doi: 10.11720/wtyht.2026.0005
王虹霖, 胡俊峰, 吴文贤, 等. 综合物探在西藏鑫龙—郎美拉铜金矿区勘查中的应用[J]. 物探与化探, 2026, 50(4): 627-634. https://doi.org/10.11720/wtyht.2026.0005
Wang H L, Hu J F, Wu W X, et al. Application of integrated geophysical exploration in the Xinlong-Langmeila copper-gold ore district, Tibet[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2026, 50(4): 627-634. https://doi.org/10.11720/wtyht.2026.0005

综合物探在西藏鑫龙—郎美拉铜金矿区勘查中的应用

王虹霖, 胡俊峰, 吴文贤, 衡少东, 邱东, 张天府
(中国地质调查局 军民融合地质调查中心, 四川 成都 610036)

摘 要: 西藏中拉萨地体中段的鑫龙—郎美拉矿区成矿潜力巨大, 由于深部矿体及断裂带延伸不明确, 制约了下一步的找矿工作。为了更好地查明矿体走向及深部断裂和隐伏矿床情况, 结合矿区主要为“方铅矿+辉砷镍矿+金和黄铁矿+金+石英”的组合模式, 采用“激电中梯扫面+激电测深+音频大地电磁测深”方法进行综合探测, 结合钻孔和地质资料, 查明了矿体位置及走向, 圈定了激电异常和有利靶区, 厘定了控矿断裂构造。本次探测结果表明该综合物探方法在金矿勘探中具有可实施性, 也为在同类型条件下的找矿勘探工作提供了借鉴。

关键词: 鑫龙金矿; 综合物探; 大功率激电; 激电异常; 音频大地电磁测深 (AMT)
中图分类号: P631; P31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2026)04-0627-08

0 引言

西藏地区是我国黄金的重要产区之一, 开发历史悠久, 主要以盛产砂金闻名, 出现了以崩纳藏布、夏拉藏布为代表的砂金矿床, 但岩金矿始终未能取得较大突破。随着国家第二轮找矿突破行动的开展, 对西藏地区深部找矿的力度加大, 通过水系调查及异常查证, 发现了位于西藏中拉萨地体中段尼玛县当惹雍错西岸的鑫龙—郎美拉金矿, 矿床类型认定为高硫化浅成低温热液型金矿[1-3] 。受地形、地貌及高海拔缺氧等因素影响, 该区域尚未大规模开展综合物探工作, 矿区相关矿床的空间分布、隐伏岩体及断裂构造的展布特征不够明确。为此, 开展了相关的物探工作。

激发极化法是寻找含硫化物矿床的有效勘查方法, 在相关金属矿勘查中均有较好的效果[4-7]。利用激电中梯扫面测量对激电异常进行综合分析, 针对激电异常和成矿有利区进行激电测深, 进一步查明异常区空间状态。音频大地电磁测深能较好地确定隐伏地质体及深大构造带的空间展布形态, 可结合地质情况推测成矿有利部位和找矿靶区[8-12]。结合钻孔验证, 证明该综合方法在该矿区深部找矿具有指导意义。

1 矿区地质特征

1.1 地层

矿区地层出露主要为拉嘎组、昂杰组、下拉组、下白垩统则弄群扎列拿组火山岩和第四系(图 1)。上石炭统—下二叠统拉嘎组(C_2-P_1l)岩性为长石石英砂岩, 主要发育褐铁矿化, 分布在矿区东北部; 下二叠统昂杰组(P_1a)岩性为泥质粉砂岩夹灰岩组合, 分布在矿区中南部; 上二叠统下拉组(P_3x)岩性为灰岩, 分布在矿区南部及东南部; 下白垩统则弄群扎列拿组火山岩(K_1z)岩性主要为安山质、英安质、流纹质熔岩及火山碎屑岩组合, 主要发育硅化及褐铁矿化, 为矿区主要赋矿地层; 第四系(Q)以河流相冲洪

收稿日期: 2026-01-07; **修回日期:** 2026-03-01
基金项目: 中国地质调查局项目(DD20243091)
第一作者: 王虹霖(1996-), 男, 工程师, 主要从事综合地球物理探测找矿工作。Email: wanghonglin@163.com
通讯作者: 胡俊峰(1992-), 男, 工程师, 主要从事综合地球物理探测找矿工作。Email: 1179176232@qq.com

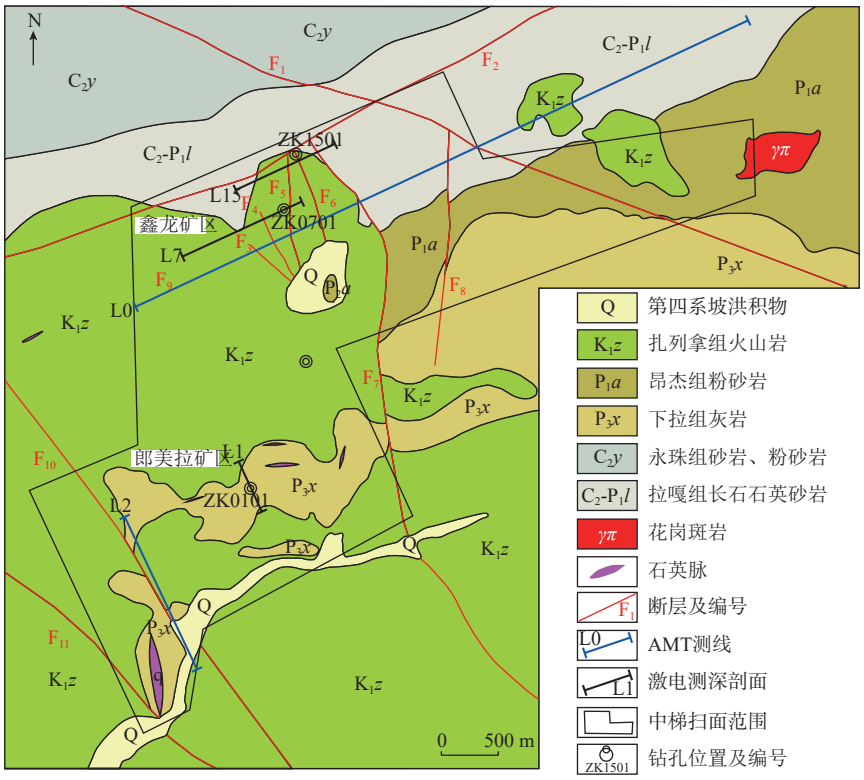


图 1　矿区地质简图

Fig. 1　Geological map of the mining area

积物为主，分布在矿区南侧。

1.2　构造

鑫龙—郎美拉矿区处于三级构造单元措勤—措麦断裂带与沙莫勒—麦拉—洛巴堆—米拉山断裂之间，北部为鑫龙矿区，南部为郎美拉矿区。区内构造较为复杂，发现断裂构造 11 条，为金矿的形成提供了良好的条件。其中，F_1、F_3、F_9、F_{10}、F_{11} 呈 NWW 向产出，F_2 呈 NE 向产出，F_4、F_6 呈 NW 向产出，F_5、F_7、F_8 呈近 SN 向产出。F_3、F_4、F_5、F_6 位于矿区中北部，破碎带内主要为强硅化构造蚀变岩，地表可见孔雀石化、中—高级泥化、黄(褐)铁矿化、硅化等，为主要的控矿构造。

2　矿区地球物理特征

研究区矿化与围岩存在明显的电性差异是开展地球物理勘探的基础。采用物性仪对矿区岩石电性(极化率、电阻率)进行测定，共测定标本 230 组，统计结果见表 1。

表 1　岩石电性统计

Table 1　Statistical of rock electrical properties

岩石	地层	标本数量	ρ/(Ω·m)		η/%	
			变化范围	平均值	变化范围	平均值
石英砂岩	C_2-P_1l	34	812～3 102	2 421	0.53～4.35	1.97
粉砂岩	P_1a	35	86～363	135	0.34～5.16	2.15
灰岩	P_3x	30	128～1 269	638	1.27～12.3	5.36
硅质流纹岩	K_1z	35	1 512～8 657	4 628	1.25～8.32	3.75
流纹岩	K_1z	30	613～2 369	1 357	1.86～7.93	3.12
英安岩	K_1z	36	1 032～4 317	2 338	0.58～6.61	2.86
安山岩	K_1z	30	1 175～3 612	2 381	0.42～4.27	1.43

由表 1 可知：拉嘎组石英砂岩显示为高阻、低极化特征；昂杰组粉砂岩显示为低阻、低极化特征；下拉组灰岩显示为低阻、高极化特征；扎列拿组火山岩中，硅质流纹岩显示为高阻、高极化特征，流纹岩及英安岩显示为高阻、中高极化特征，安山岩则显示为高阻、低极化特征。由此可见，区内极化率较高的岩

性主要分布在扎列拿组火山岩及下拉组灰岩中, 范围变化较大, 可能是由于矿化程度不均匀所致, 其他岩性均显示为较低极化特征, 具备电法探测的条件。

3　地球物理方法技术

3.1　激电中梯

采用激电剖面法中常用的中间梯度装置, 通过采集视电阻率和视极化率数据, 快速圈定深部某一区间的横向电性异常分布。在浅、中、深硫化矿及多金属矿等极化体的勘查中, 在化探异常基础上使用该方法进行大面积扫面工作, 能够快速达到普查和异常查证的目的, 对层状、陡倾脉状及破碎带平面定位较好, 且工作效率高、成本低。但该方法仅能反映平面信息且探测深度受限, 难以确定隐伏矿体的产状及埋深, 易受地形、碳质层、电磁耦合等干扰。

3.2　激电测深

该方法采用激发极化法中的对称四极装置, 以单测点为中心, 通过改变测量电极(*MN*)间距, 逐步扩大供电电极(*AB*)极距, 保持 *AM*=*NB*, 对不同极距下的电阻率和极化率等参数变化进行分析, 并对不同深度的地质体电性特征进行反演, 获取测点在不同深度的地质断面电性情况。该方法适用于激电异常的精细验证, 可获取垂向电性与极化信息, 用于确定极化体埋深、厚度及延伸情况。但其缺点也较明显: 单点工作效率低, 不适合大面积扫面; 探测深度受极距限制, 受地形干扰明显; 对陡倾薄层矿脉分辨能力差, 反演多解性较强。

3.3　音频大地电磁测深（AMT）

AMT 法采用加拿大凤凰公司 MTU-5A 系列, 测量频率范围为 10 400～1 Hz, 共观测 4 个电磁场分量, 测量深度约为几米到两公里。根据相应的电磁场值, 分别计算两个电性主轴方向的视电阻率和相位值, 兼顾浅部和深部信息, 统一对音频大地电磁进行反演计算或概率成像, 求取地下电性分布情况。由于其探测深度大、穿透高阻覆盖区能力强, 适用于深部找矿、圈定断裂构造及隐伏岩体与复杂构造调查, 能清晰划分电阻率结构。但易受人文电磁噪声的干扰, 浅部分辨率较低, 反演多解性强, 需要结合地质资料及其他物探资料进行约束。

4　数据采集与成果解释

4.1　测线布置与数据采集

在研究区开展了 AMT 法和激发极化法测量工作。AMT 测线布设了 2 条: L0 长度为 6 km, 方位为 65°, 点距 80 m; L2 线长度 1.6 km, 方位角 155°, 点距 40 m。激电剖面测量共布设 65 条测线, 线距 100 m, 点距 20 m, 总面积达 15 km^2。在局部异常区布设了 3 条共 65 个激电测深点(见图 1)。

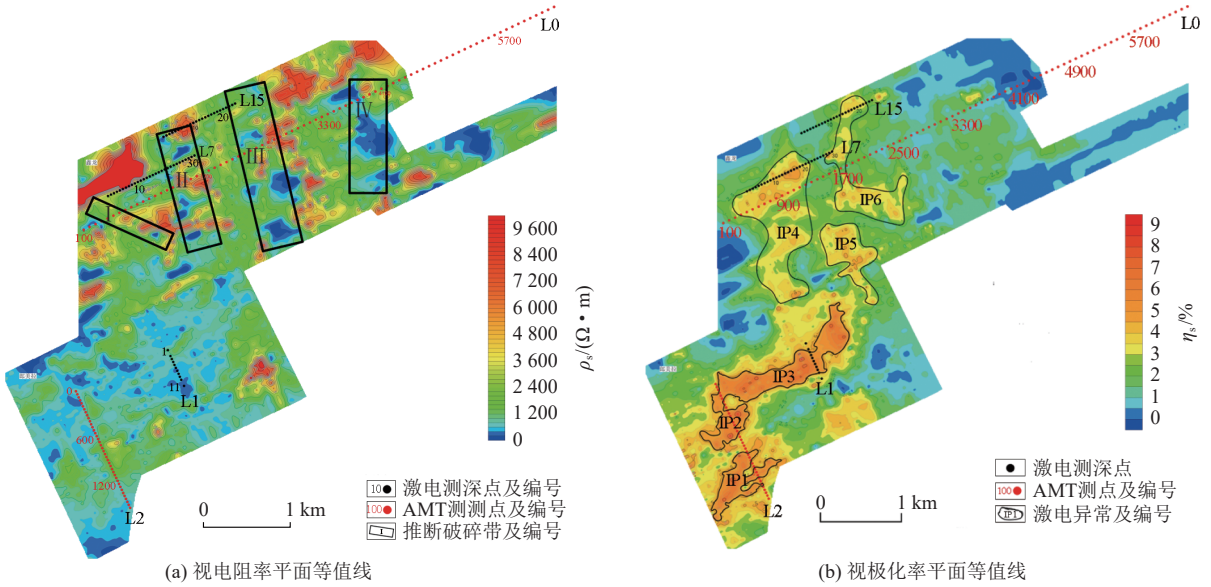
AMT 使用加拿大凤凰地球物理公司生产研制的 V5 多功能电法仪、AMTC-30 磁传感器, 主要布极方式采用“十”字型, 极距为 40 m。结合矿区地质资料及地形实际情况, 采集时间为 45 min, 观测有效频率为 10 400～1 Hz, 根据趋肤深度公式计算后, 勘探深度能够达到探测目标深度的要求。激发极化法采用中梯装置及对称四极装置, 数据采集设备采用重庆奔腾公司 WDJS-3C 数字直流激电接收仪及 WDFZ-20T 发射机。激电中梯测量参数: *AB*=1 500 m, *MN*=40 m, 点距 20 m, 线距 100 m, 旁测距离 250 m, 符合旁测距离≤5/*AB* 的规范要求,发射功率为 10 kW。激电测深的最小、最大电极距分别为 10 m 和 800 m。测量过程中, 对检查点进行重复观测, 激电中梯和激电测深的误差均<3.5%, 符合规范要求。

4.2　激电中梯扫面成果解释

对激电中梯扫面数据进行整理, 剔除个别畸变和异常点后, 分别绘制视电阻率平面等值线图和视极化率平面等值线图(图 2), 因研究区东北侧地形过于陡峭且道路不通达, 故出现部分空白区。

图 2a 显示, 视电阻率整体表现出北高南低的区域特征, 大部分区域视电阻率保持在 1 200～2 400 Ω·m, 其中北部鑫龙矿区视电阻率>3 500 Ω·m 区域较多, 零星分布 0～500 Ω·m。结合矿区已有地质资料, 推断高阻区为则弄火山岩与后期火山热液交代产生硅化并在断裂破碎带中出现强硅化所致; 低阻区域均分布于断裂构造带中, 受断裂影响, 岩层中富集大量水分导致出现部分低阻团块, 故划分出 4 条断裂破碎带, 断裂带Ⅰ号对应断层 F_9, Ⅱ号对应断层 F_3~F_6, Ⅲ号对应断层 F_7, Ⅳ号对应断层 F_8。南部郎美拉矿区视电阻率大部分在 0～2 000 Ω·m, 整体视电阻率较低, 推测构造断裂带较少, 则弄扎拿组火山岩受断裂带强硅化影响程度较少, 其中东部出现团块状高阻区, 结合地质资料, 推测为完整的安山岩所致; 西侧推断 1 条断裂破碎带Ⅴ对应断层 F_{10}。

视极化率表现出西高东低的区域特征(图 2b), 高极化率异常体均分布在则弄拿组(K_1z)的强硅化火山岩及下拉组(P_1x)的灰岩中, 极化率值均大于 3%(在无矿化背景区域里极化率通常表现较低, 一般低于 1%)。结合视电阻率, 共圈定极化率异常体 6 处。其中, 研究区南部的郎美拉矿区有 3 处高极化



(a) 视电阻率平面等值线　　(b) 视极化率平面等值线

图 2　大功率激电中梯探测结果

Fig. 2　Results of high-power IP mid-gradient survey

率异常区(IP1～IP3)，最高可达 9%，特征为低阻、高极化，整体形态呈 2 条近 EW 向的条带状。结合地质资料综合分析，该走向与下拉组灰岩走向及分布情况基本一致，推测矿体产出于则弄火山岩和下拉组灰岩的岩性界面中，且异常规模巨大。研究区北区鑫龙矿区有 3 处高极化率异常区(IP4～IP6)，最高达 5%，特征为高阻、高极化，整体形态为 3 条带状异常体，均呈现近 NS 向展布，夹杂在Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号断裂破碎带之间，与地质上 SW 向、近 NS 向断层密切相关；推测破碎带Ⅲ、Ⅳ中间夹杂部位对应的中极化率(2%～3%)区域也同样具备成矿潜力，是重要靶区。

4.3　音频大地电磁成果解释

在激电中梯成果基础上，在鑫龙中部部署 1 条 6 000 m 长、测线方位 65°的 AMT 剖面及测深磁测剖面。由图 3 可知，纵向上电阻率由西往东大致可分为低阻—高阻—中低阻—中高阻—低阻—高阻，最西侧 0～1 000 m 段电阻率表现为直立略向西倾呈“囊状”的低阻体；800～2 000 m 段鑫龙次火山机构电阻率表现为陡立柱状体，推测为次火山机构后期侵入所致；2 000～3 000 m 段出现中低阻异常，分布情况与激电扫面结果基本吻合。在 3 000～5 000 m 段出现高阻异常，两端分布有高磁异常，在磁异常平面等值线中表现为环磁异常，推测为隐伏

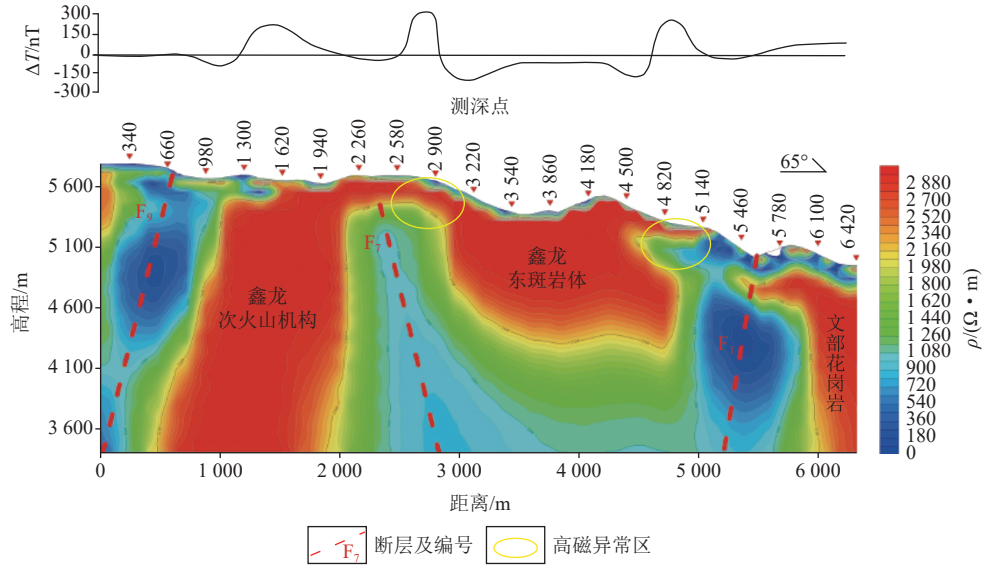


图 3　L0 线音频大地电磁测深反演断面及磁测剖面

Fig. 3　Inverted section of audio magnetotelluric and magnetic profile along line L0

斑岩体; 东北侧 6 000 m 段出露的文部花岗岩与高阻异常对应较好, 与地质情况吻合。L0 线较好地展现出鑫龙矿区深部构造与酸性岩体的接触和展布关系。鑫龙火山机构为金矿提供成矿物质来源, 低阻区域划分 F_7、F_9 断层及次级构造为主的控矿构造, 为金矿的富集创造出良好的通道及条件, 揭示出该区域深部成矿条件及找矿潜力。

在南部郎美拉西侧部署 1 600 m长、测线方位 155°的 AMT 剖面 L2(图 4)。电阻率纵向上由北往南具有低阻—中高阻—高阻区域特征, 0～600 m 中部出现陡立“椭圆”状低阻体, 大部分低于 500 Ω·m, 同时伴随高极化异常带(IP2); 600～1 200 m 段中部高程 4 800 m 以下出现的中高阻体, 推测为下拉组灰岩, 浅部出现的高阻体推测为扎列拿组火山岩体, 呈角度不整合覆盖在灰岩体上, 在其岩性接触带中伴随高极化异常带(IP1), 整体表现与激电结果及地质认识较为一致。

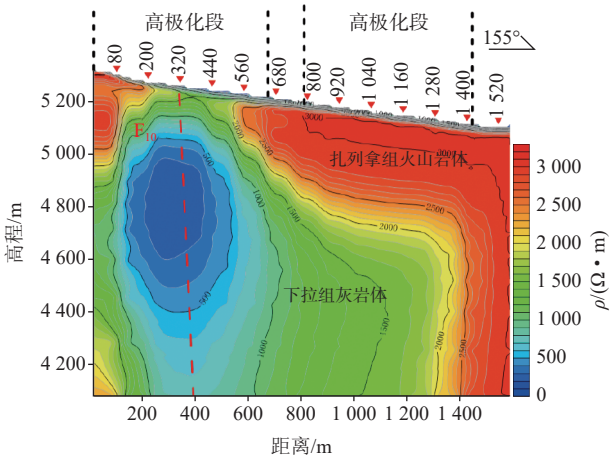


图 4　L2 线音频大地电磁测深反演断面

Fig. 4　Inverted section of audio magnetotelluric along line L2

综上, 音频大地电磁测深较好地展现出鑫龙—郎美拉矿区的深部构造与酸性岩体的分布关系。

4.4　激电测深成果解释

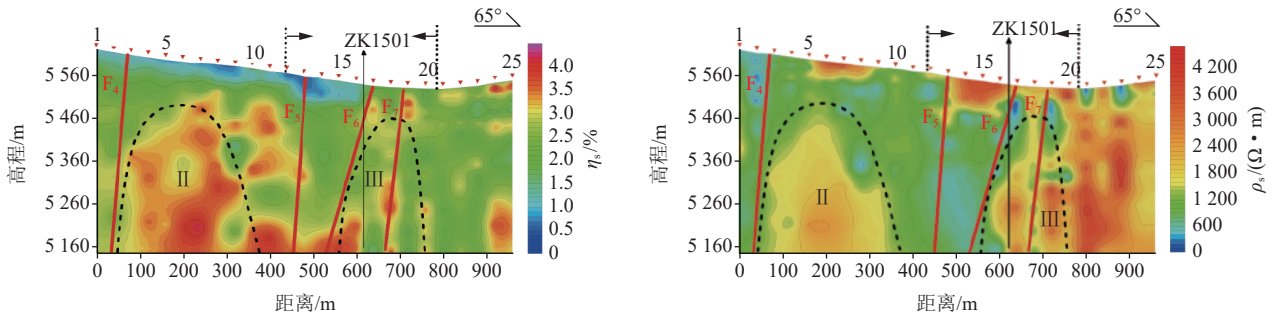
综合中梯扫面及音频大地电磁测深成果, 针对矿化异常带, 选择在鑫龙北部、中部以及郎美拉东侧分别部署 L15、L7 及 L1 共 3 条激电测深剖面(图 5、图 6)。

由图 5 可知, L15 线视电阻率等值线整体表现为中高阻, 在测点 100～300 m、600～800 m 及高程 5 460～5 160 m 处显示为高阻异常, 推测为流纹质凝灰岩和石英砂岩; 其西侧浅部显示低阻异常, 推测为粉砂岩; 600～800 m 处显示为中低阻, 结合地质分析推测为断裂破碎所致。视极化率对应的位置显示为高极化, 结合地质及“高阻高极化”电性特征, 圈定出Ⅱ、Ⅲ号矿化带, 极化率及电阻率产状均呈现较为陡立、深部异常变宽的特征, 说明矿化体有往深部延伸扩大的趋势。其中, Ⅱ号矿化带主要分布在 F_4、F_5 断层中, 受该断裂破碎控制, Ⅲ号矿化带受 F_6、F_7 断层控制。100～400 m段的高阻、高极化体位置与中梯高阻、低极化在极化率结果上不匹配, 分析其原因可能与装置本身、测量条件、探测深度和弱异常屏蔽有关: 中梯 *AB* 极距较大, 侧重于浅部扫描, 测量时间短、速度快, 导致弱信号容易疏漏; 激电测深侧重深部探测, 单点停留时间长, 对局部极化体更灵敏, 再加上中梯与测深测量时间相隔一年以上, 受天气、环境、人文等因素影响, 测量条件变化较大, 极易出现结果不一致的情况。

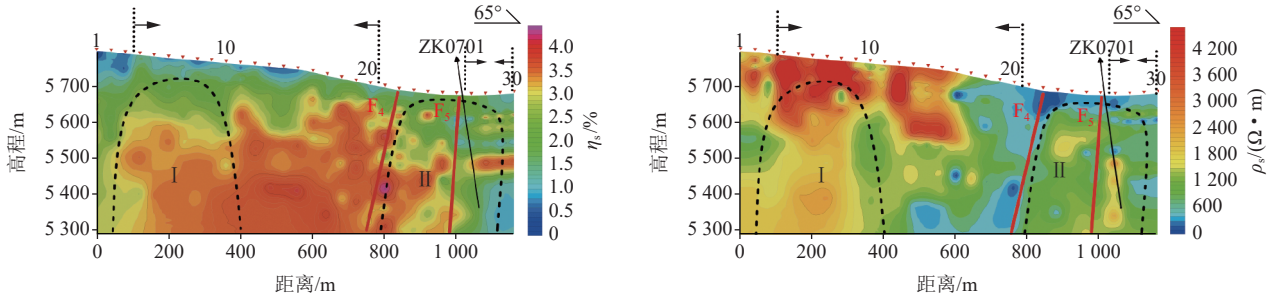
L7 线视电阻率纵向上表现为高阻—低阻—中高阻的分区特征: 0～400 m、400～600 m 区段的浅部显示为高阻, 推测为流纹岩; 800～1 100 m 段显示为中高阻, 推测为流纹质凝灰岩; 而中部的中低阻体中断续出现低于 300 Ω·m 的团块状低阻体, 结合地质推测是受 F_4 断层影响所致。L7 线视极化率整体呈现高极化特征, 结合视电阻率, 圈定了 2 处高阻、高极化带(Ⅰ、Ⅱ), 其中Ⅰ号矿化带对应 IP4, Ⅱ号矿化带对应 IP5、IP6。

郎美拉 L1 线视电阻率整体表现为中低阻, 在 100～400 m、高程 5 220 m 上段出现团块状中高阻异常, 推测为下拉组灰岩; 下段出现低阻体, 推测为安山质角砾熔岩及流纹岩。距离 0～100 m、高程 5 020 m 处出现中高阻异常, 推测为灰岩。距离 300～400 m、高程 5 120～4 920 m 处出现低阻异常, 推测该处存在隐伏断层。L1 线的极化率呈现低—中—高的层状特征, 其深部极化率异常与中梯高极化异常段对应较好。由此可认为该处激电异常为矿化异常体, 为岩浆热液岩沿围岩接触带及隐伏断层侵入, 与围岩发生接触变质等作用成矿。

结合激电中梯、AMT、激电测深结果综合分析, 北部鑫龙矿区存在 4 条断裂破碎带(Ⅰ～Ⅳ), 其中Ⅰ～Ⅲ号是主要的控矿构造, 受构造影响出现强硅化蚀变, 同时也为金矿的富集提供了有利条件, 表现为 3 条近 NS 向的高极化矿化带。激电测深结果显示其主异常带——Ⅱ号断裂带呈现近 NS 向条带状展布, 视极化率峰值达 4%, 视电阻率为 4 000 Ω·m, 埋深约 150 m, 倾角较陡, 平面上异常沿断裂构造带展布, 整体表现为高阻、高极化特征, 与区内成矿地质条件匹配较好。南部圈定一条长 1 200 m、宽 200～300 m、近 EW 向的矿化异常带(IP1、IP2、IP3), 走向



(a) L15线视极化率和视电阻率拟断面



(b) L7线视极化率和视电阻率拟断面

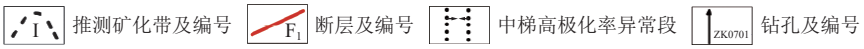


图 5　激电测深 L15、L7 线等值线拟断面

Fig. 5　Contour pseudo-section of IP sounding along lines L15 and L7

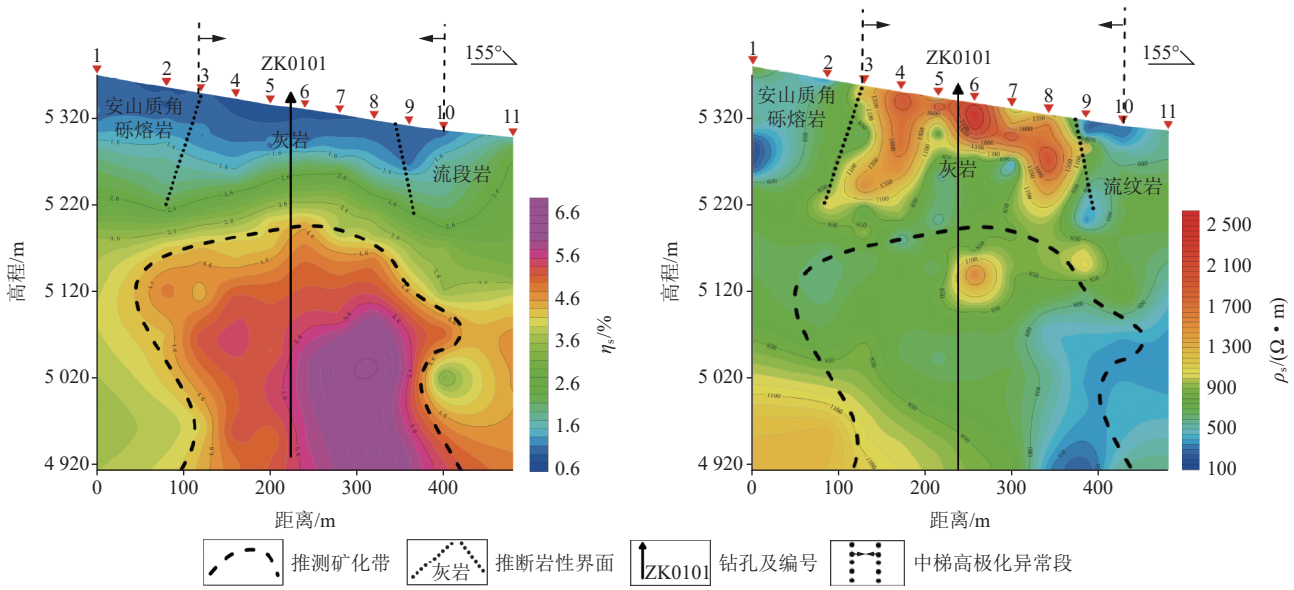


图 6　郎美拉激电测深 L1 线等值线拟断面

Fig. 6　Contour pseudo-section of IP sounding along line L1 in Langmeila

与下拉组灰岩较为一致，推测矿体产出于围岩接触带中。同时，IP1、IP2 受 F_{10} 构造带控制，该异常带视电阻率相对较低，约为 600 Ω·m，视极化率峰值达 6%，埋深约 100 m，倾向陡立略向南倾，平面上沿围岩接触带呈 EW 向展布，表现为中低阻、高极化特征。

在物探异常与矿化关系解释过程中，矿化体与围岩在物理性质上存在差异，并通过地球物理场的变化表现出来，矿化通常伴随岩(矿)石物性被改变，比如：密度、电阻率、极化率、磁化率等，这些物性的变化形成了可被观测到的物探异常。但物探异常不等于矿化，例如构造、岩性接触带、蚀变、碳质层、地下水等也可形成类似的矿化异常导致多解性，只有当矿化引起的物性差异足够显著、规模和埋深匹配探测方法、干扰体影响较小时，异常才能真实地反映矿化空间位置。因此，在异常解释过程中，必须结合地质、化探等资料进行综合分析，通过“物性差

异—场异常—地质体—矿化”的链式机制, 才能实现可靠的矿化解释与评价。

5　异常验证

整体物探工作结束后, 针对鑫龙二号矿化带及郎美拉 IP3 矿化带, 分别实施 ZK1501、ZK0701、ZK0101 钻孔验证。其中 ZK0701 孔深 341.49 m, 在 206.7 m 处见矿, 累计见矿 68 m, 金品位较高, 见矿效果良好。将钻孔岩心编录结果和激电测深结果进行逐段对比, 结果表明: 0～60 m 段岩性为坡积物及破碎状流纹质角砾岩, 矿化蚀变特征为弱硅、高岭土化等, 对应的测深异常特征为低阻、低极化; 60～180 m 段岩性为流纹质角砾岩、(破碎状)流纹质含角砾凝灰岩及含砾粉砂岩, 矿化蚀变特征为强硅化、高岭土化及黄铁矿化, 对应测深为中高阻高极化异常特征; 200～280 m 段岩性为流纹质含角砾熔岩, 是主要的含矿岩层, 蚀变特征为细脉状金矿化、黄铁矿化、方铅矿化、黝铜矿化等, 主要硫化物为方铅矿、黄铁矿、闪锌矿等, 对应测深高阻高极化异常特征较好。

ZK1501 在 260 m 出现闪锌矿、辉铜矿、黄铁矿等硫化物, 与测深 L15 线 200 m 标高电阻异常体吻合较好; 镜下显示金主要产自黄铁矿、石英和方铅矿中。郎美拉 ZK0101 在 130 m 起见黄铁矿、毒砂等硫化物, 并发育硅化、绿帘石化等矿化蚀变, 分析显示金矿化较强, 结果与测深 L1 线极化异常峰值对应较好。通过钻探验证与物探异常的深度对比, 较好地排除了浅表岩性变化和破碎带引起的非矿干扰, 明确了矿区激电异常的矿致属性, 提升了对矿区矿致异常及赋存规律的认识。

6　结论

1)通过物探成果并结合研究区矿床(体)特征, 圈定了找矿有利靶区 6 处, 识别控矿断裂带 6 条(F_4～F_7、F_9～F_{10}), 均为成矿提供有利的条件。其中, F_4～F_7、F_9 断裂带为鑫龙矿区主要控矿构造, F_{10} 断裂带为郎美拉 IP2、IP3 异常区主要控矿构造。

2)初步确立了鑫龙—郎美拉区域“构造带+围岩接触带”是圈定硫化型浅成低温热液矿床有利靶区的重要标志。鑫龙矿区为构造破碎带中的高阻、高极化体, 郎美拉矿区为下白垩统则弄群扎列拿组火山岩与上二叠统下拉组围岩接触带中的中低阻、高极化体。

3)在高硫型浅成低温热液矿床中, 采用激电中梯扫面、音频大地电磁测深、激电测深综合物探方法, 可充分发挥各单一物探方法的技术优势, 实现互补: 激电中梯扫面能够快速圈定异常范围, 锁定找矿靶区; 激电测深能有效查明异常体的埋深、产状、形态及规模; AMT 可精准探测深部构造特征与地层接触关系, 为异常成因提供深部证据。3 种方法组合应用, 有效规避了单一物探方法在异常解释中的多解性, 提高了解释的可靠性和找矿命中率。建议在相似类型的矿床勘查中, 在经费充足的情况下优先采用该方法组合, 过程中需结合矿区地质特征及时优化各方法的工作参数, 同时结合地质、槽探、钻探等工程手段进行约束验证, 进一步提升矿体定位的精度和找矿效果。

参考文献(References):

[1] 陈伟, 宋扬, 刘青枰, 等. 西藏班公湖—怒江成矿带南缘鑫龙金矿的发现及意义 [J]. 矿床地质, 2022, 41(6): 1245−1257.
Chen W, Song Y, Liu Q P, et al. Discovery and significance of Xinlong gold deposit in southern margin of Bangonghu-Nujiang metallogenic belt[J]. Mineral Deposits, 2022, 41(6): 1245−1257.

[2] 邸梦想, 陈伟, 翟德高, 等. 西藏中拉萨地体中段鑫龙金矿矿床地质特征及找矿潜力浅析 [J]. 中国地质调查, 2024, 11(5): 21−28.
Di M X, Chen W, Zhai D G, et al. Geological characteristics and prospecting potential of Xinlong gold deposit in the central section of Middle Lhasa block of Tibet[J]. Geological Survey of China, 2024, 11(5): 21−28.

[3] 李光明, 曾庆贵, 雍永源, 等. 西藏冈底斯成矿带浅成低温热液型金锑矿床的发现及其意义——以西藏弄如日金锑矿床为例 [J]. 矿床地质, 2005, 24(6): 595−602.
Li G M, Zeng Q G, Yong Y Y, et al. Discovery of epithermal Au-Sb deposits in Gangdese metallogenic belt of Tibet and its significance: Case study of Longruri Au-Sb deposit[J]. Mineral Deposits, 2005, 24(6): 595−602.

[4] 李忠, 张小兵, 黄钊, 等. 激电中梯及音频大地电磁测深(EH-4)在镇雄银厂湾铅锌矿区勘查中的应用 [J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2023, 45(S1): 22−29.
Li Z, Zhang X B, Huang Z, et al. Applocationof Ⅰ Pelectric elevator and audio magnetoteuric(EH-4)in the exploration of Zhenxiong Yinchangwan lead-zn mining area[J]. Journal of Yunnan University: Natural Sciences Edition, 2023, 45(S1): 22−29.

[5] 宋立伟, 王会军, 王铁强, 等. 综合地球物理探测在金矿预测中的应用——以胶东郑家金矿为例 [J]. 中国地质调查, 2024, 11(2): 43−50.
Song L W, Wang H J, Wang T Q, et al. Application of integrated geophysical methods in gold deposit prediction: A case study of Zhengjia gold deposit in Jiaodong area[J]. Geological Survey of China, 2024, 11(2): 43−50.

[6] 何俊飞. 综合物探在新兴都斛铜矿床勘查中的应用 [J]. 物探与化探, 2024, 48(2): 375−381.

He J F. Application of comprehensive geophysical prospecting in exploration of the Duhu copper deposit in Xinxing County[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2024, 48(2): 375−381.

[7] 王金鑫, 张嵩松, 赵文广, 等. 综合地球物理勘探方法在安徽范水洼地区金矿找矿中的应用 [J]. 中国地质调查, 2021, 8(5): 35−44.
Wang J X, Zhang S S, Zhao W G, et al. Application of comprehensive geophysical methods in gold deposits prospecting in Fanshuiwa area of Anhui Province[J]. Geological Survey of China, 2021, 8(5): 35−44.

[8] 吕梦鸿, 刘洪, 袁剑飞, 等. 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): 424−434.
Luy M H, Liu H, Yuan J F, et al. Application of integrated geophysical methods to Luerma porphyre Cu(Au)deposit[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2022, 37(4): 424−434.

[9] 左焕成, 郑伟, 吴小勇, 等. 综合物探在西藏尼木斑岩铜矿找矿中的应用 [J]. 四川地质学报, 2012, 32(S2): 174−178.
Zuo H C, Zheng W, Wu X Y, et al. Application of comprehensive geophysical prospecting in prospecting for Nimu porphyry copper deposit in Tibet[J]. Acta Geologica Sichuan, 2012, 32(S2): 174−178.

[10] 文武, 张承杰, 田仁聪, 等. 综合物探方法在西藏努日钨铜多金属矿床东部远景区勘查中的应用 [J]. 矿产与地质, 2023, 37(6): 1240−1248.
Wen W, Zhang C J, Tian R C, et al. Application of comprehensive geophysical exploration method in the exploration of the east prospective area of Nuri tungsten-copper polymetallic deposit in Tibet[J]. Mineral Resources and Geology, 2023, 37(6): 1240−1248.

[11] 黄朝宇. 西藏帮铺东段铅锌矿综合物探特征及深部找矿预测 [D]. 长沙: 中南大学, 2023.
Huang C Y. Comprehensive geophysical exploration characteristics and deep ore prospecting prediction of the lead zinc deposit in the eastern bangpu, Tibet[D]. Changsha: Central South University, 2023.

[12] 陆桂福, 米宏泽, 刘瑞德, 等. 综合物探在斑岩型银钼多金属矿勘查中的应用 [J]. 物探与化探, 2014, 38(4): 835−839.
Lu G F, Mi H Z, Liu R D, et al. The application of integrated geophysical exploration technology to the prospecting for porphyry silver-molybdenum polymetallic deposits[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2014, 38(4): 835−839.

Application of integrated geophysical exploration in the Xinlong-Langmeila copper-gold ore district, Tibet

WANG Hong-Lin, HU Jun-Feng, WU Wen-Xian, HENG Shao-Dong, QIU Dong, ZHANG Tian-Fu

(*Civil-Military Center of Geological Survey of China Geological Survey*, *Chengdu* 610036, *China*)

Abstract: The Xinlong-Langmeila ore district, located in the middle segment of the central Lhasa Terrane in Tibet, holds considerable potential for mineralization. However, the extension of deep ore bodies and fault zones in the ore district remains poorly understood, posing a challenge to subsequent ore prospecting. This study aims to ascertain the strikes of ore bodies, as well as the distributions of deep faults and concealed deposits. Given that the galena-gersdorffite-gold and pyrite-gold-quartz assemblages predominate in the ore district, this study performed an integrated geophysical exploration by combining induced polarization (IP) central gradient array survey, IP sounding, and audio-frequency magnetotellurics (AMT). In combination with drilling and geological data, this study determined the locations and strikes of ore bodies, delineated IP anomalies and favorable prospecting targets, and identified ore-controlling fault structures. The results of this study demonstrate that integrated geophysical exploration is feasible for gold deposit exploration while also providing a valuable reference for ore prospecting under similar geological conditions. geological conditions.

Key words: Xinlong gold deposit; integrated geophysical exploration; high-power induced polarization (IP); IP anomaly; audio-frequency magnetotellurics (AMT)

(本文编辑: 叶佩, 沈效群)