 4 成矿潜力评价

### 4.1 找矿线索

龙巴抗东-扛贾异常区发育一套东西展布的早白垩世侵入岩。早白垩世侵入岩受铁杂-日勇断裂控制,产出于断裂带附近,南北两侧为侏罗纪沉积岩。侵入岩岩性为中粒二长闪长岩、中细粒闪长岩及中细粒闪长玢岩等。侵入岩发育细脉浸染状孔雀石化、褐铁矿化、硅化等矿化蚀变现象。沉积岩地层破碎严重,发生强烈变形变质作用。地层中大量石英脉呈细脉状产出,与多元素重合异常关系密切,是找矿的重要线索。

铁杂-日勇断裂控制了异常区的基本范围。水系沉积物测量圈出的 Cu、Au 异常主要分布在侵入岩与木嘎岗日岩群 ( $J_{1-2}M$ )、曲色岩组 ( $J_{1q}$ ) 接触部位,断裂交汇处、拐弯处。这些位置往往是 Cu、Au 的富集部位。

### 4.2 找矿方向

4.2.1 Cu 的 II-1 异常区、Cu 的 II-2 异常区资源潜力评价 Cu 的 II-1 异常区与 Au 的 II-1 异常区, Cu 的 II-2 异常区与 Au 的 II-2 异常区重合度较好。异常组合为 Mo、Bi、Sn、Ag 等,元素分带较为明显。野外测量过程中,在该异常区发现孔雀石化现象。同时 Au、Cu 异常值均较高, Au、Cu 多金属成矿潜力较大。

4.2.2 Cu 的 III 异常区资源潜力评价 Cu 的 III 异常区与 Au 的 III 异常区重合度较高,但异常值均为中等水平。其附近见 As、Ag、Cd、Sb、Pb 等前缘元素及 Bi、Mo、W 尾部元素异常区,且这些元素质量分数值均较高。但在地表未发现明显的孔雀石化等明显的矿化现象,建议在进一步的地质找矿工作中,增加 Cu 的 III 异常区与 Au 的 III 异常区的探槽、物探。

## 5 结论

1) 在龙巴抗东-扛贾异常区, Cu、Au、Ag、Cd、Mo、W、Sb 等水系沉积物异常规模大,异常强,分带性明显,与断裂呈良好的相关性。

2) 根据原生晕分带理论,龙巴抗东-扛贾异常区矿化点从西向东分别为前缘晕 (As、Ag、Cd、Sb、Pb),成矿元素 (Au、Cu) 和尾部晕 (Bi、Mo、W),具有典型的斑岩型铜矿床元素分带特征。

3) 根据水系沉积物测量结果,优选出龙巴抗东-扛贾金铜找矿远景区,为今后进一步地质找矿

工作打下基础。

**致谢:** 感谢西藏自治区地质调查院刘鸿飞院长、黄玮主任, 西藏自治区地质矿产勘探开发局区域地质调查大队曾庆高总工在野外工作中给予的指导, 以及审稿人给予的辛苦帮助, 在此一并感谢。

#### 参考文献:

- [1] 张璋, 耿全如, 彭智敏, 等. 班公湖 - 怒江成矿带西段材玛花岗岩体岩石地球化学及年代学[J]. 沉积与特提斯地质, 2011, 31(4): 86 - 96.
- [2] 李金祥, 李光明, 秦克章, 等. 班公湖带多不杂富金斑岩铜矿床斑岩 - 火山岩的地球化学特征与时代: 对成矿构造背景的制约[J]. 岩石学报, 2008, 24(3): 531 - 543.
- [3] 李金祥, 秦克章, 李光明, 等. 西藏班公湖带多龙大型富金斑岩型铜矿床的岩浆 - 热液演化: U - Pb 和 Ar - Ar 年代学的证据[J]. 矿床地质, 2010, 29: 460 - 461.
- [4] 莫宣学, 潘桂棠. 从特提斯到青藏高原形成: 构造 - 岩浆事件的约束[J]. 地质前缘, 2006, 13(6): 043 - 051.
- [5] 曲晓明, 王瑞江, 辛洪波, 等. 西藏西部与班公湖特提斯洋盆俯冲相关的火成岩年代学和地球化学[J]. 地球化学, 2009, 38(6): 523 - 535.
- [6] 曲晓明, 辛洪波. 藏西班牙湖斑岩铜矿带的形成时代与成矿构造环境[J]. 地质通报, 2006, 25(7): 792 - 799.
- [7] 余宏全, 李进文, 丰成友, 等. 西藏多不杂斑岩铜矿床高温高盐度流体包裹体及其成因意义[J]. 地质学报, 2006, 80(9): 1435 - 1447.
- [8] 余宏全, 李进文, 马东方, 等. 西藏多不杂斑岩铜矿床辉钼矿 Re-Os 和锆石 U-Pb SHRIMP 测年及地质意义[J]. 矿床地质, 2009, 28(6): 737 - 746.
- [9] 吴德新, 赵元艺, 刘朝强, 等. 西藏多不杂矿集区斑岩铜矿地球化学指标研究[J]. 地球学报, 2012, 33(2): 185 - 196.
- [10] 谢国刚, 谢琳, 曹圣华, 等. 西藏西部班公湖铁铜多金属矿带的成矿特征与远景评估[J]. 地质通报, 2009, 28(4): 538 - 545.
- [11] 赵元艺, 刘妍, 王瑞江, 等. 西藏班公湖 - 怒江成矿带及邻区铋矿化带的发现与意义[J]. 地球学报, 2010, 31(2): 183 - 193.
- [12] 赵元艺, 刘妍, 王瑞江, 等. 西藏班公湖 - 怒江成矿带与邻区铜矿化带的发现及意义[J]. 地质评论, 2010, 56(4): 568 - 578.
- [13] 李志军, 唐菊兴, 姚晓峰, 等. 藏北阿里地区新发现的尕尔穷铜金多金属矿床地质特征及其找矿前景[J]. 矿床地质, 2011, 30(6): 1149 - 1153.
- [14] 辛洪波, 曲晓明, 王瑞江, 等. 藏西班牙湖斑岩铜矿带成矿斑岩地球化学及 Pb、Sr、Nd 同位素特征[J]. 矿床地质, 2009, 28(6): 785 - 792.
- [15] 李光明, 李金祥, 秦克章, 等. 西藏多不杂超大型富金斑岩铜矿的蚀变 - 矿化特征及高氧化成矿流体初步研究[J]. 矿床地质, 2006, 25: 411 - 414.
- [16] 李玉彬, 多吉, 钟婉婷, 等. 西藏改则县多不杂斑岩型铜金矿床勘查模型[J]. 地质与勘查, 2012, 48(2): 274 - 287.
- [17] 耿全如, 潘桂棠, 王立全, 等. 班公湖 - 怒江带羌塘地块特提斯演化与成矿地质背景[J]. 地质通报, 2011, 30(8): 1261 - 1274.
- [18] 吕丽娜, 赵元艺, 宋亮, 等. 西藏班公湖 - 怒江成矿带西段富铁矿与铜(金)矿 C、Si、O、S 和 Pb 同位素特征及地质意义[J]. 地质学报, 2011, 85(8): 1291 - 1304.
- [19] 西藏地质调查院. 中华人民共和国西藏江麦 - 改则地区 1: 20 万区域化探报告[R]. 2007.
- [20] 四川省地质调查院. 中华人民共和国 1: 25 万物玛幅区域地质调查报告[R]. 2006.
- [21] 夏斌, 黄强太, 张玉泉, 等. 安徽省岳西县碧溪岭片麻岩地球化学和锆石 U - Pb 年龄[J]. 地质科学, 2012, 47(2): 376 - 386.
- [22] 黄强太, 夏斌, 张玉泉, 等. 山东省日照市岚山头片麻状碱性花岗岩的岩石地球化学、年代学和成因研究[J]. 地质科学, 2013, 48(3): 773 - 786.