第47卷 第4期	华北地质	VOL.47 NO.4
2024年12月	NORTH CHINA GEOLOGY	<b>DEC. 2024</b>

#### DOI:10.19948/j.12-1471/P.2024.04.10

徐剑春,刘燕戌,李文勇,乔春贵,曹安琪. 2024. 荣雄北航磁异常(藏16-35)查证研究[J]. 华北地质,47(4):91-97. Xu Jianchun, Liu Yanxu, Li Wenyong, Qiao Chungui, Cao Anqi. 2024. Investigation and verification of the Rongxiong North magnetic anomaly (Zang 16-35)[J]. North China Geology, 47(4):91-97.

# 荣雄北航磁异常(藏16-35)查证研究

徐剑春,刘燕戌,李文勇,乔春贵,曹安琪

(中国自然资源航空物探遥感中心,北京100083)

**摘 要:【研究目的】**藏东地区位于西南三江成矿带内,具有较好的成矿条件,本文依托于地调项目航磁测量结果, 选取异常形态较好的航磁(藏16-35)异常进行地物化地面综合查证,查明其异常成因。【研究方法】对该异常进行地 质剖面测量,高精度地面磁测、土壤地球化学剖面测量,并通过剖面反演等手段对异常成因进行分析。【研究结果】 查证结果表明在地表有明显的孔雀石矿化蚀变带,位于石英闪长岩内,且地面磁异常形态规则,元素含量高于背景 值,地物化异常位置对应较好。【结论】由此可以推断异常所在调查区具有很好的找矿远景,对该区其他异常的查证 和找矿研究也具有借鉴意义。

关键 词:异常查证;地质剖面;地面磁测;土壤化学测量

**创 新 点:**首次对异常所在研究区进行1/20万的航磁测量,获得了研究区的高精度航磁资料,对形态较好的藏16-35异常进行地面地物化剖面综合查证,查明了该异常成因,为研究区的下一步找矿提供支撑。

**中图分类号:** P631.2<sup>+</sup>22 **文献标志码:**A **文章编号:**2097-0188(2024)04-0091-07

# Investigation and verification of the Rongxiong North magnetic anomaly (Zang 16-35)

# XU Jianchun, LIU Yanxu, LI Wenyong, QIAO Chungui, CAO Anqi

(China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China)

Abstract: This paper is research of magnetic anomaly.

**[Objective]** East Tibet is located in the southwest Sanjiangmetallogenic belt with good metallogenic conditions. In this paper, based on the aeromagnetic survey results of the geotransport project, the aeromagnetic anomalies with good abnormal shape (Zang 16-35) were selected for comprehensive investigation of the geophysical and geochemical surface, and the causes of the anomalies were identified. [Methods]The geological profile survey, high precision ground magnetic survey, soil geochemical profile survey were carried out, and the cause of the anomaly was analyzed by means of profile inversion. [Results]The results show that there is an obvious malachite mineralization alteration zone on the surface, located in quartz diorite, and the shape of the ground magnetic anomaly is regular, the element content is higher than the background value, and the location of the geophysical and geochemical anomaly corresponds well. [Conclusions]It can be inferred that the survey area where the anomaly is located has a good prospecting prospect, and it also has reference significance for the verification and prospecting of other anomalies in this area.

收稿日期:2024-02-23

基金项目:中国地质调查局项目"新疆阿吾拉勒铁资源基地航空重磁综合调查(DD20243247)"

作者简介:徐剑春(1981—),男,高级工程师,主要从事于地球物理找矿研究,E-mail:83828995@qq.com。

<sup>\*</sup>通讯作者:刘燕戌(1982—),女,博士,固体地球物理学专业,E-mail:7773531@qq.com。

$\cap$	$\mathbf{a}$
9	2

Key words: anomaly verification; geological section; ground magnetic survey; soil chemical survey

**Highlights:** large-scale aeromagnetic survey was carried out for the first time in the study area where the anomaly was located, and high-precision aeromagnetic data was obtained in the study area. Comprehensive ground examination for physical and chemical characteristics of the Zang16-35 anomaly with good shape was carried out, and the cause of the anomaly was identified, providing support for the next step of prospecting in the study area.

About the first author: XU Jianchun, male, born in 1981, master, Geophysical prospecting research, E-mail:83828995@qq.com.

About the corresponding author: LIU Yanxu, fmale, born in 1982, Ph. D., senior engineer at researcher level, mainly engaged in mineral resource evaluation, geophysical application and metallogenic regularity research and prediction, E-mail:7773531@qq.com. Fund support:Suported by Geological Survey Project of China Geological Survey(DD20243247).

藏东地区位于我国重要成矿带之一的西南三 江成矿带内,具有良好的地质成矿条件,固体矿产 资源丰富,种类繁多(黄汲清等,1984;潘桂棠等, 2002; 熊盛青等, 2014; 任飞等, 2017; 邹光富等, 2017),最主要的矿床类型为斑岩型,其次为矽卡岩 型,其它还有热液型,风化壳型以及沉积型几种类 型(唐菊兴等,2017;戴婕等,2018;胡文峰等,2019; 刘洪等,2021;熊妍等,2022;陈福川等,2022;杜斌 等,2022;王子月等,2023;赵长歌等,2023)。成矿 期主要为印支期、燕山期。该带以形成中温、低 温热液型矿(床)点为主,少量为沉积改造型、斑 岩型,主要矿种有铁、铜、铅锌、多金属、金、锡、 钨、汞等(江彪等,2014;高兰等,2016;刘超等, 2020;何亮等,2020;刘俊等,2022)。2015年,中 国自然资源航空物探遥感中心依托地质调查项 目对藏东地区进行了比例尺为1/20万的航磁测 量,测量精度达2nT,获得了第一手的高精度实 测航磁数据,并对重点异常进行了地面踏勘和 异常查证工作,基本查明了所选异常的地质成 因,为研究航磁局部异常与铁铜等多金属矿床 的关系以及下一步航磁资料综合解释提供了重 要依据(熊盛青等,2012)。本文依托于该项目 成果,根据航磁反映的岩性、地质构造特征,结 合区域成矿规律,选取了荣雄北航磁异常(编号 为藏16-35)进行地面异常地物化综合查证(从 丽娟等,2012;周军等,2013;高学生等,2015;邱 林等,2016;刘桂梅等,2018;马艳飞等,2021;杨 学明等,2021;吕梦鸿等,2022;俞礽安等, 2024),对铁、铜、铅锌等多金属矿找矿预测,为

该区进一步开展地质找矿工作提供可能的矿致

异常和找矿预测区,对藏东地区进一步的地质找矿 工作具有指导意义。

# 1 区域地质概况

异常所在位置位于怒江结合带东侧(图1),怒 江结合带为班公湖一怒江结合带东段部分,班公 湖—怒江结合带是羌塘—三江地层大区与冈底斯 —喜马拉雅地层大区的分界线(郑有业等,2017;伍 登浩等,2018;雷传扬等,2019;刘文等,2019;方向



图1 异常所在区域构造图及地质图 Fig.1 Structural map and geological map of the anomaly area

1一第四系;2一喜山期侵入岩;3一白垩系多尼组;4一白垩系宗给组;
5一侏罗系拉贡塘组;6一侏罗系桑卡拉佣组;7一燕山期侵入岩;
8一燕山期侵入岩;9一地质界线;10一断裂

93

等,2020;王冬兵等,2021)。断裂带主体由规模巨 大的蛇绿岩与蛇绿混杂岩组成,沿断裂带有早、晚 白垩世和古、新近纪陆相火山喷发活动。

异常区内主干断裂皆为北东向的逆冲推覆击 逆冲滑脱断裂,构成叠瓦式构造体系,这些断裂对 藏东地区的隆起起到了关键作用,为含矿热液的运 移和成矿提供了良好的构造条件。

异常区出露侏罗纪和白垩纪地层,侏罗纪地层 包括中侏罗世希湖组(J<sub>2</sub>xh)、马里组(J<sub>2</sub>m)、桑卡拉 佣组(J<sub>2</sub>s)、晚侏罗世拉贡塘组(J<sub>3</sub>l);希湖组(J<sub>2</sub>xh)分 布于洛隆县北俄西乡一带,岩性为板岩、石英砂岩 局部夹安山岩;马里组(J<sub>2</sub>m)、桑卡拉佣组(J<sub>2</sub>s)、拉 贡塘组(J<sub>3</sub>l)沿怒江断裂带分布,岩性为板岩、砂岩 夹灰岩等。

白垩纪地层发育不全,仅有早白垩世多尼组 (K<sub>i</sub>d)和朱村组(K<sub>i</sub>ź),分布情况同侏罗纪地层。多 尼组(K<sub>i</sub>d)岩性为杂砂岩、砂岩、页岩;朱村组(K<sub>i</sub>ź) 岩性为中酸性凝灰岩、角砾岩、集块岩,少量安山 岩、英安岩及中基性凝灰岩。

侵入岩属冈底斯花岗岩带,主要形成于侏罗纪 一早白垩世。冈底斯带花岗岩体主要为规模巨大 的多期、多阶段侵入的杂岩体和复式岩体。花岗岩 的围岩为侏罗—白垩系拉贡塘组和宗给组等地层。

第四纪主要为冲积、湖积、冰川堆积、洪积、残 积、坡积等。

2 研究区地球物理特征

测区属中等强度磁场区,多为正负伴生的条带 状异常,东北及东部磁异常走向多为北西西、北西 或近南北,西南部磁异常走向多为东西向。

岩矿石磁性数据是航磁解释的重要基础,是联 系地质与地球物理场的桥梁,是减少磁异常反问题 多解性的重要途径,经过项目组实地测量,研究区 磁性参数统计结果如表1。

沉积岩磁性:如砂岩、粉砂岩、泥岩等磁性微弱,磁化率平均值约14×10<sup>5</sup>SI,极大值小于90×10<sup>5</sup>SI;区内的白云岩、灰岩基本无磁性,平均值<5×10<sup>5</sup>SI。

变质岩磁性:泥质变砂岩、变质砂岩、板岩、千 枚岩、片岩、大理岩等原岩为沉积岩的表现为弱磁

表	1 研究区磁性参数统计表			
Table 1	Statistical table of magnetic			
parameters in the study area				

비가가가보피	物性点数	采样个数 -	磁化率 / ×10-5SI		
石炉 白尖型			极小	极大	平均
沉积岩	108	3 240	0	90	14
变质岩	78	2 365	0	3 800	1 511
火山岩	20	632	2	10 525	893
侵入岩	61	1 942	0	11 189	2 015
矿石	5	139	25	97 632	48 298

性或无磁性,磁化率平均值<10×10<sup>5</sup>SI;斜长片麻 岩、黑云斜长片麻岩多表现为弱磁性,磁化率值从0 到1590×10<sup>5</sup>SI,平均值<200×10<sup>5</sup>SI;绿片岩、绿帘阳 起石片岩、角闪斜长片麻岩磁性较强,其中角闪斜 长片麻岩磁化率极大值为3800×10<sup>5</sup>SI,这类磁化率 高的变质岩可形成局部强磁异常。

火山岩磁性:酸性火山岩流纹岩表现为弱磁性, 磁化率极大值37×10<sup>5</sup>SI,平均值22×10<sup>5</sup>SI;中性、基 性火山岩磁性较强。其中,粗面岩磁性较强,磁化率 平均值790×10<sup>5</sup>SI,并且伴有200×10<sup>3</sup>A/m左右的剩 磁;安山岩磁性变化大,磁化率极小值8×10<sup>5</sup>SI,极 大值10525×10<sup>5</sup>SI,平均值1320×10<sup>5</sup>SI,可引起剧 烈变化的强磁异常;橄榄玄武岩磁性较强,磁化率 平均值868×10<sup>5</sup>SI,可引起剧烈变化强磁异常。

区内的中酸性、中性侵入岩磁性变化较大,磁 性较弱的如正长花岗岩,磁化率极大值为165× 10<sup>5</sup>SI,强的如蚀变闪长岩,磁化率极大值为4943× 10<sup>5</sup>SI;基性、超基性侵入岩磁性最强,磁化率平均值 大于3000×10<sup>5</sup>SI,磁性最强的是超基性岩纯橄岩, 磁化率平均值为5663×10<sup>5</sup>SI,极大值为11189× 10<sup>5</sup>SI。

区内的磁铁矿磁性最强,测定的磁铁矿石磁化 率极大值为97 632×10<sup>5</sup>SI,平均值为48 298×10<sup>5</sup>SI。

# 3 异常区航磁特征

荣雄北异常(藏16-35)位于西藏自治区昌都地 洛隆县硕督镇荣雄村西北部,表现为叠加于低背景 场上的低缓磁正磁异常,异常平面上呈椭圆形(图 2),长轴走向近东西,长1.5 km,宽1.1 km,异常极大 值17.0 nT,正磁异常的北侧伴有负磁异常,异常极 小值-39.0 nT。剖面图测线间距为2 km,异常仅在 一条测线上有显示,呈尖峰状。 94

#### 华北地质



图2 荣雄北异常航磁等值线图、剖面图 Fig.2 Anomalous aeromagnetic contour map and section map of Rongxiong North

# 4 异常查证方法

异常区内穿越异常极大值点布设1条地物化综合剖面主剖面,剖面走向0°,剖面长2.2 km,点距为40 m。

针对荣雄北异常,部署了地质剖面测量、高精 度磁法剖面测量及化探剖面测量,提供地物化背景 解释,寻找矿化线索,为下一步工作开展提供依据; 同时初步掌握磁性体、矿(化)体赋存的围岩、构造 等地质特征。地质剖面测量方法为采用手持GPS 测定起点,测绳量距,罗盘定向,同时收集坡度角和 产状等数据,对剖面进行详细的分层、描述和记录。

地面物探剖面测量包括对出露的岩石进行磁 化率测量和对剖面的地面高精度磁法测量,磁化率 测量采用的是中国自然资源航空物探遥感中心生 产的磁化率仪,地面磁法测量使用重庆奔腾生产的 WCZ-1质子磁力仪,分别对剖面出露的岩石进行磁 化率和地磁强度的测量。

化探样品截取粒级为-10至+60目,原始采集重 量要求大于300g,为了保证样品的代表性,采样方 法采用"一点多坑法",在采样点周围5m范围内3 ~5个地点采取样品合并为一个样品,土壤样分析 项目为Au、Ag、Cu、Pb、Zn、W、Sn、Mo、Bi、Sb等10 种元素。

#### 5 结果分析

#### 5.1 地质特征

剖面出露地层主要为侏罗世桑卡拉佣组(J,s)

石英砂岩、长石砂岩,根据地质剖面图(图3a)可知, 剖面见有石英闪长岩出露,出露宽度1200m左右, 16'~17'之间见有2m宽断层破碎带,产状190° ∠72°,破碎带内石英脉发育,脉体表面孔雀石化、黄 铁矿化、黄铜矿化。剖面南侧发育25m宽闪长玢 岩,岩体强蚀变,普遍粘土化、绢云母化、少量褐铁 矿化、碳酸盐化。

#### 5.2 磁场特征

地磁剖面上均表现为两侧低而平稳中间高的 磁场特征,异常走向北西西,异常宽度700m,剖面 异常峰值为1510nT(图3b)。

100点~180点区段:本段磁场值较为平稳,基 本无明显波动变化,ΔT强度范围为0~50 nT,表明 本段为相对弱磁性地质体,经地质剖面测量知,该 区段主要为石英砂岩,其磁化率平均值 κ=21.0×10<sup>5</sup> SI,为弱磁性岩类,因此推断该段主要为石英砂岩 的反映。

180点~270点区段:本段磁场变化明显,总体 呈圆弧状,异常峰值为1510 nT,异常段出露岩性主 要为石英闪长岩,其磁化率平均值κ=4882×10<sup>5</sup>SI, 为中等磁性岩类,由此推断该圆弧状高值磁异常主 要为石英闪长岩引起。

270点~320点区段:本段磁场值较为平稳,基 本无明显波动变化, $\Delta T$ 强度范围为-50~0nT,表明 本段为相对弱磁性地质体,经地质剖面测量知,该 区段主要为石英砂岩,其磁化率平均值 $\kappa$ =21.0×10<sup>5</sup> SI,为弱磁性岩类,因此推断该段主要为石英砂岩 的反映。 超星·期刊





(a)—地质剖面图;(b)—地磁剖面及磁化率图;(c)—化探元素剖面图
 1一第四系洪积物;2—长石石英砂岩;3—石英闪长岩;4—整合接触界线;
 5—断层破碎带;6—孔雀石化;7—黄铁矿化;8—侵入接触界线;
 9—剖面方位角;10—剖面产状

#### 5.3 地球化学特征

通过土壤剖面测量及元素分析可见,土壤多元 素异常与高磁异常对应较好。根据图3c可以看出, 剖面异常分布范围大,土壤曲线波动幅度较大。除 剖面两端,土壤异常以Au、Cu、Mo、Bi为 主,其中Au元素含量占比最高值可达 311.5×10°,Cu元素含量占比最高值可达 609.3×10°,Bi元素含量占比最高值可达 16.36×10°,Mo元素含量占比最高值可达 19.6×10°,元素异常高值区与石英闪长岩 大致对应,特别在石英闪长岩与地层接触 部位,元素含量多为极大值,远高于背景 值,且地表出露孔雀石矿化蚀变带。

#### 5.4 异常的推断解释

荣雄北航磁异常与地磁异常整体形态相对应,且场强度相对较高。土壤异常以Au、Cu、Mo、Bi为主,对应于石英闪长岩分布区域及石英闪长岩与砂岩的接触部位,且磁高异常位置与石英闪长岩分布位置对应较好,因此推断该异常主要为石英闪长岩的反映,该异常地物化异常对应较好,具有较好的找矿远景。

# 6 剖面反演

依据该区地质概况,结合该区多金 属矿成矿规律建立地质模型,对该主剖 面进行了磁法合反演计算,利用感磁加 一半剩磁的方法求出模型磁性体的磁化 强度,石英闪长岩:1.967 A/m,砂岩: 0.0028 A/m。模型的有效磁化倾角为 47.94°,有效磁化偏角为-0.64°,地磁场T= 50 637.6 nT,其反演结果见图4。

由图4可以看出计算曲线与实测曲线 拟合相对较好,引起该异常的磁性体主要 为出露的石英闪长岩岩体以及隐伏的似板 状石英闪长岩岩体,推断隐伏的石英闪长 岩隐伏于石英砂岩,顶板埋深50~100 m, 宽200~300 m,其走向延伸约1.4 km,引 起局部低缓磁高异常,引起该航磁异常主 体为出露的闪长岩岩体,其地面位置与地

质剖面测量位置基本对应,其走向延伸约1.4 km,且 埋深相对较浅,推断岩体宽度在600~700 m,埋深在 500~600 m,围岩主要为侏罗世桑卡拉佣组,岩性为 石英砂岩、长石砂岩。 96



图4 荣雄北异常2.5D反演地质剖面图 Fig.4 2.5D inverse geologic profile of Rongxiong North anomaly ①—J2s;②— $\delta o$ (is=47.94°, Ds=-0.64°, Js=196.73×10-2A/m);③—J2s

由此推断该航磁异常主要由石英闪长岩引起, 岩体边部位置伴有明显的土壤异常,主要为Au、 Ag、Cu、Mo、Bi异常,元素套合较好,元素含量远高 于背景值,且异常破碎带内见石英脉,脉体表面孔 雀石化、黄铁矿化、黄铜矿化发育,其地质、物探、化 探对应关系较好,具有较好的找矿远景。

#### 7 结论

(1)通过地质剖面测量,查明了异常的地层、构造以及岩浆岩特征,磁测剖面测量以及磁化率剖面测量,并通过反演计算,细化了地下磁性体的位置与形态,通过土壤地球化学测量以及元素分析可见,土壤多元素异常与高磁异常对应较好。

(2)通过分析航磁异常特征,结合土壤地球化 学测量以及地质剖面测量,通过地物化剖面综合测 量分析了异常成矿的可能性,为其他相似异常查证 提供查证思路。

(3)通过测量分析,荣雄北异常(藏16—35)土 壤元素异常极为明显,地表见到明显的孔雀石矿化 蚀变带,矿化带宽2m,位于石英闪长岩内,且地面 磁异常形态规则,具有很好的找矿前景。

#### 中文参考文献

- 陈福川,程晓林,韩润生,等.2022.西南三江金厂河砂卡岩型多金属 矿床铁同位素分馏机制及其对成矿物质来源的制约[J].岩石学 报,38(1):157-171.
- 丛丽娟,余学中,徐昆,等.2012.地、物、化、遥在内蒙古二连一东乌 旗地区航磁异常查证中的应用:以航磁蒙C-2007-275异常为 例[J].世界地质,31(2):412-419.
- 戴婕,倪师军,黄勇,等.2018.西藏朱诺斑岩型Cu-Mo矿床成矿斑岩 金红石成因及找矿指示意义[J].地质学报,92(6):1228-1239.
- 杜斌,李高,王磊,等.2022.藏东玉龙斑岩型铜(-钼-金)矿床地质 特征及找矿标志[J].矿产勘查,13(1):19-28.
- 方向,宋扬,唐菊兴,等.2020.西藏班公湖一怒江成矿带商旭金矿成 矿时代探讨及其地质意义[J].地质学报,94(11):3376-3390.
- 高兰,肖克炎,丛源,等.2016.西南三江锌铅银铜锑金成矿带成矿特 征及资源潜力[J].地质学报,90(7):1650-1667.
- 高学生,苏永军,梁建刚,等.2015.多种方法组合在内蒙古二连一东 乌旗地区航磁异常查证中的应用:以蒙C-2007-9-1为例[J].地 质调查与研究,38(2):134-140.
- 何亮,代顺军,邵锐,等.2020.藏东类乌齐一左贡成矿带地果大型石 墨矿床含矿岩体时代与矿床成因[J].地球科学,45(8):2932-2944.

胡文峰,张烨恺,刘金华,等.2019.西藏冈底斯斑岩型铜钼矿床的

Cu、Mo同位素组成及其意义[J].地球科学,44(6):1923-1934.

- 黄汲清,陈炳蔚.1984.特提斯—喜马拉雅构造域初步分析[J].地质学报,58(1):1-17.
- 江彪,邓军,张长青.2014.西南三江地区沉积岩容矿型铅锌矿成矿 特征和成矿规律[J].地质学报,88(12):2532-2544.
- 雷传扬,唐菊兴,吴建亮,等.2019.班公湖一怒江缝合带西段昂龙岗 日地区沙木罗组火山岩的岩石大地构造学研究[J].地质论评, 65(3):573-588.
- 刘超,吴德成.2020.西南三江成矿带脚基坪铜矿床成矿地质特征及 控矿因素分析[J].矿产与地质,34(6):1023-1029.
- 刘桂梅,林星,徐新学,等.2018.新疆西昆仑东段1/5万航磁异常特 征及找矿方向浅析[J].地质调查与研究,2(41):127-133.
- 刘洪,黄瀚霄,张林奎,等.2021.西藏冈底斯成矿带西段鲁尔玛晚三 叠世斑岩型铜(金)矿点的发现及意义[J].沉积与特提斯地质,4 (4):599-611.
- 刘俊,李文昌,周清,等.2022.藏东类乌齐一左贡成矿带构造演化与成矿作用[J].沉积与特提斯地质,42(91):88-104.
- 刘文,尹显科,吴建亮,等.2019.西藏班公湖—怒江缝合带西段去申 拉组泥质硅质岩的发现及其地质意义[J].地质通报,38(4): 484-493.
- 吕梦鸿,刘洪,袁剑飞,等.2022.综合物探方法在西藏冈底斯成矿带 西段鲁尔玛斑岩型铜(金)矿的找矿应用[J].地质找矿论丛, 2022,37(4):524-534.
- 马艳飞, 霍清华, 郑玉生. 2021. 综合物探方法在航磁异常查证中的 应用[J]. 有色金属(矿山部分), 73(2): 87-94.
- 潘桂棠,李兴振,王立全,等.2002.青藏高原及邻区大地构造单元初 步划分[J].地质通报,21(11):701-707.
- 邱林,周军,刘晓葳,等.2016.综合物探在四川会理拉拉航磁异常查 证中的应用[J].物探化探计算技术,38(5):603-609.
- 任飞,潘桂棠,尹福光,等.2017.西南三江地区洋板块地层特征及构

造演化[J]. 沉积与特提斯地质, 37(4):9-16.

- 唐菊兴,王勤,杨欢欢,等.2017.西藏斑岩一砂卡岩一浅成低温热液 铜多金属矿成矿作用、勘查方向与资源潜力[J].地球学报,3 (5):571-613.
- 王冬兵,王保弟,潘桂棠,等.2021.班公湖一怒江结合带东段早石炭 世洋壳残片及其古特提斯意义[J].岩石学报,37(10):3048-3066.
- 王子月,陈建平.2023.藏东玉龙斑岩型铜矿带综合信息找矿预测[J]. 地质学刊,47(3):282-290.
- 伍登浩,高顺宝,郑有业,等.2018.西藏班公湖一怒江成矿带南侧砂 卡岩型铜多金属矿床S、Pb同位素组成及成矿物质来源[J].吉 林大学学报(地球科学版),48(1):70-86.
- 熊盛青,丁燕云,李占奎.2012.西藏地区重磁场特征及藏东构造格 局新认识[J].地质论评,58(2):201-207.
- 熊盛青,丁燕云,李占奎.2014.西藏及西南三江深断裂构造格局新 认识[J].地球物理学报,57(12):4097-4109.
- 熊妍,唐菊兴,唐攀,等.2022.西藏甲玛斑岩成矿系统闪锌矿矿物学 特征及其地质意义[J].矿床地质,41(6):1164-1181.
- 杨学明,李世斌,韩杰,等.2021.基于重磁异常的天津市平原区深部 构造特征识别[J].华北地质,1(44):61-69.
- 俞礽安,司庆红,彭胜龙.2024.砂岩型铀矿综合探测技术和实践:以 二连盆地BYH铀矿为例[J].华北地质,3(47):23-35.
- 赵长歌, 邹光富, 毛英, 等. 2023. 西藏岗讲斑岩铜钼矿床黑云母二长 花岗斑岩的成因和构造背景[J]. 矿物岩石, 43(1):96-105.
- 郑有业,次琼,吴松,等.2017.西藏班公湖-怒江成矿带荣嘎斑岩型 钼矿床的发现及意义[J].地球科学,42(9):1441-1453.
- 周军,王绪本,杨代彬,等.2013.综合物探在会东航磁异常查证中的 应用[J].中国地质,4(40):1290-1297.
- 邹光富,毛英,毛琼,等.2017.西南三江地区大地构造演化与成矿作用[J].矿物岩石,37(1):15-29.