

doi:10. 6053/j. issn. 1001-1412. 2016. 03. 016

西藏扎西康铅锌银矿床含矿走滑断裂 地球物理特征及找矿方向

焦彦杰, 梁生贤, 郭 镜, 张 伟, 廖国忠

(中国地质调查局成都地质调查中心, 成都 610081)

摘要: 扎西康铅锌银矿床位于北喜马拉雅大陆边缘褶冲带内, 是西藏扎西康整装勘查区中大型铅锌银共生矿床之一。矿床赋存于下侏罗统日当组, 容矿岩石为含碳钙质板岩、钙质板岩和构造角砾岩, 矿体严格受近SN向和NE向断裂控制, 呈脉状、透镜状产出。通过岩石物性分析, 认为矿体具有中低电阻和中低极化的物性特征。在矿集区开展了音频大地电磁法(AMT)和激发极化法试验, 结合地质地球物理初始模型, 从地质背景、勘查模型角度分析, 含矿走滑断裂的围岩具有中低极化率、断裂走向与极化率条带一致的特征; 认为在中低极化率区域存在断裂, 且断裂走向的垂直方向存在高极化、低电阻区, 赋矿可能性较大。

关键词: 扎西康铅锌银矿床; 含矿走滑断裂; 地球物理特征; 找矿方向; 西藏

中图分类号: P631; P618.4 **文献标识码:** A

0 引言

扎西康铅锌银矿床位于西藏自治区山南地区的隆子县日当镇。矿床所在区域属于特提斯—喜马拉雅构造域中段的北喜马拉雅大陆边缘褶冲带, 北邻朗杰学增生杂岩带, 南侧为藏南拆离系, 其构造演化与雅鲁藏布江新特提斯洋的演化和大陆碰撞造山作用有关^[1-3]。扎西康整装勘查区分布有多个钨锡矿床、铅锌矿床和铋金矿床, 位于该区中北部的扎西康铅锌银矿床是目前最具开发利用前景的大型矿床^[4-5]。

扎西康矿区位于藏南高山地带, 地形切割强烈, 第四纪覆盖层发育, 矿区深部地质、构造及含矿特征均需要借助地球物理和山地工程等手段予以揭示。本文对扎西康铅锌银矿床的地球物理模型和物探勘查成果进行了总结, 认为含矿走滑构造在平面上与

中高极化率梯级带关系密切, 剖面上与中高电阻率表征的破碎带有关, 并结合区域地质和地球物理特征探讨了本区的找矿方向^[6]。

1 区域地质概况

西藏山南扎西康地区的区域构造演化与特提斯洋的演化和印度大陆与亚洲大陆的碰撞作用密切相关, 晚古生代以来, 区域经历了复杂的地质构造演化过程。在印度大陆与欧亚大陆沿雅鲁藏布江结合带发生碰撞和青藏高原隆升过程中, EW向的藏南拆离系和SN向构造是区域最为重要的构造体系^[7-8]。

区域地层属于藏滇地层大区的康马—隆子和北喜马拉雅2个地层分区, 区内发育强烈褶皱的中生代地层, 主要为侏罗系日当组、陆热组、遮拉组、维美组和侏罗—白垩系桑秀组浅变质碎屑岩夹火山岩。

区域岩浆岩分为中基性和中酸性两类, 均呈岩

收稿日期: 2015-07-20; 改回日期: 2015-10-27; 责任编辑: 岳振欢

基金项目: 科技部国家重点基础发展计划(973计划)课题“青藏高原南部矿床勘查模型与定位预测技术”(编号:2011CB403105)和中国地质调查局项目(编号:12120115022701、12120114050701)资助。

作者简介: 焦彦杰(1978—), 男, 高级工程师, 主要从事地球物理勘查与方法研究、地质找矿方面的工作。通信地址: 四川省成都市一环路北三段2号; 邮政编码: 610081; E-mail: 57641101@qq.com

表 1 扎西康矿区主要断裂特征

Table 1 Characteristics of major faults in Zhaxikang area

断裂	断裂性质	断裂产状	长度/m	宽度/m	矿化和蚀变
F ₁	平移,局部张性	走向近 SN	1 400		弱锑、铅、锌矿化,褐铁矿化、黄铁矿化、硅化
F ₂	平移,局部张性	走向近 SN	1 300	1~12	铅锌矿体、褐铁矿化条带、硅化、黄铁矿化
F ₅	张性正断层	走向 SN	450	5~8	铅锌锑银矿化、褐铁矿化、硅化、方解石化、黏土化
F ₆	张性正断层	W $\angle$ 55°	470	2~15	铅锌锑银矿化、褐铁矿化、硅化、黄铁矿化、方解石化、黏土化、石英岩化、绿泥石化
F ₇	张性正断层	265°~295° $\angle$ 45°~70°	600	1~30	铅锌锑银矿体、褐铁矿化、硅化、黄铁矿化、方解石化、黏土化、石英岩化、绢云母化、绿泥石化

株状或岩脉状产出,形成于燕山期和喜马拉雅期,以喜马拉雅期为主^[9-10]。主要的侵入岩岩体有早白垩世马扎拉闪长岩(K₁ δ)、晚白垩世辉绿玢岩(K₂ $\beta\mu$)、古近纪花岗斑岩(E₁ $\gamma\pi$)和新近纪错那洞白云母二长花岗岩基(N₁ γm)等。

区域构造以近 EW 向的 N 倾逆冲推覆构造和近 SN 向的高角度张扭性构造为主,兼有 NE 向和 NW 向走滑断裂。其中,近 SN 向和 NE 向的张扭性走滑断裂是扎西康铅锌银矿区的主要控矿断裂,也是铅锌矿体的容矿断裂。

2 矿区地质与岩石物性特征

2.1 矿区地质特征

矿区地层主要为下侏罗统日当组(J_{1r})和上侏罗统维美组(J_{3w}),其次为少量沿沟谷地带及台地分布的第四系(Q)。下侏罗统日当组在矿区范围分布广泛,岩性主要为黑色含碳钙质板岩、页岩与泥灰岩、砂岩互层,夹燧石团块及凝灰质砂岩,是区内的含矿层位和矿源层。上侏罗统维美组分为 2 个岩性段,与下伏日当组第一岩性段呈断层接触。

由于受区域褶皱和断裂的影响,矿区断裂构造发育。根据地质填图和工程揭露,共厘定了 16 条断裂。其中,F₂,F₄,F₅,F₆,F₇为矿区主要的含矿构造,F₁局部矿化,F₁₂为区域性断裂。矿区由于后期构造的影响和断裂多期次活动叠加,使矿体不断受到改造

和破坏(表 1)。扎西康铅锌银矿床矿体的产出严格受控于构造破碎带,以 SN 向张扭性破碎带为主,遇破碎带发育、交汇、扭张部位矿体变得厚大、稳定,品位增高。矿区共圈出 10 个矿体。其中,V 号铅锌矿体为主矿体,产于矿区西部,地表揭露长度 260 m,单工程厚度最大 10.12 m,平均厚度 6.67 m,深部控制长度>1 200 m(图 1);Ⅶ号、Ⅷ号铅锌矿体位于 F₁₃断裂带,走向 NE,为原生矿体,深部延伸最大至 300 m。

矿化带主要有硫锑铅矿化、方铅矿化、闪锌矿化、黄铁矿化、褐铁矿化等,银主要赋存在方铅矿和硫锑铅矿中^[5,11]。围岩蚀变主要有硅化、黄铁矿化、

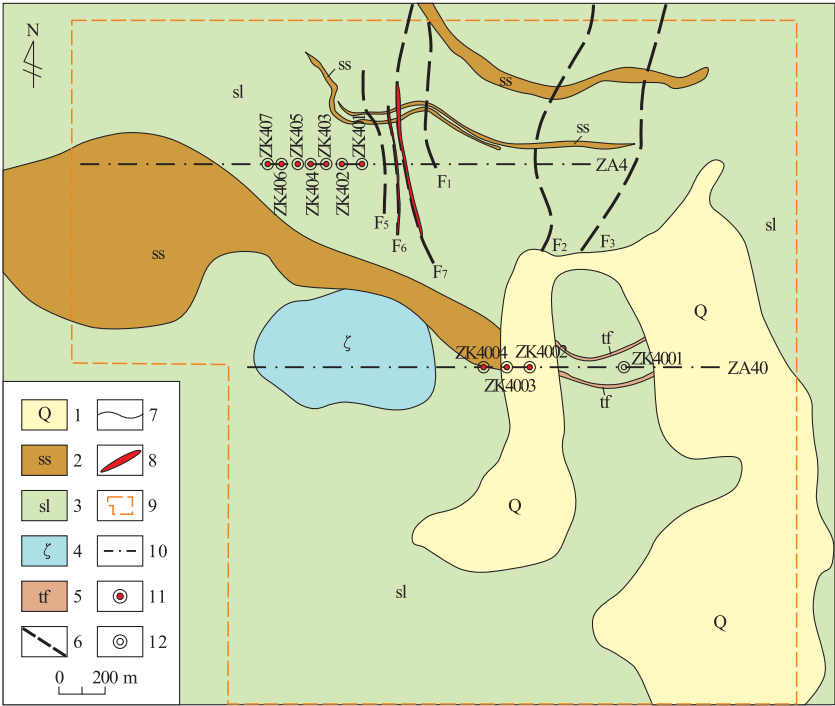


图 1 扎西康矿区物探工作及地质背景略图

Fig. 1 Sketch of geophysical survey and geological background of Zhaxikang area

1. 第四系;2. 砂岩;3. 板岩;4. 英安岩;5. 凝灰岩;6. 推测断裂;7. 地质界线;
8. 矿体;9. 激电测量范围;10. AMT 测线;11. 见矿钻孔;12. 未见矿钻孔

褐铁矿化、方解石化、绿泥石化等,硅化、黄铁矿化、褐铁矿化与铅锌矿化关系最为密切,在强蚀变带的板岩中往往形成较好的铅锌矿或者富矿体。

根据野外构造调查和统计数据分析,含矿断裂大部分为 W 倾、高角度的张性断裂。扎西康矿区 V 号矿体含矿构造形态呈反复曲折、不规则形态、时而尖灭的特征^[12-13]。

2.2 岩石物性特征

扎西康地区的沉积环境以浅海-深海相砂岩、泥岩及板岩为主,伴有陆相碎屑沉积岩,受后期变质改造,多为浅变质岩地层。主要为含碳钙质板岩、硅质岩、泥岩和砂岩,从地球物理角度,大量的含碳钙质板岩是极化率测量的干扰因素,往往给推断验证带来困难。而通过一些岩石物性方面的研究,可以发现含矿走滑构造的特征。

采集区域主要的岩石样品和矿集区钻孔岩心样品,进行了岩石标本电阻率、极化率的测量与研究。从图 2a 可见,碳质板岩和含碳钙质板岩的极化率较高,电阻率较低;凝灰岩、钙质板岩则为高电阻、低极化特征。岩石的电阻率和极化率在图 2a 中呈垂直的两个方向展布,而作为目标体的含铅锌矿角砾岩,

主要位于他们的交叉区域^[14-15],即极化率 $\eta=3\% \sim 8\%$,电阻率 $\rho=100 \sim 500 \Omega \cdot m$,说明岩石标本的极化率具有明显的两高一低特征,电阻率则相反。图 2b 和图 2c 为主矿体的岩心样品物性分析,尽管岩性较为单一,但更能说明电阻率与岩石钙质成分多少成正相关,而铅锌矿体则处于高低电阻率和高低极化率界面位置。从本矿区的统计结果看,可以利用围岩表现出的两低或两高特征来进行判断,排除黄铁矿、(含碳)钙质板岩等因素的干扰。

3 含矿走滑断裂的地球物理特征

3.1 矿区激电特征

除了物性测量和统计工作外,针对含矿走滑断裂进行了矿区激电性质的研究。由图 3a 可见,矿区的 V 号主矿体主要分布在低(A)区,即中低极化率区域,赋存于 F_5 、 F_6 和 F_7 断裂中,高极化率的地质体多呈 SN 走向,多条含矿走滑断裂呈雁行条带状沿极化率的梯级带展布,极化率为 $3\% \sim 8\%$; VII、VIII 号矿体分布于低(C)区,以 NE 向断裂为主要的赋矿

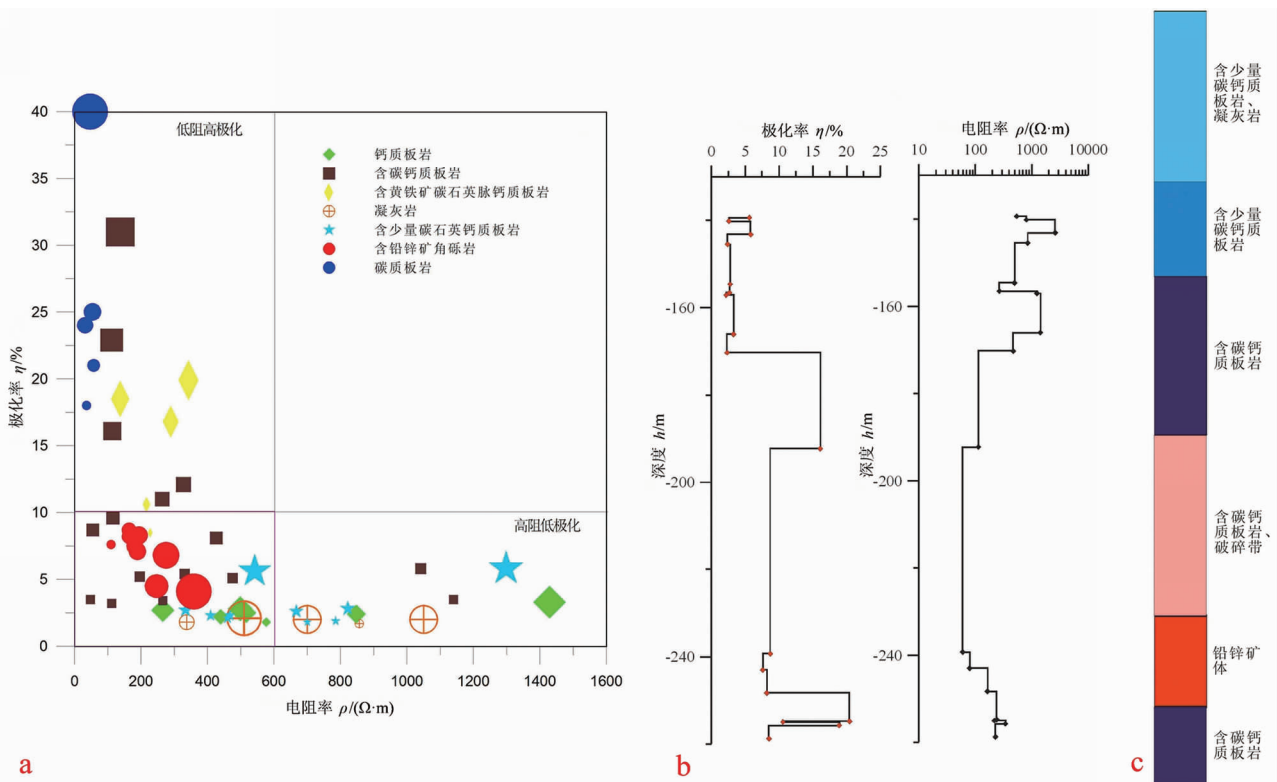


图 2 扎西康地区典型岩石物性分析图

Fig. 2 Chart of geophysical property of typical rock in Zhaxikang area

a. 岩石电阻率和极化率统计图; b. 岩心电阻率和极化率阶步图; c. 岩心柱状图

构造,与极化率条带的走向一致。

在区域动力学背景下,受逆冲推覆和拆离滑覆等构造变形作用的影响,扎西康地区产生呈近EW向的复式褶皱(图3b)和多期褶皱叠加^[9],形成多条近SN向的含矿断裂带,多为高角度正断层和走滑断裂,并伴有现代热泉活动^[7]。由于含矿热液的交代与充填,使SN向断裂及两侧围岩产生蚀变,岩石的矿物组合发生变化,金属硫化物在断裂合适部位聚集成矿。而无断裂区域为较完整的碳质板岩,极化率可达10%~30%,如验证无矿钻孔ZK4001(图3)^[16-17]。

3.2 音频大地电磁测深(AMT)剖面特征

为了对V号矿体控矿断裂进行勘查分析,在4号勘探线上实施了音频大地电磁测深(AMT)等项测量工作,电磁测深的ZA4线与4号勘探线方位一致,点距为50 m。

依据地球物理初始模型,确定断裂划分依据,并根据钻孔资料及物探探测结果进行分析对比(图4),推断断裂 F_6 和 F_7 与实际含矿断裂位置较为吻合,为高低电阻率异常之间的中低阻梯级带,电阻率值为200~1 000 $\Omega \cdot m$,断裂的倾角较大。在图4中,含矿断裂的电阻率处于低值异常和高值异常之间的变异带中。采用音频大地电磁测深资料可以确定含矿断裂的位置,如果有其他技术方法的资料互

为补充,则可以提高推断结果的可靠性。

4 验证效果与找矿方向

根据激电测量结果(图3),将低(B)区列为主要的验证区,在ZA40线采用物探AMT剖面 and 钻探工程综合验证(图5),布设验证钻孔ZK4002, ZK4003, ZK4004。验证结果表明,在-183~-189 m见到铅锌矿体,其中ZK4002孔中采样(样品号:H2)分析结果为: $w(Pb)=3.33\%$, $w(Zn)=3.13\%$, $w(Sb)=0.013\%$, $w(Ag)=118 \times 10^{-6}$ 。在ZK4003孔的-191~-204 m, -330~-334 m, -390~-392 m见到3层铅锌矿体,其中-191~-204 m矿体的品位较高,铅锌的平均品位达到11%(其中,H7号样品的分析结果为: $w(Pb)=33.3\%$, $w(Zn)=11.56\%$, $w(Sb)=0.6\%$, $w(Ag)=1456 \times 10^{-6}$)。推断的 F_2 , F_3 断裂地球物理特征与ZA4线的特征十分吻合。由此可见,矿体赋存与物性特征存在一定的关联,当具备一定的构造条件、中低极化率和“两高一低”的物性环境时,含矿的可能性就比较大。

矿区内分布有大量的(含碳)钙质板岩、泥质岩

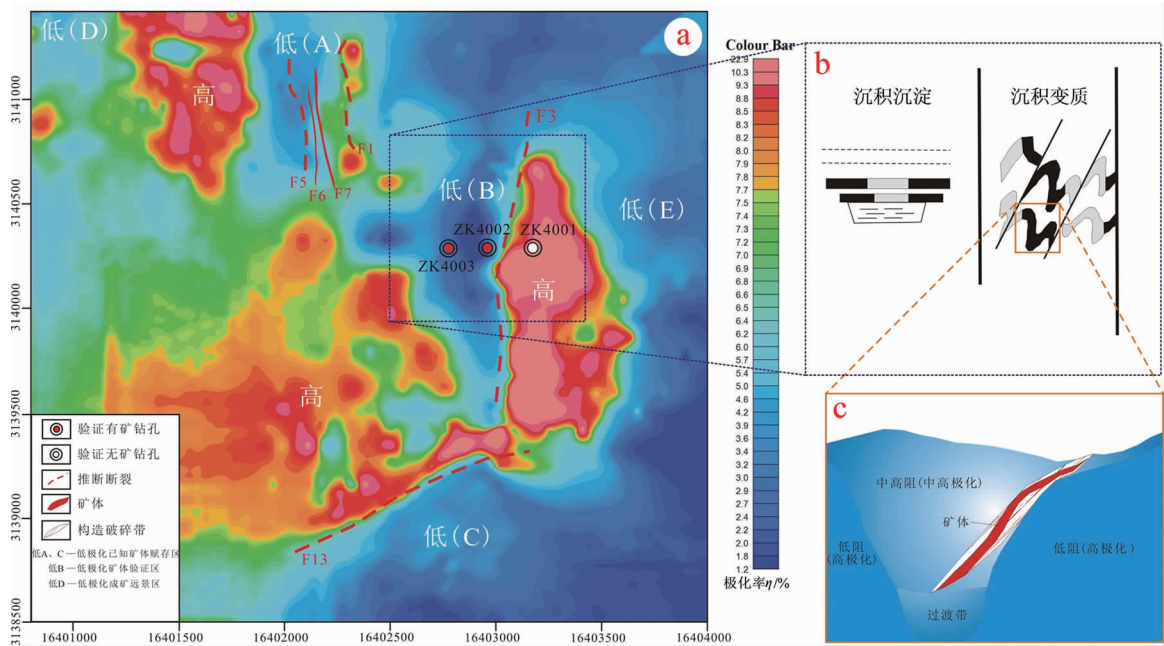


图3 扎西康矿集区激电性质与地质-地球物理模型

Fig. 3 Sketch showing IP property and geological-geophysical model of the Zhaxikang ore-deposit clustered district

a. 激电等值线图; b. 地质演化示意图; c. 地质-地球物理模型

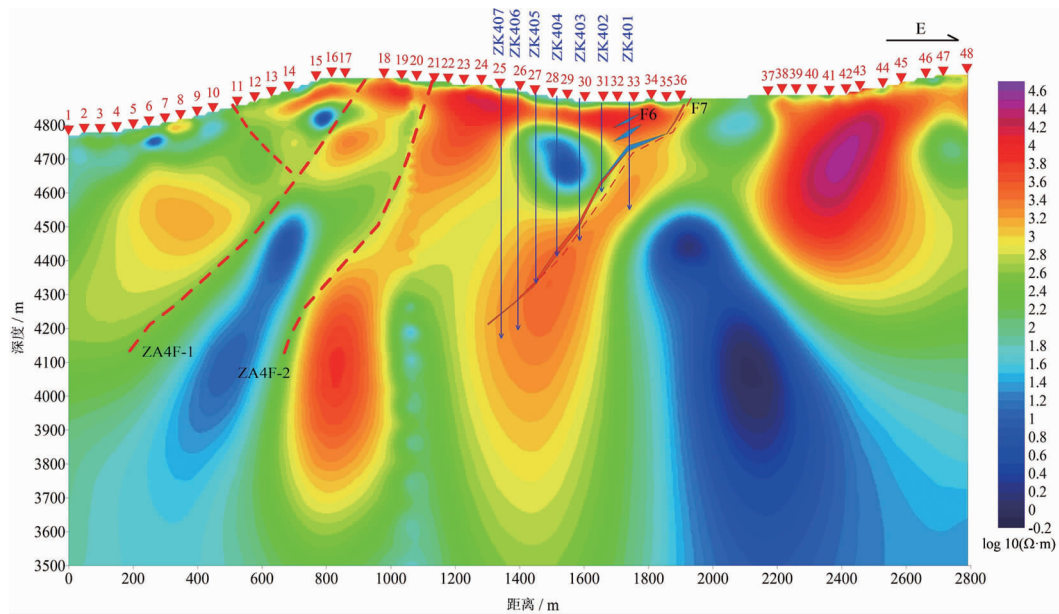


图 4 扎西康矿区 ZA4 线音频大地电磁测深 (AMT) 剖面图

Fig. 4 Comprehensive profile of ATM survey of line ZA4 in Zhaxikang area

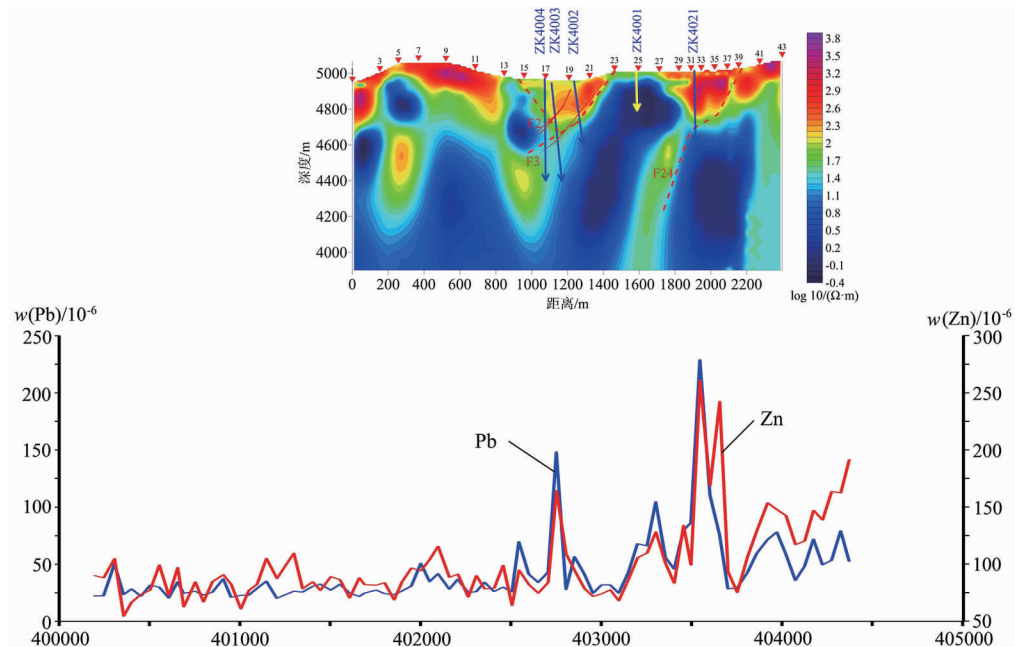


图 5 扎西康矿区 ZA40 线综合剖面图

Fig. 5 Comprehensive profile of line ZA40 in Zhaxikang area

a. AMT 综合剖面图; b. 荧光仪分析剖面图

(夹层凝灰岩),属于沉积环境下的产物。成矿物质的初次富集发生在沉积时期,在地层剖面中,含矿岩系常常呈黑色岩系-含矿层-浅色岩系的岩性组合(这与钻孔岩心资料一致)。在后期的区域构造变动中,含矿地层发生变质,形成一系列断裂。由于黑色碳质岩系电阻率较低,而矿体主要赋存在中低电阻

率岩石的断裂中,因此会在反演断面图上形成“(倒)三角”的形态(在多条物探剖面上均有显示)。

本区的近 SN 向断裂往往具有一定规模的破碎带,成为热液的主要通道。按照岩石物理性质研究及物探验证的结果,结合区域地质背景,初步建立扎西康矿区地球物理模型(图 3c),认为在中低极化率

区域存在断裂,且在断裂走向的垂直方向为高极化、低电阻区,那么矿床赋存的可能性较大。根据这一认识分析,矿区的低(D)区域和低(E)区域(图3)符合这种地球物理特征,具有较好的找矿前景。地球化学测量的结果也支持上述认识,在这两个区域中出现较好的Pb,Zn地球化学异常^[18]。

致谢:李光明研究员、王永华教授在项目研究和论文撰写过程中给予了支持和帮助,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] 聂凤军,胡朋,江思宏,等. 藏南地区金和锑矿床(点)类型及其时空分布特征[J]. 地质学报, 2005,79(3): 373-385.
- [2] 孟祥金,杨竹森,戚学祥,等. 藏南扎西康锑多金属矿硅-氧-氢同位素组成及其对成矿构造控制的响应[J]. 岩石学报, 2008,24(7): 1649-1655.
- [3] 郑有业,刘敏院,孙祥,等. 西藏扎西康锑多金属矿床类型、发现过程及意义[J]. 地球科学, 2012,37(5): 1003-1012.
- [4] 曾令森,刘静,高利娥,等. 藏南也拉香波穹隆早渐新世地壳深熔作用及其地质意义[J]. 科学通报, 2009,54(1): 104-112.
- [5] 张建芳,郑有业,张刚阳,等. 北喜马拉雅扎西康铅锌银矿床成因的多元同位素制约[J]. 地球科学, 2010,35(6): 1000-1011.
- [6] 杨竹森,侯增谦,高伟,等. 藏南拆离系锑金成矿特征与成因模式[J]. 地质学报, 2006,80(9): 1377-1391.
- [7] 梁维,侯增谦,杨竹森,等. 藏南扎西康大型铅锌银锑多金属矿床叠加改造成矿作用初探[J]. 岩石学报, 2013,29(11): 3828-3842.
- [8] 代鸿章,程文斌,李关清,等. 藏南扎西康Pb-Zn-Sb-Ag多金属矿床典型矿物标型研究[J]. 矿物学报, 2014,34(1): 72-80.
- [9] 戚学祥,李天福,孟祥金. 藏南特提斯喜马拉雅前陆断褶带新生代构造演化与锑金多金属成矿作用[J]. 岩石学报, 2008,24(7): 1638-1648.
- [10] 李关清,顾雪祥,程文斌,等. 藏南扎西康锑硫盐多金属矿床成矿物质来源分析:兼论北喜马拉雅成矿带主要矿床矿物质来源的差异性[J]. 地学前缘, 2014,21(5): 90-104.
- [11] 朱黎宽,顾雪祥,李关清. 藏南扎西康铅锌锑多金属矿床流体包裹体研究及地质意义[J]. 现代地质, 2012,26(3): 453-463.
- [12] 丛丽娟. 李青地银铅矿床、二道背金矿床区域找矿标志研究及应用[J]. 内蒙古地质, 1997,84(1): 60-66.
- [13] 张旭,张达,谭捍东,等. 闽西南推覆构造控矿的地质-地球物理模型[J]. 地球科学, 2012,37(6): 1244-1250.
- [14] 沈远超,申萍,刘铁兵,等. EH4在危机矿山隐伏矿体定位预测中的应用研究[J]. 地球物理学进展, 2008,23(1): 559-567.
- [15] 陈伟军,刘红涛. 综合地球物理方法在隐伏矿床勘查中的应用:以内蒙古赵家围子银铅锌多金属矿床为例[J]. 地球物理学进展, 2009,24(1): 293-302.
- [16] 叶天竺,薛建玲. 金属矿床深部找矿中的地质研究[J]. 中国地质, 2007,34(5): 855-867.
- [17] 贾承造,雷永良,陈竹新. 构造地质学的进展与学科发展特点[J]. 地质论评, 2014,60(4): 710-717.
- [18] 叶益信,邓居智,李曼. 电磁法在深部找矿中的应用现状及展望[J]. 地球物理学进展, 2011,26(1): 327-334.

The geophysical characteristics of the ore-hosted strike slip fault and the prospecting direction in Zhaxikang Pb-Zn-Ag deposit, Tibet

JIAO Yanjie, LIANG Shengxian, GUO Jing, ZHANG Wei, LIAO Guozhong

(China Geological Survey Chengdu Center of China Geological Survey, Chengdu 610081, China)

Abstract: Zhaxikang polymetallic deposit is one of large Pb-Zn-Ag-Sb deposits located at the marginal fold thrust belt of the northern Himalayas and discovered in the Zhaxikang equipped exploration area. It occurs in Lower Jurassic Ridang formation and is hosted by Ca-bearing calcareous slate and calcareous slate and tectonic breccia. The ore body is in vein, lens controlled by roughly SN, NE trending faults. The research and analysis of physical property of the typical rock samples regionally collected and from drill holes show that ore body is characterized by middle and low resistance and low polarization. In the ore-deposit-clustered area we carry out AMT and IP survey. Combined with the initial geological and geophysical model, geological background and analysis of prospecting model of the area the result of ore body is characteristic of middle and low polarization and coincidence of polarization girdle and strike of the ore-hosted strike slip fault, thus we consider that ore possibly occur at places where fracture is located in the middle and low polarization area and there are high polarization and low resistance area in the direction perpendicular to strike of the fault. Based on ore prospecting workings and geological and geochemical data the prospecting direction is put forward.

Key Words: Zhaxikang Pb-Zn-Ag deposit; the ore-hosted strike slip fault; geophysical characteristics; prospecting direction; Tibet