doi: 10.11720/wtyht.2026.0103
次仁旺堆, 丹增贡培, 多吉卫色, 等. 西藏莎马达地区 1∶5 万水系沉积物测量地球化学特征及找矿方向[J]. 物探与化探, 2026, 50(5): 836-845. https://doi.org/10.11720/wtyht.2026.0103
Cirenwangdui, Danzenggongpei, Duojiweise, et al. Geochemical characteristics and prospecting directions of the Shamada area in Xizang based on a 1∶50,000 stream sediment survey[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2026, 50(5): 836-845. https://doi.org/10.11720/wtyht.2026.0103

西藏莎马达地区 1∶5 万水系沉积物测量地球化学特征及找矿方向

次仁旺堆, 丹增贡培, 多吉卫色, 尼玛次仁, 平措朗杰, 洛桑旺堆
(西藏自治区地热地质大队, 西藏 拉萨 850000)

摘 要: 西藏莎马达地区地处特提斯喜马拉雅构造域东段, 隶属康马—隆子地层分区, 为青藏高原最具特色和重要的金(锑)成矿带。近年来康马穹窿周边发现多处锑、金及稀有金属矿床(点), 区域成矿条件优越, 找矿前景良好。为进一步指导区内锑、金及稀有金属矿产勘查工作, 本次工作在康马县莎马达地区开展 1∶5 万水系沉积物测量, 通过样品采集与测试数据综合处理, 编制完成 Sb、Au 等 17 种单元素异常图及综合异常图; 结合区域地质背景, 共圈定综合异常 8 处。通过分析元素组合、富集系数及变异系数等地球化学特征, 并结合区域地质背景及成矿条件, 明确区内主成矿元素以 Sb、Au、As、W 等为主; 主要赋矿层位为白定浦组(P_3b)与吕村组($T_{1-2}lc$)接触界面, 拆离断层及 NW 向构造为区内重要控矿构造。经对 HS-2 号综合异常开展查证工作, 发现多处矿化线索。本次调查工作为后续康马穹窿周围矿产勘查部署及找矿方向提供了重要依据与技术思路。

关键词: 水系沉积物测量; 元素含量特征; 异常查证; 锑金矿; 西藏
中图分类号: P632; P31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2026)05-0836-10

0 引言

近年来, 西藏高原植被稀疏、地形切割强烈且水系发育良好的地区, 陆续开展了大量 1∶5 万水系沉积物测量战略性矿产远景调查。实践证明, 该方法已成为该区圈定异常与找矿预测的有效技术手段, 并在藏西申扎地区[1]、达则错地区[2]、狮泉河电站周边[3] 及藏东衣珠兴拉[4] 等地取得了显著找矿效果。

康马地区处于特提斯喜马拉雅构造域东段, 属于康马—隆子地层分区[5-6], 是青藏高原具特色和重要的金(锑)成矿带[5, 7]。前人对康马县莎马达地区的研究较少, 本文以莎马达 1∶5 万水系沉积物测量成果为基础, 分析元素含量特征, 应用 R 型因子分析结果, 划分元素组合特征, 圈定化探异常, 再结合区域成矿地质条件, 开展重点异常检查工作, 为今后地质找矿工作提出新思路。

1 研究区概况

1.1 地理概况

研究区位于西藏康马县境内, 地处藏南喜马拉雅造山带东段, 地势起伏显著, 山脊线总体呈近南北向展布。研究区内海拔差异较大, 最低海拔超 4 329 m, 最高海拔约 5 549 m, 平均海拔多集中于 4 600~5 300 m; 其中, 研究区北东桐日山一带为海拔高值区, 平均海拔达 5 300~5 500 m。区内地势起伏大, 气候寒冷干燥, 植被覆盖稀疏, 基岩裸露程度较高, 有利于开展水系沉积物地球化学调查。区域内水系发育, 呈树枝状展布, 主要归属于雅鲁藏布江水系上游支流, 年楚河流域, 该区域水流切割强烈, 物质迁移条件良好, 具备较强的地球化学指示意义。

1.2 地质概况

根据“西藏康马县莎马达(H45E021024)1∶5 万

收稿日期: 2026-04-30; **修回日期:** 2026-06-23
基金项目: 西藏自治区地质矿产勘查开发局项目“西藏康马县莎玛达地区(H45E022023)1∶5 万地质矿产调查”(藏地勘 [2024]45 号)
第一作者: 次仁旺堆(1982-), 男, 高级工程师, 主要从事地质矿产研究工作。Email: 329312887@qq.com
通讯作者: 多吉卫色(1983-), 男, 高级工程师, 主要从事地质矿产研究工作。Email: 549229277@qq.com

地质矿产调查”项目资料显示, 研究区地层区划归属康马—隆子地层分区, 出露地层以三叠系和二叠系沉积地层为主。其中, 三叠系地层主要为上统涅如组(T_3n)与下—中统吕村组($T_{1\text{-}2}lc$), 岩性主要为板岩、条带状板岩及绢云母板岩等; 二叠系地层主要出露上统白定浦组(P_3b)、中统康马组(P_2k)、下统比聋组(P_1b)及破林浦组(P_1p), 岩性包括大理岩化灰岩、生物碎屑灰岩、板岩、石英砂岩、岩屑砂岩及砂质板岩等。此外, 研究区中部及南部有较大面积的第四系分布(图 1)。

研究区位于康马穹窿西侧 20 km 处, 区内岩浆活动不发育, 仅见辉绿岩出露, 且以岩脉形式产出, 总体出露面积较小。空间分布上, 辉绿岩脉主要集中于研究区中部、南部及东部, 总体走向以近 EW 向和 SN 向为主, 局部受区域构造作用影响, 走向存在小幅偏差。

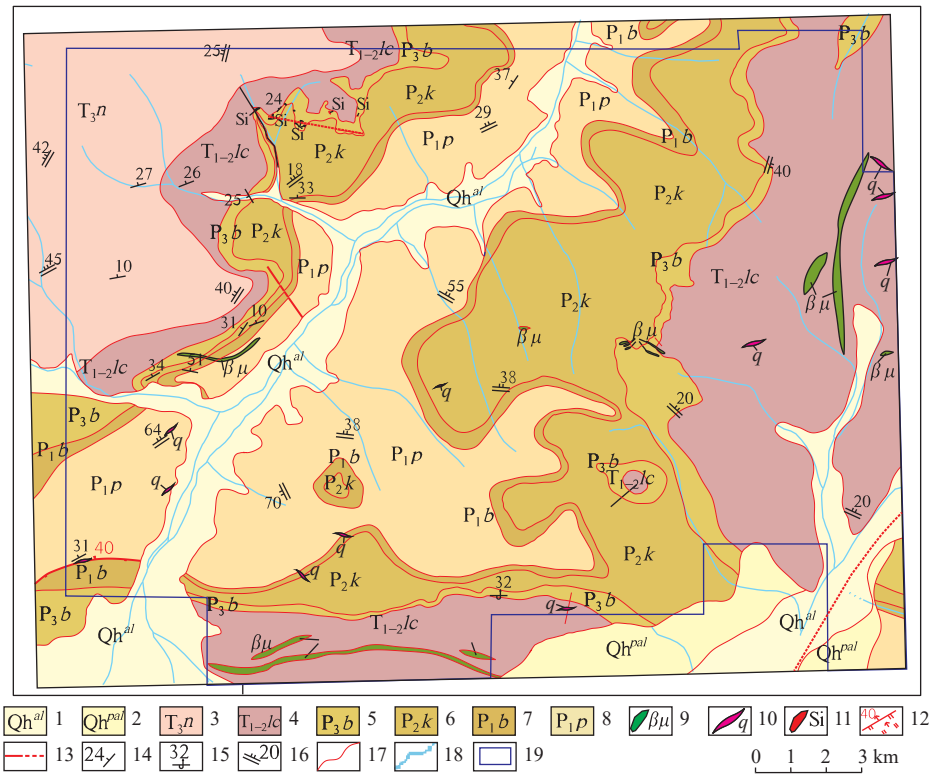
研究区地处喜马拉雅造山带东段, 隶属于特提斯喜马拉雅构造带, 恰好位于康马穹隆南部与藏南拆离系北部的交汇区域, 构造背景极其复杂。

通过对区域地质及矿产资料的综合分析, 认为研究区二叠系上统白定浦组(P_1b)与三叠系下—中统吕村组($T_{1\text{-}2}lc$)界面为重要的含矿层位, 矿床类型主要为热液型锑(金)矿。

2　样品采集与分析

2.1　样品布设及采集

研究区位于干旱、半干旱高寒山区景观区, 区内水系较发育, 因此本次选择的调查方法为 1∶50 000 水系沉积物测量。具体布设方法为在 1∶50 000 地形图上圈出工作范围, 以公里网为基准, 按 1 km×1 km 的方格, 将每平方千米大格划分成 4 个 0.25 km^2 的采样小格。采样点主要布置在一级水系口及二级水系中, 三级水系可布设少量控制点。一级水系长度大于 500 m 时, 应在一级水系内加密布点。采样点布设尽量均匀分布, 在地形落差大或陡峻区适当



1—第四系全新统冲积物; 2—第四系全新统冲洪积物; 3—上三叠统涅如组; 4—下-中三叠统吕村组; 5—上二叠统白定浦组; 6—中二叠统康马组; 7—下二叠统比聋组; 8—下二叠统破林浦组; 9—辉绿岩脉; 10—石英脉; 11—硅化脉; 12—实测及推测正断层; 13—实测及推测性质不明断层; 14—产状; 15—倒转岩层产状; 16—板理产状; 17—地质界线; 18—河流; 19—调查区范围

1—Quaternary Holocene sediments; 2—Quaternary Holocene alluvial deposits; 3—upper Triassic Nieru Formation; 4—lower-middle Triassic Lyucun Formation; 5—upper Permian Baodingpu Formation; 6—middle Permian Kangma Formation; 7—lower Permian Bilong Formation; 8—lower Permian Polingpu Formation; 9—dolerite vein; 10—quartz vein; 11—silicified vein; 12—measured and speculated normal faults; 13—measured and speculated unidentified faults; 14—occurrence; 15—occurrence of overturned strata; 16—occurrence of foliation; 17—geological boundary; 18—river; 19—scope of survey area

图 1　西藏莎马达地区区域地质

Fig. 1　Regional geology of Shamada area in Xizang

放稀，但基本采样区以不出现空白大格或不出现连续 3 个以上的空白小格为原则，小格空格率应小于 5%。本次基本采样密度为 4～6 点/km^2。

采样介质粒度的选择充分考虑了研究区水系沉积物的特征及数据处理的效果，综合以往工作研究和工作区实际情况，在能够保证介质粒度和质量的前提下，确定采用−10～+60 目的粒级作为粒级要求[8-10]。

野外采样用手持式 GPS 卫星定位仪、奥维互动地图及地形图结合定点，定点误差在图上的平面误差不大于 2 mm。采样要求沿活动性流水线在 20～30 m 范围内 3～5 处多点采集组合样。在羽状水系发育地区，应在多条水系采集组合样；研究区发育“U”形谷或草皮沟，当难以采集水系沉积物时，应在汇水域两侧山坡多点采集残坡积土壤代替。采样时应去除样品中的碎石、草根等杂质。样品总质量均>500 g，以保证分析测试和副样用样。

2.2 分析测试及质量控制

水系沉积物样品分析指标有 Au、Ag、As、Be、Cs、Cu、Hg、Li、Mo、Nb、Pb、Rb、Sb、Sn、Ta、W、Zn 共 17 项。本次分析测试工作由中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所完成。分析中严格执行《地球化学普查规范(1∶50 000)》(DZ/T 0011—2015)要求进行实验室内、外部质量控制。在内部质量控制上，尽可能按照严于规范的控制限标准对分析过程中的准确度、精密度、重复性检验和异常点检验进行控制。测试数据显示，同步测试的用于准确度、精密度控制的国家一级标准物质分析合格率全部达到了 100%，全图幅报出率为 100%，重复性检验合格率为 99.7%，异常点的重复性检验合格率为 99.8%，全部指标均满足要求。

本次调查共采集 1 524 件水系沉积物样品，其中重复样品 36 件，重复率达 2.41%。17 项指标中有 11 种元素(Be、Cu、Hg、Li、Nb、Pb、Rb、Sn、Ta、W、Zn)的合格率为 100%，其余元素合格率均超过 90%。整体数据可靠性高，符合地质调查的质量要求。

3 水系沉积物元素地球化学特征

3.1 水系沉积物元素含量特征

基于研究区内 1 488 件水系沉积物样品的 17 种元素含量原始数据，采用特异值迭代剔除方法(剔除标准为 $X>\overline{X}+3S$ 或 $X<\overline{X}-3S$[11-16]，其中$\overline{X}$为元素含量平均值，S 为标准离差)，计算得到各元素的算术平均值($\overline{X}_1$)、标准离差(S_1)及变异系数(C_{V1})，其中算术平均值作为各元素的背景值 C_0，将该背景值与全国水系沉积物背景值 C_1 进行对比，计算得出各元素在研究区的富集系数 K_1。

本次研究采用以下富集程度划分标准：$K_1\geq 1.5$ 为明显富集，$1.5> K_1\geq 1.2$ 较为富集，$1.2> K_1\geq 0.8$ 为正常范围(背景区)，$0.8>K_1\geq 0.5$ 为较贫化，$K_1<0.5$ 则属于显著贫化范畴[17]。分析结果表明，研究区内 As、Sb、Be、Li、Zn 5 种元素的富集系数 $K_1\geq 1.5$，呈明显富集状态，提示这些元素在区内分布显著富集，具备良好的成矿条件；Cu、Pb、Sn、W、Nb 的富集系数介于 $1.5>K_1\geq 1.2$ 之间，呈较为富集状态，说明其在区内存在局部富集特征，具有一定的成矿可能性；Au、Hg、Mo 的富集系数在 $0.8>K_1\geq 0.5$ 之间，表现为较贫化状态；区内仅有 Ag 成显著贫化特征。

参考汤金来等[18]变异系数划分标准，笔者划分出 5 个变异等级用来反映各类化学元素在研究区的分布特征，其中变异系数小于 0.25 为均匀型分布，0.25～0.5 为不均匀型分布，0.5～1.0 为弱分异分布，1.0～2.0 为分异分布，大于 2.0 为强分异分布。由表 1 可知，研究区除 Au、As、Sb 呈弱分异特征外，其余 14 种元素均表现为不均匀分布或均匀分布特征。

表 1 研究区元素背景特征及变异系数

Table 1 Elemental background characteristics and coefficient of variation in the study area

元素	样品数	背景值(C_0)	标准离差(S_1)	变异系数(C_{V1})	富集系数(K_1)	全国水系沉积物背景值(C_1)
Au	1 300	0.8	0.4	0.50	0.67	1.2
Ag	1 393	33.221	9.513	0.29	0.46	73
As	1 249	31	16.9	0.55	3.44	9
Be	1 484	3.6	0.8	0.22	1.71	2.1
Cu	1 479	24	9	0.38	1.20	20
Hg	1 393	18	7	0.39	0.53	34
Li	1 480	66.9	25.2	0.38	2.16	31
Mo	1 466	0.6	0.21	0.35	0.75	0.8
Pb	1 463	30.3	5.9	0.19	1.32	23
Sb	1 237	1.71	1.01	0.59	2.44	0.7
Sn	1 479	4	0.7	0.18	1.43	2.8
W	1 404	2.34	0.52	0.22	1.38	1.7
Zn	1 481	100.2	31.1	0.31	1.50	67
Nb	1 479	18.8	3.7	0.20	1.25	15
Cs	1 382	12.6	3.9	0.31		
Rb	1 478	139.7	22.9	0.16		
Ta	1 472	1.42	0.23	0.16		

注：Au、Ag、Hg含量单位为10^{-9}，其余元素含量单位为10^{-6}；变异系数=标准离差/平均值；富集系数=元素含量平均值/全国水系沉积物背景值。

矿区 17 种元素含量的原始数据变异系数(C_{V2})和背景数据变异系数(C_{V1})之间的比值可以反映区内各元素的相对离散程度[16]。从图 2 可以看出，区内 As、Sb、Au、Hg、W 的变异程度较大，表明这 5 种

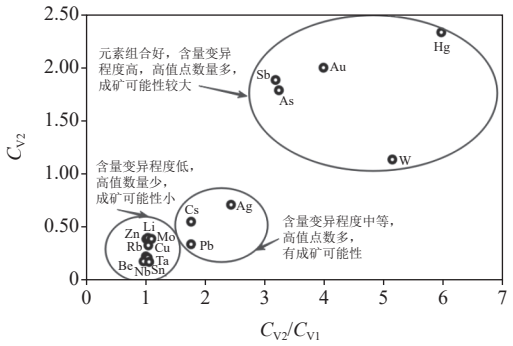


图 2　元素变异系数图解

Fig. 2　Illustrative diagram of element variation coefficient

元素高值点较多, 离散程度高, 局部富集后成矿的可能性较大。

综上, 区内 As、Sb、Pb、Hg 的离散程度较高, 元素含量整体呈富集特征, 且分异较强, 显示出较强的成矿指示意义, 是区内主要成矿元素。

3.2　地层单元元素分布与分配特征

为明确成矿指示元素在研究区出露地层中的富集与分配规律, 本次研究对各地层单元的元素富集系数(K_2)、变异系数(C_{V3})及成矿有利度系数(Ma)进行了系统计算。其中, 富集系数为地层元素含量平均值与研究区背景值的比值, 反映元素的富集程度; 变异系数为各地层中元素含量标准差与算术平均值的比值, 反映元素含量的离散程度及其在地层中的分布特征; 成矿有利度系数(Ma)为二者的乘积($Ma=K_2\times C_{V3}$), 其数值越大[19-22], 代表元素的成矿潜力越高。

研究区出露地层以三叠系、二叠系及第四系为主, 三叠系主要包含上统涅如组(T_3n)与中—下统吕村组($T_{1\text{-}2}lc$), 二叠系主要发育上统白定浦组(P_3b)、中统康马组(P_2k)及下统比聋组(P_1b)、破林浦组(P_1p)。由表 2 可见, 吕村组($T_{1\text{-}2}lc$)与白定浦组(P_3b)中 Au、As、Sb、Hg 的富集系数均大于 1.5, 且变异系数大于 1, 表明这些元素在这两组地层中呈高度富集状态且分布极不均匀, 具备局部成矿的物质基础, 是区内寻找金锑矿的关键层位。从成矿有利度系数来看, 白定浦组(P_3b)中 Au、As、Sb、Hg 的系数值均大于 5, 进一步揭示白定浦组地层为研究区金锑成矿最有利的地层单元。

3.3　元素组合特征

R 型聚类分析可以较好地反映元素在地质作用中的亲疏关系[12]。对研究区元素进行 R 型聚类分析(图 3), 结果显示在相关系数 0.54 的水平上, 所有元素可明显分为两大组合, 这一特征与区域地质演化背景高度吻合, 其中第一组为古陆源碎屑指示元素组合, 包含 Cu、Zn、Li、Nb、Ta、Rb、Be、Sn、Pb, 可进一步细分为 Cu-Zn-Li-Nb-Ta-Rb 和 Be-Sn-Pb 两个亚组合。康马县地处喜马拉雅造山带东段, 区域内广泛出露的古老花岗岩经长期风化剥蚀, 其产物被搬运至沉积盆地中, Nb、Ta 等重矿物伴随陆源碎屑沉积于灰岩、板岩等围岩中, 这一元素组合正是区域沉积背景的直接反映。第二组为低温热液成矿指示元素组合, 由 Au、Sb、As、Hg 构成, 是典型的卡林型金矿化标志性元素组合。康马县研究区出露的二叠系生物碎屑灰岩, 在区域构造热液活动的还原环境下具备强烈的吸附 Au、As、Sb 等元素的能力, 为卡林型金矿的形成提供了有利的物质基础与地球化学条件, 这一元素组合的出现, 不仅印证了区内卡林型金矿的成矿潜力, 也与区域已知金锑矿点的成矿特征高度一致。

3.4　异常圈定方法与综合异常特征

异常下限是根据背景值按一定置信度确定的异常起始值, 是分辨地球化学背景和异常的一个量值界限[23], 其确定方法具有多样性, 本次研究对比了多种常用方法的适用性后, 最终选用稳健方法(MAD 法)进行异常下限计算。MAD 法具体计算步骤如下: 异常下限=M+2×(MAD/0.674 5), 式中: M 为研究区某元素地球化学数据的中位数, MAD 为中位数绝对离差, 其计算公式为 MAD=median(|X_i−median(X)|), 其中 X_i为单个地球化学数据, median(X) 为数据总体中位数); 公式中除以 0.674 5 的核心目的, 是将中位数绝对离差(MAD)转换为标准正态分布下标准差(σ)的稳健估计量, 使本次计算结果与传统参数法在正态假设下的计算结果具备等价性, 便于后续与同类勘查成果进行对比分析。

根据研究区各元素地球化学背景、单元素异常、元素组合特征, 并结合区内成矿地质环境、地形等因素, 共圈定综合异常 8 处(图 4)。依据《地球化学普查规范(1∶50 000)》(DZ/T 0011—2015)中的异常综合分类原则, 按照综合异常所处地质成矿环境、异常规模、元素组合、地质找矿意义及工作研究程度将这 8 处综合异常进一步划分为乙 2 类异常 3 处, 分别为 HS-2、HS-5 及 HS-8; 乙 3 类异常 5 处, 分别为 HS-1、HS-3、HS-4、HS-6、HS-7。根据矿种及成矿地质条件, 全区异常又可分为两类: 以金为主的异常 4 处, 以锑为主的异常 4 处。

4　异常查证

结合异常强度、地层出露及周边已知矿区的成矿层位等综合分析后, 本次重点对 HS-2 异常开展查

表 2 研究区各地质单元元素特征参数统计

Table 2 Statistics of element characteristic parameters for various geological units in the study area

地质单元	参数	Au	Ag	As	Be	Cs	Cu	Hg	Li	Mo	Nb	Pb	Rb	Sb	Sn	Ta	W	Zn
Qh（106件）	平均值	1.00	34.59	48.00	3.40	13.10	22.80	22.00	61.00	0.50	17.10	31.00	138.50	4.18	3.70	1.31	2.63	94.90
	标准离差	0.80	15.93	43.00	0.80	5.20	8.40	22.00	22.80	0.18	3.40	8.30	22.60	5.96	0.60	0.21	1.46	29.20
	富集系数	1.25	1.04	1.55	0.94	1.04	0.95	1.22	0.91	0.83	0.91	1.02	0.99	2.44	0.93	0.92	1.12	0.95
	变异系数	0.80	0.46	0.90	0.24	0.40	0.37	1.00	0.37	0.36	0.20	0.27	0.16	1.43	0.16	0.16	0.56	0.31
	成矿有利度系数	1.00	0.48	1.39	0.22	0.41	0.35	1.22	0.34	0.30	0.18	0.27	0.16	3.49	0.15	0.15	0.62	0.29
T_3n（148件）	平均值	1.00	38.68	22.10	4.30	12.50	32.60	15.00	87.50	0.77	21.10	33.90	146.90	0.96	4.40	1.52	2.32	123.40
	标准离差	0.70	18.83	11.10	0.60	2.60	5.90	8.00	13.10	0.15	3.00	4.60	16.00	0.55	0.40	0.16	2.47	14.60
	富集系数	1.25	1.16	0.71	1.19	0.99	1.36	0.83	1.31	1.28	1.12	1.12	1.05	0.56	1.10	1.07	0.99	1.23
	变异系数	0.70	0.49	0.50	0.14	0.21	0.18	0.53	0.15	0.19	0.14	0.14	0.11	0.57	0.09	0.11	1.06	0.12
	成矿有利度系数	0.88	0.57	0.36	0.17	0.21	0.25	0.44	0.20	0.25	0.16	0.15	0.11	0.32	0.10	0.11	1.06	0.15
$T_{1-2}lc$（337件）	平均值	1.20	39.06	41.80	4.20	10.80	32.30	21.00	95.00	0.67	22.20	35.40	147.40	2.67	4.10	1.57	2.34	136.10
	标准离差	1.60	33.96	51.20	0.70	3.10	7.40	35.00	20.90	0.20	3.20	16.80	19.20	4.31	0.50	0.21	1.87	26.60
	富集系数	1.50	1.18	1.35	1.17	0.86	1.35	1.17	1.42	1.12	1.18	1.17	1.06	1.56	1.03	1.11	1.00	1.36
	变异系数	1.33	0.87	1.22	0.17	0.29	0.23	1.67	0.22	0.30	0.14	0.47	0.13	1.61	0.12	0.13	0.80	0.20
	成矿有利度系数	2.00	1.02	1.65	0.19	0.25	0.31	1.94	0.31	0.33	0.17	0.55	0.14	2.52	0.13	0.15	0.80	0.27
P_3b（99件）	平均值	2.20	48.00	124.60	3.50	12.30	26.40	61.00	69.50	0.69	17.40	29.40	133.40	8.11	3.70	1.28	3.37	104.70
	标准离差	4.40	50.68	263.90	0.90	6.60	10.30	195.00	30.20	0.32	4.20	9.70	30.60	15.63	0.80	0.28	2.60	33.00
	富集系数	2.75	1.45	4.02	0.97	0.98	1.10	3.39	1.04	1.15	0.93	0.97	0.95	4.74	0.93	0.90	1.44	1.04
	变异系数	2.00	1.06	2.12	0.26	0.54	0.39	3.20	0.43	0.46	0.24	0.33	0.23	1.93	0.22	0.22	0.77	0.32
	成矿有利度系数	5.50	1.53	8.51	0.25	0.52	0.43	10.83	0.45	0.53	0.22	0.32	0.22	9.14	0.20	0.20	1.11	0.33
P_2k（350件）	平均值	1.90	39.56	108.30	3.10	16.00	19.30	27.00	55.80	0.68	16.70	28.90	125.70	5.21	3.70	1.30	3.18	82.80
	标准离差	4.30	20.62	147.40	0.70	10.40	7.40	30.00	21.00	0.26	2.80	7.40	21.00	6.94	0.80	0.23	5.45	23.50
	富集系数	2.38	1.19	3.49	0.86	1.27	0.80	1.50	0.83	1.13	0.89	0.95	0.90	3.05	0.93	0.92	1.36	0.83
	变异系数	2.26	0.52	1.36	0.23	0.65	0.38	1.11	0.38	0.38	0.17	0.26	0.17	1.33	0.22	0.18	1.71	0.28
	成矿有利度系数	5.38	0.62	4.75	0.19	0.83	0.31	1.67	0.31	0.43	0.15	0.24	0.15	4.06	0.20	0.16	2.33	0.23
P_1b（57件）	平均值	1.60	41.60	60.40	3.00	14.40	18.50	22.00	47.70	0.58	16.60	27.90	126.60	4.99	3.50	1.31	2.97	80.20
	标准离差	1.60	40.29	58.00	0.70	8.60	5.90	26.00	15.30	0.22	3.50	5.90	22.20	12.13	0.70	0.27	2.36	21.00
	富集系数	2.00	1.25	1.95	0.83	1.14	0.77	1.22	0.71	0.97	0.88	0.92	0.91	2.92	0.88	0.92	1.27	0.80
	变异系数	1.00	0.97	0.96	0.23	0.60	0.32	1.18	0.32	0.38	0.21	0.21	0.18	2.43	0.20	0.21	0.79	0.26
	成矿有利度系数	2.00	1.21	1.87	0.19	0.68	0.25	1.44	0.23	0.37	0.19	0.19	0.16	7.09	0.18	0.19	1.01	0.21
P_1p（382件）	平均值	0.80	31.38	43.60	3.30	17.10	19.00	18.00	50.20	0.47	17.60	28.50	145.20	2.23	4.10	1.39	2.68	80.80
	标准离差	0.70	12.95	55.60	0.60	8.70	6.30	10.00	14.00	0.19	2.90	5.60	24.60	2.26	0.70	0.20	1.21	17.90
	富集系数	1.00	0.94	1.41	0.92	1.36	0.79	1.00	0.75	0.78	0.94	0.94	1.04	1.30	1.03	0.98	1.15	0.81
	变异系数	0.88	0.39	1.79	0.17	0.69	0.26	0.56	0.21	0.32	0.15	0.18	0.18	1.32	0.18	0.14	0.52	0.18
	成矿有利度系数	0.88	0.37	2.52	0.15	0.94	0.21	0.56	0.16	0.25	0.14	0.17	0.18	1.72	0.18	0.14	0.59	0.14
$\beta\mu$（9件）	平均值	0.80	33.90	21.00	4.00	10.50	31.80	17.00	83.60	0.68	22.70	34.20	147.30	2.60	3.80	1.58	2.20	127.30
	标准离差	0.20	8.26	8.10	0.50	1.90	1.80	5.00	11.80	0.09	1.60	3.20	8.70	3.28	0.30	0.10	0.39	18.10
	富集系数	1.00	1.02	0.68	1.11	0.83	1.33	0.94	1.25	1.13	1.21	1.13	1.05	1.52	0.95	1.11	0.94	1.27
	变异系数	0.25	0.24	0.39	0.13	0.18	0.06	0.29	0.14	0.13	0.07	0.09	0.06	1.26	0.08	0.06	0.18	0.14
	成矿有利度系数	0.25	0.25	0.26	0.14	0.15	0.08	0.28	0.18	0.15	0.09	0.11	0.06	1.92	0.08	0.07	0.17	0.18
研究区背景值		0.80	33.22	31.00	3.60	12.60	24.00	18.00	66.90	0.60	18.80	30.30	139.70	1.71	4.00	1.42	2.34	100.20

注: Au、Ag、Hg含量单位为10^{-9}, 其余元素含量单位为10^{-6}; 括号内为样品数。

证工作。

4.1 1∶5 万地球化学特征

1∶5 万水系沉积物测量结果显示, HS-2 异常以 Sb、W、Au、Ag、Hg、Pb 元素为主, 伴生 As、Cu、Zn、Be 元素异常, 其中 Sb、W、Ag、Hg 元素异常具有三级浓度分带特征。Sb 含量平均值为 18.81×10^{-6}, 最大值为 114×10^{-6}; W 含量平均值为 13.82×10^{-6}, 最大值为 86.5×10^{-6}; Ag 含量平均值为 137.71×10^{-9}, 最大值为 594×10^{-9}; Hg 含量平均值为 189×10^{-9}, 最大值为 1 828×10^{-9}。此外 Au、Pb 具有二级浓度分带, 且 Au 有两个异常区, Au 含量平均值为 3.5×10^{-9}, 最大值为 13.2×10^{-9}, Pb 含量平均值为 96.1×10^{-6}, 最

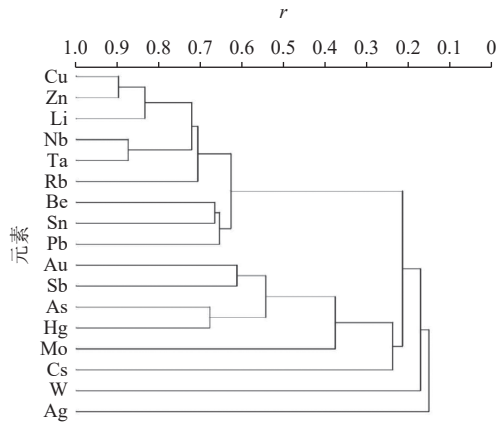


图 3　R 型聚类分析谱系

Fig. 3　R-mode cluster analysis dendrogram

大值为 325×10^{-6}。其余伴生元素中 Zn 含量最大值为 347×10^{-6}, Cu 含量最大值为 71.6×10^{-6}。该异常呈椭圆状, 浓集中心明显(图 5), 具有较好的找矿前景。

4.2　异常区地质特征

异常区出露上三叠统涅如组(T_3n)、中—下三叠统吕村组($T_{1\text{-}2}lc$)、上二叠统白定浦组(P_3b)及中二叠统康马组(P_2k)。其中, 涅如组(T_3n)以灰黑色炭质粉砂质板岩为主, 局部夹石英砂岩及粉砂岩, 整体矿化较弱, 仅夹层岩石见褐铁矿化; 吕村组($T_{1\text{-}2}lc$)为含黄铁矿的灰黑色泥质粉砂质板岩及斑点板岩, 局部见绢云母化; 康马组(P_2k)以灰黑色绢云母泥质粉砂岩夹板岩、岩屑石英砂岩为主, 岩石见弱褐铁矿化; 白定浦组(P_3b)为区内主要含矿层, 岩性主要为生物碎屑灰岩、钙质生屑板岩及大理岩化白云石生屑灰岩等, 其中大理岩化白云石生屑灰岩分布于白定浦组生物碎屑灰岩与吕村组含黄铁矿灰黑色泥质粉砂质板岩接触界面, 地层出露厚度不均, 厚度在 10～50 m 之间, 岩石强硅化, 裂隙发育, 且裂隙内充填网状石英细脉, 可见三期次的石英脉, 脉宽一般 1～5 cm, 局部可达 10 cm, 石英脉内见方铅矿及孔雀石。

4.3　矿体特征

通过异常查证证实, 矿化主要发育在白定浦组(P_3b)与吕村组($T_{1\text{-}2}lc$)接触界面, 以及 NW 向发育的构造破碎带内(图 6)。矿区内圈定 5 处含方铅矿石英脉分布区及 1 处含锑构造破碎带, 圈定的方铅矿分布区中 2 处主要有 NW 向的构造破碎带控制。Pb 矿(化)体均赋存于大理岩化灰岩裂隙的网脉状石英脉中, 脉宽 0.1～10 cm 不等, 方铅矿多呈团块状、星点状产出, 伴生孔雀石, 矿体捡块样 Pb 最高品位 0.383 6%～2.742 4%, Ag 最高 14.74～60.87 g/t, 部分矿体伴生 Zn、Cu、Sb 等元素。Sb 矿(化)体位于异常区南部构造破碎带内, 破碎带长超 100 m、宽 20～35 m, 破碎带内岩石硅化强, 局部见锑华, 捡块

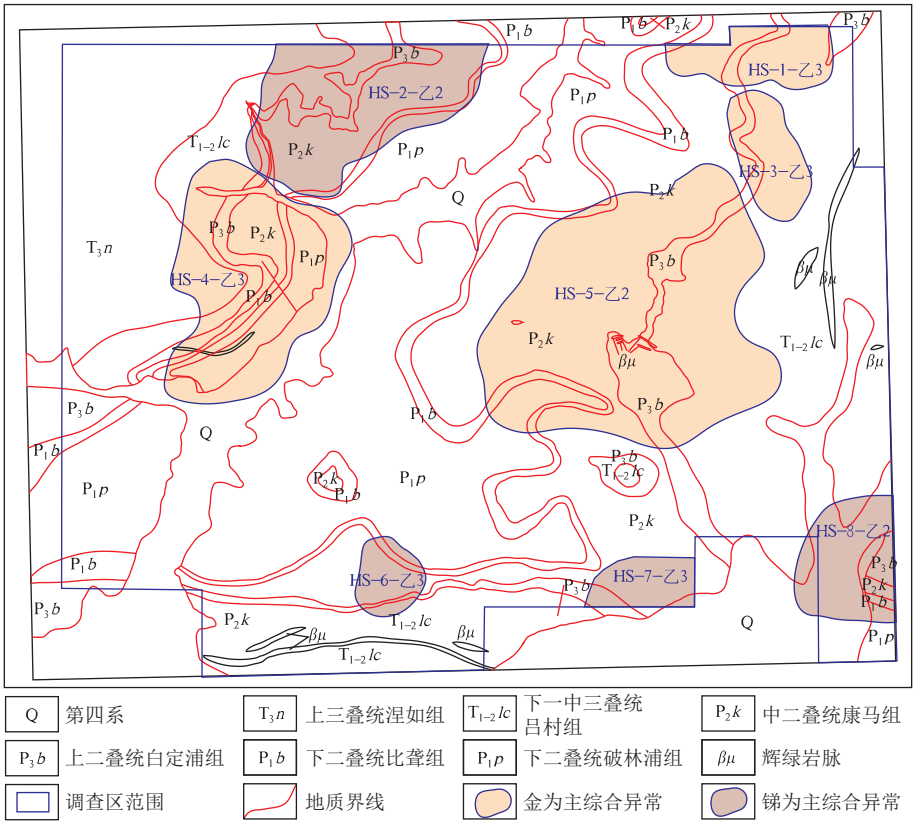
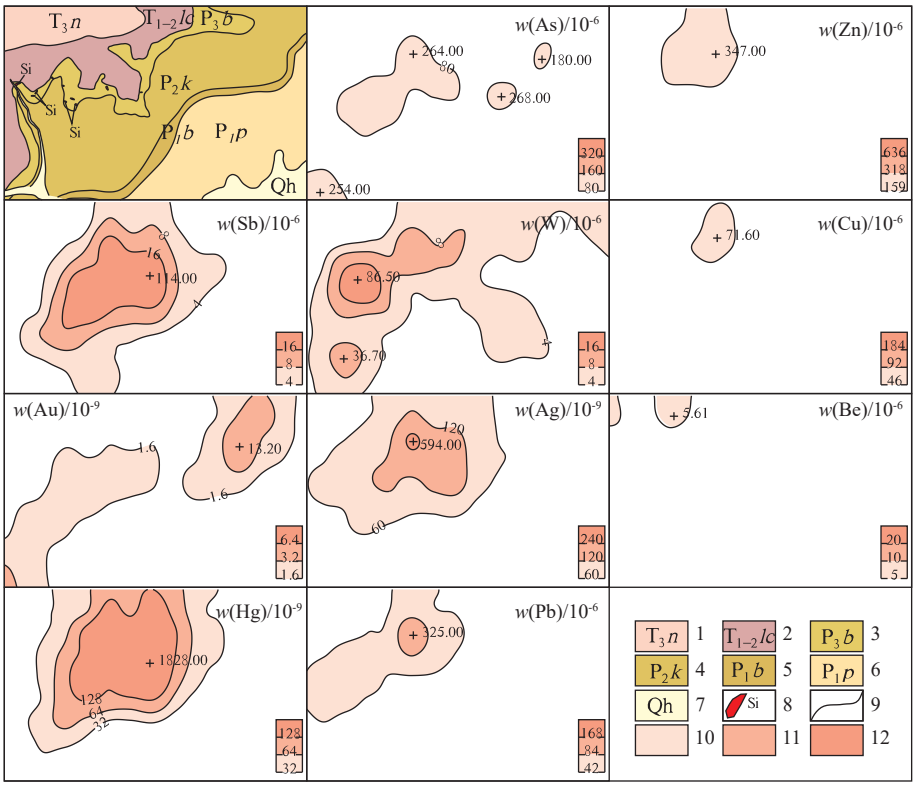


图 4　研究区 1∶5 万水系沉积物测量地球化学综合异常分布

Fig. 4　Comprehensive geochemical anomaly distribution of 1∶50,000 water system sediment survey in the study area



1—上三叠统涅如组；2—下-中三叠统吕村组；3—上二叠统白定浦组；4—中二叠统康马组；5—下二叠统比聋组；6—下二叠统破林浦组；7—第四系全新统；8—硅质岩；9—地质界线；10——一级浓度分带；11—二级浓度分带；12—三级浓度分带

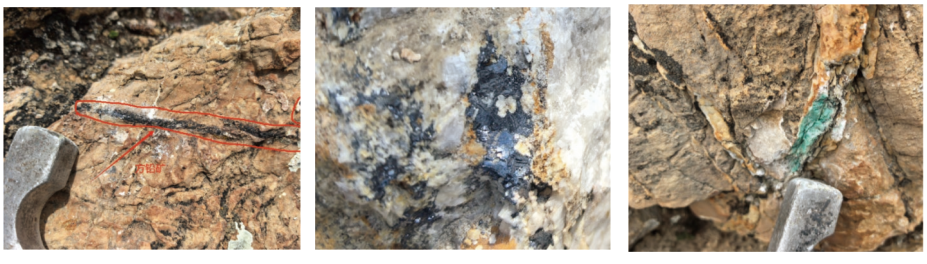
1—upper Triassic Nieru Formation; 2—lower-middle Triassic Lyucun Formation; 3—upper Permian Baidingpu Formation; 4—middle Permian Kangma Formation; 5—lower Permian bilong Formation; 6—lower Permian Polinpu Formation; 7—Quaternary Holocene series; 8—siliceous rock; 9—geological boundary; 10—primary concentration zoning; 11—secondary concentration zoning; 12—tertiary concentration zoning

图 5　HS-2 综合异常剖析

Fig. 5　Analysis of HS-2 comprehensive anomalies



(a) 断层内硅质岩充填　(b) 含矿网脉状石英　(c) 可见三期次石英脉



(d) 两期次石英脉中可见方铅矿　(e) 石英脉中可见Pb及Sb矿化　(f) 石英脉中可见孔雀石化

图 6　矿石赋存特征

Fig. 6　Ore occurrence characteristics

样 Sb 最高 0.29%。

4.4　找矿靶区圈定

研究区地处特提斯喜马拉雅构造域东段，隶属于康马—隆子地层分区[5-6]。特提斯喜马拉雅构造域是青藏高原极具代表性且重要的金锑成矿带，该构造域东段已先后发现田巴普锑矿[24]、夏隆岗铅锌锑多金属矿[25]；西段产出加当莫铅锌矿[26]，其南缘分布有马扎拉金矿[27]；此外，研究区东侧约 1 km 范围内

已发现孔拉锑矿及康马锂辉石伟晶岩矿点[28], 因此区域成矿地质条件优越, 尤其是锑—金为主矿产找矿潜力十分巨大。

本次综合分析区域成矿地质条件、成矿规律、周边已知矿点展布、前人研究成果, 以及 1∶5 万水系沉积物综合异常特征与异常查证结果, 结合区域成矿类型及控矿因素, 将成矿地质背景一致、矿化蚀变展布相同或相关、发育成矿相关化探异常的成矿有利地段圈定为找矿靶区。经综合研判, 确定 HS-2 号综合异常区为优选找矿靶区, 该靶区成矿地质条件优越, 位于构造有利部位, 区内已发现的铅、锑等矿(化)体与化探成果相吻合, 对深部找矿具有重要指导意义, 是寻找构造控矿型矿床的有利区段; 且该矿点北东约 1 km 处已发现孔拉锑矿点及北东 43 km 处发现布主金(锑)矿[29] 等多个矿点, 具备进一步工作价值。下一步建议对区内矿(化)体、物探异常区及其外围开展系统勘查, 查明矿(化)体空间分布特征及资源量潜力, 进一步扩大矿体找矿规模。

5　结论

1)研究区位于青藏高原南部、喜马拉雅山脉北麓, 属高山地貌区, 区内植被稀疏、地形切割较深, 水系发育, 且目前区内区域地质矿产工作程度整体偏低; 开展 1∶5 万水系沉积物测量能够精准圈定与矿化有关的异常, 可以快速划定找矿靶区, 工作效果较好, 证明本次工作样品介质选择正确, 采样方法可行。

2)研究区位于康玛穹隆西侧, 距康马穹隆约 20 km。前人工作表明, 穹隆周边找矿线索较多, 主要以锑、金及稀有金属为主。本次水系沉积物测量结果证实, 区内主要以 Sb、Au 元素异常为主, 并圈定组合异常 8 处, 完全吻合前人研究结论, 并取得了良好的找矿效果。

3)通过计算各地层元素富集系数、变异系数与成矿有利度系数, 剖析了研究区成矿指示元素分布特征。结果显示, 二叠系白定浦组 Au、As、Sb、Hg 富集显著、分布不均, 为金锑矿有利赋矿层位; 结合异常查证及区域类似矿床分析, 确定白定浦组(P_3b)与吕村组($T_{1\text{-}2}lc$)接触界面及 NW 向构造为区域主要成矿层位, 白定浦组(P_3b)成矿有利度系数大于 5, 是区内金锑成矿最优地层, 可为后续区域找矿提供重要依据。

4)结合异常区地质背景、异常浓度及化探异常组合特征, 对 HS-2 综合异常开展查证工作, 于白定浦组地层内圈定 5 处含铅矿化石英脉分布区及 1 处含锑构造破碎带, 进一步证实白定浦组为区内主要赋矿地层。

参考文献(References):

[1] 严明书, 李瑜, 鲍丽然, 等. 西藏申扎地区 1∶5 万水系沉积物地球化学特征及找矿意义 [J]. 物探与化探, 2016, 40(1): 10−16.
Yan M S, Li Y, Bao L R, et al. Geochemical characteristics of 1∶50, 000 stream sediments and in Xainza, Tibet, and their prospecting significance[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2016, 40(1): 10−16.

[2] 张海潮, 代克刚, 王腾, 等. 西藏达则错地区 1∶5 万水系沉积物测量地球化学特征及找矿潜力分析 [J]. 世界有色金属, 2022(16): 223−225.
Zhang H C, Dai K G, Wang T, et al. 1∶50, 000 stream-sediment geochemical characteristics and its prospecting potential analysis in the Wugacuo area, Tibet[J]. World Nonferrous Metals, 2022(16): 223−225.

[3] 赵润东, 李志军, 高一鸣, 等. 西藏狮泉河电站 1∶5 万水系沉积物测量地球化学特征及其找矿意义 [J]. 四川有色金属, 2017(3): 51−53.
Zhao R D, Li Z J, Gao Y M, et al. Geochemical characteristics of 1∶50, 000 stream sediment and in Shiquanhe, Tibet and prospecting significance[J]. Sichuan Nonferrous Metals, 2017(3): 51−53.

[4] 史长义, 梁萌, 冯斌. 中国水系沉积物 39 种元素系列背景值 [J]. 地球科学, 2016(2): 234−251.
Shi C Y, Liang M, Feng B. Average background values of 39 chemical elements in stream sediments of China[J]. Earth Science, 2016(2): 234−251.

[5] 张宇, 魏俊浩, 石文杰, 等. 藏南康马县布主金(锑)矿土壤地球化学异常信息提取及成矿预测 [J]. 黄金科学技术, 2022, 30(1): 1−18.
Zhang Y, Wei J H, Shi W J, et al. Soil geochemical anomaly information extraction and metallogenic prediction of the buzhu gold(antimony) deposit in the Kangma County, south Tibet[J]. Gold Science and Technology, 2022, 30(1): 1−18.

[6] 卿成实, 张志, 张林奎, 等. 西藏隆子县扎西康铅锌多金属矿床 XV 号矿体元素分带特征研究 [J]. 沉积与特提斯地质, 2023, 43(1): 130−144.
Qing C S, Zhang Z, Zhang L K, et al. The element zonation characteristics of No. XV ore body in Zhaxikang lead-zinc polymetallic deposit, Tibet[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2023, 43(1): 130−144.

[7] 李国猛, 姜维, 石文杰, 等. 藏南康马县布主金(锑)矿构造控矿规律及找矿预测 [J]. 地球科学, 2020, 45(6): 2117−2134.
Li G M, Jiang W, Shi W J, et al. Regularities of ore-controlling structures and exploration predictions of buzhu Au(Sb) deposit in Kangma County, south Tibet, China[J]. Earth Science, 2020, 45(6): 2117−2134.

[8] 王磊, 韩润生, 王加昇. 地球化学勘查的新技术及发展趋势 [J]. 物探与化探, 2015, 39(4): 686−690.
Wang L, Han R S, Wang J S. The new technology and development trend of geochemical survey[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2015, 39(4): 686−690.

[9] 奚小环, 戴意蕴, 王永华, 等. 中国区域化探: 历史、成就与未来 [J]. 物探与化探, 2025, 49(5): 989−1007.
Xi X H, Dai Y Y, Wang Y H, et al. Regional geochemistry of China: History, achievements and future[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2025, 49(5): 989−1007.

[10] 詹勇, 陈文庆. 西藏雪莎地区金、锑等多元素成矿化探异常特征及找矿方向 [J]. 沉积与特提斯地质, 2020, 40(4): 95−102.
Zhan Y, Chen W Q. Geochemical anomalies in Xusha area, southern Tibet: Their significances for prospecting of Au-Sb resources[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2020, 40(4): 95−102.

[11] 温海成, 杨丽慧, 刘怀金, 等. 内蒙古阿拉格乌拉地区土壤地球化学特征及找矿预测 [J]. 中国矿业, 2024, 33(S1): 532−537.
Wen H C, Yang L H, Liu H J, et al. Soil geochemical characteristics and prospecting prediction in Alagewula Area, Inner Mongolia[J]. China Mining Magazine, 2024, 33(S1): 532−537.

[12] 岳国利, 桂新星, 宋立强, 等. 藏东达翁金矿区土壤地球化学特征与找矿潜力研究 [J]. 地质与勘探, 2023, 59(6): 1204−1216.
Yue G L, Gui X X, Song L Q, et al. Soil geochemical characteristics and prospecting potential of the daweng gold mine in eastern Xizang[J]. Geology and Exploration, 2023, 59(6): 1204−1216.

[13] 李凯, 廖咏, 黄凝, 等. 新疆巴里坤望洋台一带 1∶5 万水系沉积物测量异常特征及找矿靶区优选 [J]. 物探与化探, 2019, 43(6): 1236−1245.
Li K, Liao Y, Huang N, et al. Anomaly characteristics of 1∶50, 000 stream sediment survey in Wangyangtai area of Balikun, Xinjiang, and the optimization of target areas[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2019, 43(6): 1236−1245.

[14] 曹园园, 李新虎. 地球化学综合异常的圈定及找矿效果 [J]. 物探与化探, 2017, 41(1): 58−64.
Cao Y Y, Li X H. Delineation of synthetic geochemical anomaly and evaluation of its effectiveness in ore prospecting[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2017, 41(1): 58−64.

[15] 臧金生, 王东晓, 赵瑞强. 化探异常定量评价 [J]. 物探与化探, 2014, 38(6): 1114−1118.
Zang J S, Wang D X, Zhao R Q. Quantitative evaluation of geochemical anomalies[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2014, 38(6): 1114−1118.

[16] 刘志坚, 侯明才, 张琇, 等. 宁夏中卫卫宁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, 2013, 37(4): 608−614.
Liu Z J, Hou M C, Zhang X, et al. Geochemicalcharacteristicsofstream sedimentsand oreprospectingorientationinbeishanareaofweining, Ningxia[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2013, 37(4): 608−614.

[17] 龚建生, 郎兴海, 王兆帅, 等. 西藏谢通门县雄村矿集区及其外围水系沉积物地球化学特征及异常评价 [J]. 物探与化探, 2025, 49(6): 1291−1302.
Gong J S, Lang X H, Wang Z S, et al. Geochemical characteristics and anomaly assessments of stream sediments in the Xiongcun ore concentration area and its periphery, Xietongmen County, Tibet[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2025, 49(6): 1291−1302.

[18] 汤金来, 胡睿鑫, 赵宽. 1∶5 万岳西县等四幅水系沉积物测量元素地球化学特征研究 [J]. 新疆有色金属, 2023, 46(3): 4−9.
Tang J L, Hu R X, Zhao K. Study on geochemical characteristics of elements in four river system sediments such as Yuexi County at 1∶50, 000 scale[J]. Xinjiang Youse Jinshu, 2023, 46(3): 4−9.

[19] 周斌, 王峰, 王明志, 等. 水系沉积物测量在新疆霍什布拉克地区找矿应用 [J]. 物探与化探, 2014, 38(5): 872−878.
Zhou B, Wang F, Wang M Z, et al. The application of stream sediment survey to ore-prospecting work in Huoshibulake area of Xinjiang[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2014, 38(5): 872−878.

[20] 杜保峰, 杨长青, 柴建玉, 等. 水系沉积物测量在西藏春哲地区找矿效果 [J]. 中国地质, 2018, 45(3): 604−616.
Du B F, Yang C Q, Chai J Y, et al. The effect of stream sediment survey for prospecting in Chunzhe area, Tibet[J]. Geology in China, 2018, 45(3): 604−616.

[21] 王斌, 罗彦军, 孟广路, 等. 吉尔吉斯斯坦 Au、Cu、Pb、Zn、W、Sn 矿床潜力评价——基于 1∶100 万地球化学数据 [J]. 物探与化探, 2022, 46(1): 58−69.
Wang B, Luo Y J, Meng G L, et al. Potential assessment of gold, copper, lead, zinc, tungsten, and tin deposits in Kyrgyzstan based on 1∶1, 000, 000 scale geochemical data[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2022, 46(1): 58−69.

[22] 夏云, 贾祥祥, 邴明明. 甘肃省厂坝矿集区十里铺幅和黄渚关幅 1∶50 000 地球化学数据集 [J]. 中国地质, 2020, 47(S2): 119-136, 10173-10195.
Xia Y, Jia X X, Bing M M. 1∶50, 000 geochemical dataset of shilipu and Huangzhuguan map-sheets, changba ore concentration area, Gansu Province[J]. Geology in China, 2020, 47(S2): 119-136, 10173-10195.

[23] 王磊, 胡兆国, 李向民, 等. 甘肃省党河南山乌兰达坂沟—扎子沟地区水系沉积物地球化学特征及找矿远景预测 [J]. 中国地质, 2020, 47(2): 516−527.
Wang L, Hu Z G, Li X M, et al. Geochemical characteristics of stream sediments and prediction of mining prospects in the Wulandaban-Zhazigou area, Danghe South Mountain, Gansu Province[J]. Geology in China, 2020, 47(2): 516−527.

[24] 单增顿珠. 西藏康马县田巴普锑矿床地质特征及找矿潜力分析 [J]. 西藏科技, 2019, 41(9): 22−25.
Danzengdunzhu. Geological characteristics and prospecting potential analysis of the Tianbapu antimony deposit in Kangma County, Xizang[J]. Tibet's Science & Technology, 2019, 41(9): 22−25.

[25] 王艺云, 代克刚, 黄勇, 等. 特提斯喜马拉雅成矿带夏隆岗铅锌多金属矿床闪锌矿成分特征及其地质找矿意义 [J/OL]. 沉积与特提斯地质, 2026: 1-20[2026-06-24]. https://doi.org/10.19826/j.cnki.1009-3850.2026.01006.
Wang Y Y, Dai K G, Huang Y. et al. Compositional characteristics of sphalerite and their implications for mineral exploration in the Xialonggang Pb-Zn-polymetallic deposit, Tethyan Himalayan Metallogenic Belt[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2026: 1-20[2026-06-24]. https://doi.org/10.19826/j.cnki.1009-3850.2026.01006.

[26] 李洪梁, 黄勇, 郑强, 等. 西藏特提斯喜马拉雅西段加当莫铅锌矿的发现及对区域矿产勘查的意义 [J]. 沉积与特提斯地质, 2025,

45(4): 712−723.
Li H L, Huang Y, Zheng Q, et al. Discovery of the Jiadangmo Pb-Zn deposit in western Tethyan Himalaya, Xizang, and its significance for regional mineral exploration[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2025, 45(4): 712−723.

[27] 李应栩, 李光明, 董磊, 等. 西藏马扎拉金矿区外围地质特征与找矿方向 [J]. 沉积与特提斯地质, 2018, 38(3): 88−98.
Li Y X, Li G M, Dong L, et al. Geology and exploration potential of the Mazhala gold deposit, Cuomei, Xizang: An approach[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2018, 38(3): 88−98.

[28] 次仁顿珠, 刘小驰, 毛国正, 等. 西藏康马锂辉石伟晶岩的发现与特提斯喜马拉雅锂资源前景 [J]. 岩石学报, 2025, 41(4): 1121−1134.
Ci R, Liu X C, Mao G Z, et al. Discovery of spodumene pegmatites in the Kangmar, Xizang and the lithium resource prospects in the Tethyan Himalaya[J]. Acta Petrologica Sinica, 2025, 41(4): 1121−1134.

[29] 韦宇飞. 藏南康马县布主金(锑)矿构造变形及成矿地质特征 [D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2021.
Wei Y F. Structural deformation and metallogenic geological characteristics of buzhu Au(Sb) deposit in Kangma County, south Tibet[D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing), 2021.

Geochemical characteristics and prospecting directions of the Shamada area in Xizang based on a 1∶50,000 stream sediment survey

Cirenwangdui , Danzenggongpei , Duojiweise , Nimaciren , Pingcuolangjie , Luosangwangdui
(*Xizang Autonomous Region Geothermal Geological Brigade*, *Lhasa*　850000, *China*)

Abstract: The Shamada area in Xizang, located in the eastern segment of the Tethyan-Himalayan tectonic domain, is part of the Kangma-Longzi stratigraphic subregion, representing the most distinctive and significant gold (antimony) metallogenic belt on the Qinghai-Tibet Plateau. In recent years, multiple antimony, gold, and rare metal deposits (ore occurrences) have been discovered in the periphery of the Kangma dome, suggesting superior regional metallogenic conditions and promising prospecting potential. To provide further guidance for the exploration of antimony (Sb), gold (Au), and rare metals in the study area, this study conducted a 1∶50,000 stream sediment survey. Through sample collection and comprehensive test data processing, this study plotted single-element anomaly maps of 17 elements (including Sb and Au) and integrated anomaly maps. In combination with the regional geological setting, eight composite anomalies were delineated in total. The analytical results of geochemical characteristics such as element associations, enrichment coefficients, and coefficients of variation, together with regional geological setting and metallogenic conditions, reveal that primary ore-forming elements in the Shamada area include Sb, Au, arsenic (As), and tungsten (W). Furthermore, the ore-hosted horizons are dominated by the contact interface between the Baidingpu (P_3b) and the Lvcun ($T_{1\text{-}2}lc$) formations, and important ore-controlling structures in the study area include detachment faults and NW-trending structures. The verification of the HS-2 composite anomaly reveals multiple clues about mineralization. Overall, this study provides a critical basis and technical approach for subsequent mineral exploration deployment and ore prospecting around the Kangma dome.

Key words: stream sediment survey; element content characteristics; anomaly verification; antimony-gold deposit; Xizang

(本文编辑: 蒋实)