doi: 10.11720/wtyht.2015.6.04
李星,王峰,罗大锋,等.综合物探方法在云南江城隐伏铅锌矿勘查中的应用[J].物探与化探,2015,39(6):1119-1123.http://doi.org/10.11720/wtyht.2015.6.04
LI X,Wang F,Luo D F,et al.The effects of applying integrated geophysical method to the prospecting for the Jiangcheng concealed lead and zinc deposit in Yunnan Province[J].Geophysical and Geochemical Exploration,2015,39(6):1119-1123.http://doi.org/10.11720/wtyht.2015.6.04

综合物探方法在云南江城隐伏铅锌矿勘查中的应用

李星[1],王峰[1],罗大锋[1],解康[1],牛杰[1],高明山[2],杨锁[2]
(1.云南驰宏锌锗股份有限公司,云南 曲靖 655000; 2.天津华北地质勘查局 核工业二四七大队,天津 301800)

摘 要: 为加快江城岩脚矿区探矿工作步伐,取得找矿突破,采用综合物探方法进行勘查。首先,通过大功率激电中梯扫面,初步圈定了 3 个目标靶区;然后,采用音频大地电磁测深法研究靶区的控矿构造及其在深部的延伸情况,从而寻找成矿有利部位;在推测的成矿有利部位进行钻孔验证,共发现隐伏铅锌矿体 3 个,矿区较原来新增 122b+333 类工业硫化铅锌矿矿石量 576.60 万 t。该矿区勘查结果表明,激电法与音频大地电磁测深法的联合应用,可以快速圈定深部铅锌多金属矿化异常体,并为后期探矿工程部署提供依据,是寻找同类型矿床的有效方法之一。

关键词: 大功率直流激电中梯扫面;音频大地电磁测深;综合物探;控矿构造;铅锌矿;隐伏矿
中图分类号: P631 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-8918(2015)06-1119-05

江城岩脚矿区自取得采矿权以来,2001 年至 2010 年间采出硫化矿石约 24 万 t,铅+锌平均品位在 2%~3%,至今,矿山未进行过开采活动,没有新增的消耗量。2010 年 5 月备案的保有资源量仅为:333 类工业硫化矿矿石量 25.48 万 t,铅金属量 4 926 t,平均品位 1.93%,伴生锌资源量 2 346 t,平均品位 0.92%[1-2];该保有资源储量不能满足矿山长远发展需要,潜在经济价值较低。这期间也相继进行了少量勘查工作,均未取得突破。

为寻求找矿突破,对比分析了矿区内的成矿特征,首次采用直流激电法与音频大地电磁测深法相结合的方法开展评价工作,并依据评价结果指导槽探、钻探等探矿工程的部署。在该方法指导下,勘查找矿取得重大进展,共发现铅锌矿体 3 个,通过资源量估算,矿区较原来新增 122b+333 类工业硫化铅锌矿矿石量 576.60 万 t,其中铅 134 099 t,锌 114 733 t,银 299.433 t,矿床现有规模达中型[2]。由此可见,直流激电法与音频大地电磁测深法的综合应用对于寻找深部盲矿体具有重要指导作用[3-6]。

1 研究区地质概况

江城岩脚矿区地处唐古拉—三江地槽褶皱系兰坪—思茅中生代坳陷盆地南段普洱—江城坳陷盆地,位于坡脚—过克梁子背斜西翼。坡脚—过克梁子背斜沿坡脚、江边寨、别马新寨、雾露坑、过克梁子一带分布,向南东延入老挝,东、西、北三面为断层所限,中部被三条横断层切割。矿区内主要出露地层为二叠系上统龙潭组(P_2l),侏罗系中统和平乡组(J_2h),上侏罗统坝注路组(J_3b),下白垩统景星组(K_1j)、乌沙河组(K_1w)、曼岗组(K_1m),第四纪(Q)。

矿区内发育有北东向、近东西向、近南北向和北西向四组断裂,其中近东西向断裂为矿区主要控矿构造。矿床主要赋存于白垩系景星组下段(K_1j^1)地层构造较发育地段,其大小、形态和规模受断裂构造的控制。含矿岩石以石英砂岩为主,部分为粉砂岩、泥岩,围岩多为粉砂岩、泥岩,局部为石英砂岩。矿体呈似层状、脉状产出。矿床处在极其有利的地质构造环境中,属构造热液型矿床[2]。

收稿日期: 2015-02-21

2 测区地球物理特征

表 1 给出了矿区内岩(矿)石标本的电性参数测量值,可以看出:矿区内砂岩与石英砂岩电性特征相似,表现为高阻、低极化特征;紫红色泥岩与泥质粉砂岩由于含水性较好,表现为中低阻、低极化特征;而铅锌矿石表现为明显的低阻、高极化特征。矿区内铅锌矿石与围岩具有明显的电性差异,具备开展大功率激电[7-8]与音频大地电磁测深[9]的物性条件。

表 1 矿区岩(矿)石标本电性参数统计

岩矿石名称	η/%		ρ/(Ω·m)	
	变化范围	平均值	变化范围	平均值
砂岩	0.16~0.85	0.44	219~1903	592
石英砂岩	0.23~0.45	0.29	366~2625	766
泥岩(紫红色)	0.05~0.09	0.07	61~260	128
泥质粉砂岩	0.08~0.16	0.11	210~1328	345
铅锌矿(块状)	5.37~26.91	12.91	17~43	33

3 工作布置及数据处理

3.1 工作布置

首先采用大功率激电仪对勘查区进行中梯装置扫面,网度 100 m×20 m,测线从西 29 线至东 74 线共 27 条,长度均 1 440 m;据激电扫面圈定的三个靶区,采用音频大地电磁测深法查清矿区内的控矿构造,了解构造在深部的延伸情况,综合利用两种方法预测找矿靶区及成矿有利部位[6-8],分别在 5、1、2、6、10、14、18、22、30 线进行了长度均为 1 440 m 的音频大地电磁测深,点距 20 m;工作布置详见(图 1)。

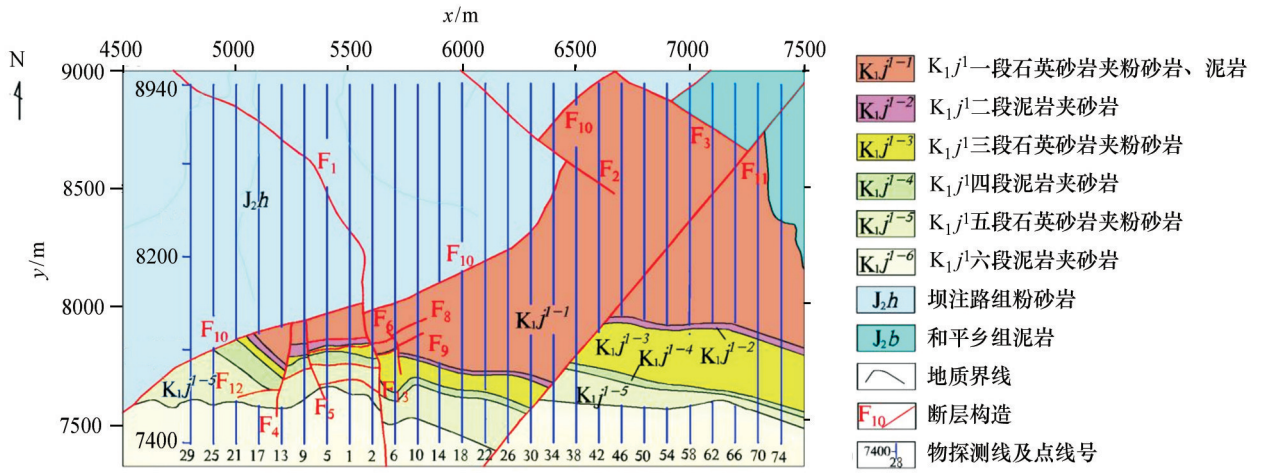

图 1 矿区地质概况及物探工作布置

3.2 数据处理

3.2.1 激电数据处理

勘探区域全区视极化率较平稳,为了有效的区分激电异常,统计得出矿区视极化率的背景值,通过公式计算出该区视极化率的异常[3-4]:

$$\eta_{sx} = \eta_{sb} + 1.5N \ , \qquad (1)$$

$$N = \pm\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(\eta_{si} - \bar{\eta}_s)^2/(n-1)} \ , \qquad (2)$$

$$\bar{\eta}_{sb} = \sum_{1}^{n}\eta_{si}/n \ , \qquad (3)$$

式中:η_{sx}为异常下限;η_{sb}为异常背景值,即异常地段的算术平均值;N 为视极化率结果均方误差值。

全区视电阻率值跨度较大,在圈定电阻率异常时,对剖面进行电阻率统计,剖面中电阻率主要集中区间为该剖面电阻率背景值,小于该背景值 30%作为本次音频大地电磁测深电阻率下限;测深剖面电阻率值梯度明显,差异变化达一倍以上亦作为异常参考;综合圈定异常时既参考视电阻率、视极化率的背景值,又结合地质构造信息、视电阻率的梯度差异及视电阻率值的条带分布;根据视极化率、视电阻率的统计结果(表 2),综合地质信息,圈定出矿区激电异常区及其剖面电阻率异常部位。

表 2 激电数据统计

	数值区间	数量/个	比重/%	统计结果
视极化率	≥3%	31	1.6	总数据:1954 个,η_{sb}=1.03%,N=0.23%,η_{sx}=1.35%,ρ_s 平均值:140 Ω·m
	2%~2.99%	76	3.9	
	1.5%~1.99%	247	12.6	
	1%~1.49%	669	34.2	
	0.7%~0.99%	621	31.8	
	0.1%~0.69%	310	15.9	
视电阻率	≥1000 Ω·m	10	0.5	
	500~999 Ω·m	34	1.7	
	300~499 Ω·m	169	8.6	
	200~299 Ω·m	275	14.0	
	100~199 Ω·m	806	41.3	
	10~99 Ω·m	660	33.9	

3.2.2　音频大地电磁测深数据处理

本次音频大地电磁测深仪器使用德国 Metronix 公司生产的 GMS-07e 综合电磁法仪,拟采用测点距 20 m,采样极距 20 m,频率范围:直流-512 kHz;带宽:两个频带(直流-500 Hz,1 Hz~250 kHz);A/D 转换器:每个通道有每个通道有两个 24 位 A/D 转换器:低频采样率 1 024 Hz,高频采样率 131 kHz。

数据处理采用国内研发的二维反演软件 pioneer 进行数据处理,圈定异常原则为:对剖面进行电阻率统计,剖面中电阻率主要集中区间为该剖面电阻率背景值,小于该背景值 30%作为本次音频大地电磁测深电阻率下限;测深剖面电阻率值梯度明显,差异变化达一倍以上亦作为异常参考;通过音频大地电磁测深,探寻矿区内的有利成矿构造,同时结合激电扫面预测找矿靶区及有利成矿部位。

4　成果分析

4.1　大功率激电扫面

通过大功率激电中梯装置扫面,基本了解了矿区的激电特征,验证了部分地层的地质界线以及断裂构造的分布。测区极化率值整体偏低,背景值为 1.03%,异常下限为 1.35%;根据该下限值,圈定极化率异常区。测区电阻率值为地下某一固定深度介质电导性的反应,不能作为确定找矿靶区的依据,因此根据视极化率异常和地质构造信息,圈定了 3 个一级激电异常靶区:A1、A2、A3(图 2)。A1 与 A2 靶区均呈低阻、高极化特征,与控矿构造 F_{10} 相互接触或边缘接触,推测为矿致异常,具备较好的找矿前景;A3 靶区呈低阻、中高极化特征,具备找矿前景。

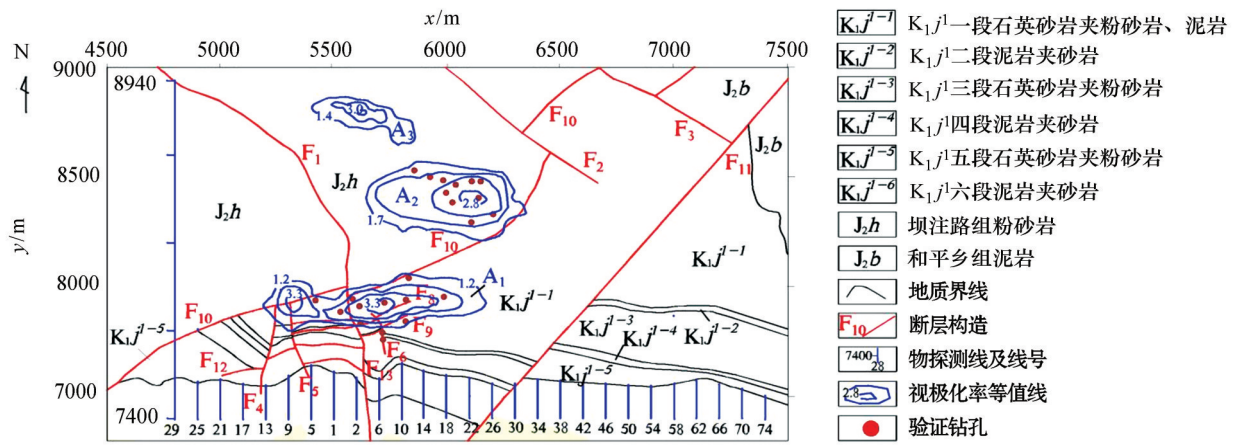

图 2　矿区激电综合成果

4.2　音频大地电磁测深

通过音频大地电磁测深(AMT),进一步弄清了矿区主控矿构造 F_{10} 和次级构造 F_8、F_9 在深部的延伸情况,同时新探获一规模较大的次级含矿构造 F_{I-1};结合激电异常靶区,推测出有利含矿部位,指导钻孔工程。以 6 线和 10 线为例。

如图 3 所示,该线电阻率对比明显,测线南端存在一条跨度约 300 m 的低阻带,倾向南,倾角 75°,延伸趋势较好;结合地质资料,推测该低阻异常带由 F_{10} 及其次级构造 F_8、F_9 矿化或富水引起。F_{10} 地表出露位置在 8080 点。据已有地质资料及激电扫面成果推测,成矿有利空间位于 F_8、F_9、F_{10} 构造上下盘,ρ_s 值在 200~550 Ω·m 间,η_s 在 1.6%~3.7%,呈现低阻、高极化特征,因此推测在该点深部有 2 个一级有利含矿部位:6-1 与 6-2。

测线北部 8500 点附近新发现一条跨度约 150 m 的低阻带,倾向北,倾角 45°,推测为一次级导矿构造,命名为 F_{I-1}。结合地质及激电扫面成果推测,该处存在成矿有利空间,位于 F_{I-1} 构造上下盘,ρ_s 值为 150~450 Ω·m,η_s 为 1.3%~1.8%,呈现低阻、中极化特征,推测在该点深部有 2 个二级含矿有利部位:6-3 与 6-4。

后期,在推测异常区与成矿有利部位进行 ZK603、ZK604、ZK605、ZK606、ZK607 钻孔验证,见矿良好:ZK603 累计见矿厚度达 37.8 m,Zn+Pb 品位 2.2%~6.4%,ZK605 累计见矿厚度达 14 m,Zn+Pb 品位最高达 24%;同时验证了 F_{I-1} 的存在。各钻孔揭示的地质与见矿信息与物探推测结果高度吻合,取得较好的探矿效果。

图 4 所示的是 10 线的勘探成果。该线北端有一跨度近 250 m 的低阻带,向南倾,倾角 75°,延伸趋势较好;结合地质资料推测,该低阻异常带由 F_{10} 及其次级构造 F_8、F_9 矿化或富水引起,F_{10} 地表出露位置在 8100 点。据已有地质资料及激电扫面成果推

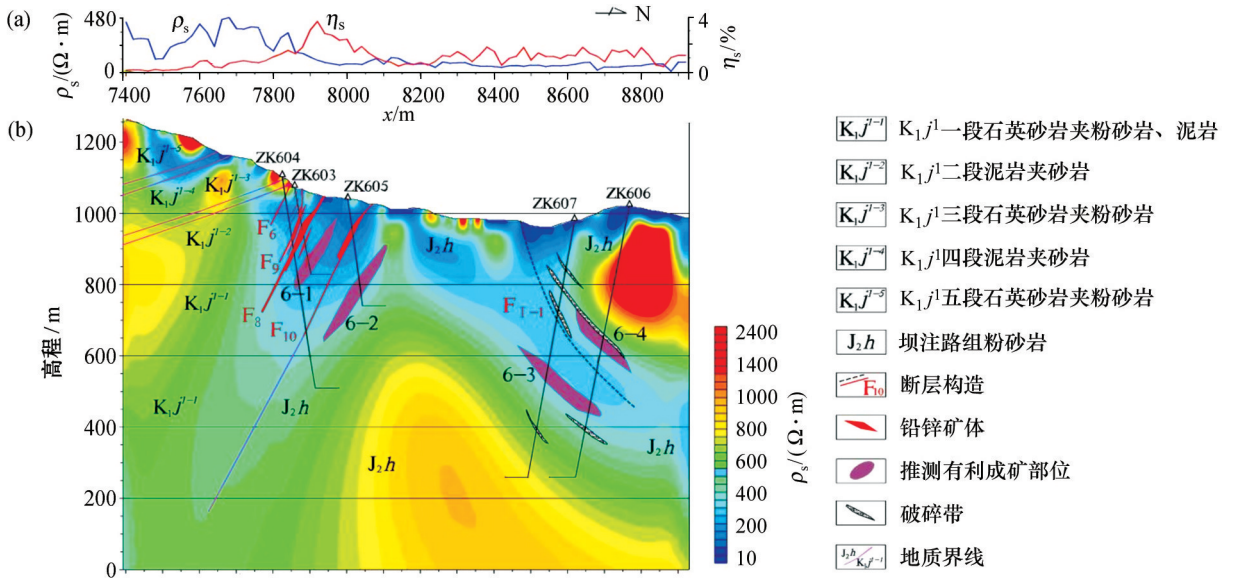

图 3　矿区 6 线激电测量结果(a)与 AMT 电阻率反演断面(b)

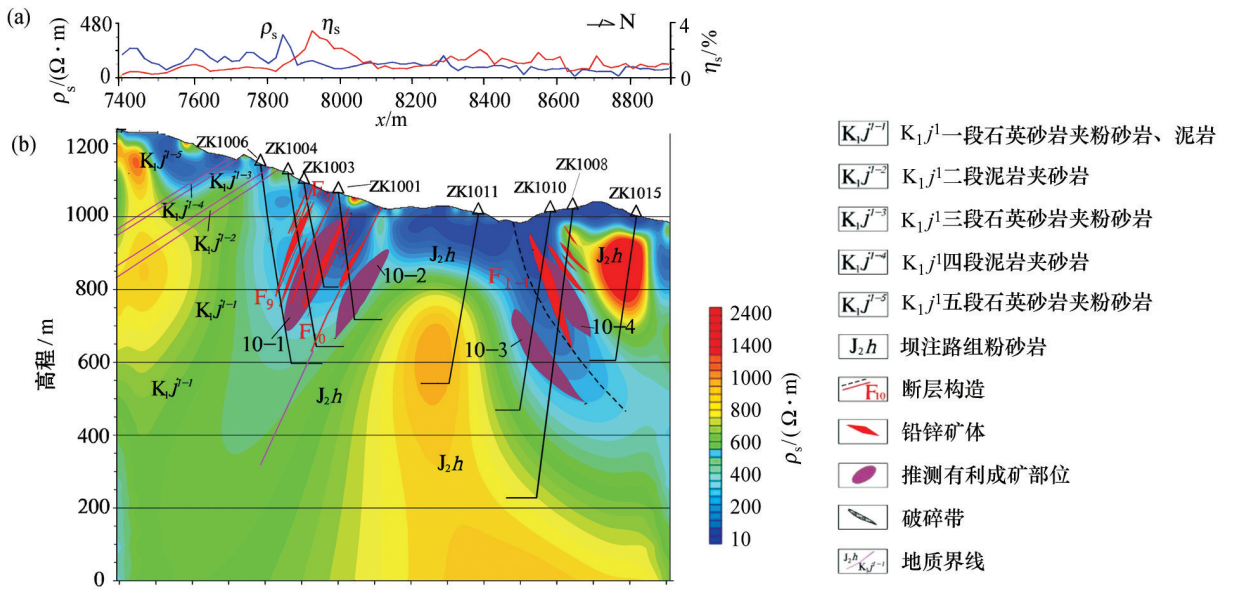

图 4　矿区 10 线激电测量结果(a)与 AMT 电阻率反演断面(b)

测,成矿有利空间位于 F_8、F_9、F_{10}构造上下盘,ρ_s 值在 200~550 Ω·m 间,η_s 值在 1.6%~3.0%,呈低阻、高极化特征,推测在该点深部有 2 个一级有利含矿部位:10-1 与 10-2。

在测线北部 8420 点,新探获一条跨度约 200 m 的低阻带,北倾,倾角 60°,推测为一次级导矿构造,命名为 F_{I-1}。结合地质及激电扫面成果推测,该处存在成矿有利空间,位于 F_{I-1}构造上下盘,ρ_s 值为 200~550 Ω·m,η_s 值为 1.2%~1.8%,呈低阻、中极化特征,推测在该点深部有 2 个一级有利含矿部位:10-3 与 10-4(图 4)。

后期,在推测异常区与含矿有利部位进行了 ZK1003、ZK1004、ZK1005、ZK1006、ZK1008 与 ZK1010 验证,均揭露出工业矿体,部分钻孔局部 Zn+Pb 品位最高达 35%,验证了物探推测成果。各钻孔揭示的地质与见矿信息均物探推测结果吻合度极高,取得较好的探矿效果,矿区找矿取得了突破。

4.3　综合成果分析

根据推测异常和钻孔验证情况,可以确定 A_1 和 A_2 靶区为矿致异常区,在靶区中探获多条隐伏铅锌矿体,同时还表明在靶区走向上存在较大的探矿空间;A_3 靶区未进行验证,但与 A_1 和 A_2 异常靶区有类似性。

5~30 线的音频大地电磁测深断面成果均显示该区主控矿构造 F_{10}在走向连续,深部延伸的趋势较

好,形成较好的对应关系,表明在主控矿构造 F_{10} 深部依然具有找矿潜力。

在 5~30 线测深断面中,均在相应位置的走向方向上新探获一条跨度约 150 m 的低阻带(F_{I-1}),向北倾,经验证该构造为一含矿构造;该构造在走向上延伸超过 800 m,在深部延伸趋势较好,目前已经在该构造内探获多条隐伏铅锌矿体。

5　结论与意义

1)矿区铅锌矿化能引起较好的激发极化效应,并且经钻孔验证,在圈定的激电异常靶区发现隐伏铅锌矿体。

2)通过音频大地电磁测深工作,能充分了解研究区域的构造分布,确定区内有利成矿的热液通道;矿体在深部的延伸在很大程度上依托并伴随构造的向下延伸,矿体的倾向与电磁测深推测异常的倾向基本一致,可见,音频大地电磁测深法能较好指导研究区的深部找矿工作。

3)依据岩(矿)石在视极化率、视电阻率等特征方面的明显差异,综合应用激电法测量与音频大地电磁法测量,尤其是采用大功率激电中梯法扫面测量与音频大地电磁剖面测量相结合的方式,建立物探联合剖面,对研究区域进行综合研究,可快速圈定高极化率、低电阻率盲矿体,对于寻找同类型矿床具有重要指导意义。

参考文献:

[1] 李星,解康.云南江城县岩脚铅锌矿区 2012—2013 年物探勘查报告[R].云南驰宏锌锗股份有限公司,2013.

[2] 罗大锋,胡妍青.云南省江城县岩脚铅锌矿资源储量核实报告(2014)[R].云南驰宏锌锗股份有限公司,2014.

[3] 张前进,杨进.综合电法在深部隐伏矿体勘查中的应用实例[J].物探与化探,2010,34(1):40-43.

[4] 柳建新,胡厚继,刘春明.综合物探方法在深部接替资源勘探中的应用[J].地质与勘探,2006,42(4):71-74.

[5] 刘祜,程纪星,腰善丛,等.电、磁综合方法在南方硬岩型铀矿勘查中的应用[J].物探与化探,2011,35(6):739-742.

[6] 刘瑞德,黄力军,杨进,等.综合电法在有色金属矿产勘查中的应用实例[J].物探与化探,2006,30(4):322-326.

[7] 程志平.电法勘探教程[M].北京:冶金工业出版社,2007.

[8] 李金铭.激发极化法方法技术指南[M].北京:地质出版社,2004.

[9] 朴化荣.电磁测深法原理[M].北京:地质出版社,1990.

[10] 曾哥明,张胜业,陈长敬.激发极化法在某铅锌矿勘查中的应用[J].工程地球物理学报,2007,4(5):466-469.

[11] 张锐,刘洪涛,刘建明,等.综合地球物理勘探在龙头山银铅锌多金属矿床中的应用[J].地质与勘探,2008,44(2):67-72.

[12] 钟仁,赵志军,廖蕾,等.综合物化探方法在乌兰德勒钼矿勘查中的应用[J].物探与化探,2010,34(3):275-280.

[13] 刘金涛,顾汉明,王柱,等.综合物探在找黄铁矿中的应用[J].地质与勘探,2008,44(4):55-59.

[14] 孙鸿雁,林品荣,方慧,等.西藏冈底斯东段铜多金属矿带综合物化探技有效性试验[J].物探与化探,2004,28(2):102-105.

[15] 柳建新,曹创华,童孝忠,等.综合物探方法在青藏高原某钼多金属矿的勘查效果[J].地质与勘探,2012,48(6):1188-1198.

[16] 索孝东.综合物探在博格达山前古牧地复杂构造中的应用[J].物探与化探,2009,33(6):630-634.

The effects of applying integrated geophysical method to the prospecting for the Jiangcheng concealed lead and zinc deposit in Yunnan Province

LI Xing[1], WANG Feng[1], LUO Da-Feng[1], XIE Kang[1], NIU Jie[1], GAO Ming-Shan[2], YANG Suo[2]

(1. *Yunnan Chihong Zinc and Germanium Co., Ltd., Qujing* 655000, *China*; 2. *No.* 247 *Geological Party, North China Nuclear Industry Geological Exploration Bureau of Tianjin, Tianjin* 301800, *China*)

Abstract: In order to accelerate the prospecting work for the Yanjiao mining area in Jiangcheng City, the authors made full use of the integrated geophysical method. First, the authors delineated three exploration target areas by using high power TD IP method. Then the authors studied the ore-controlling structure in the target and its extension through AMT to find favorable metallogenic area. Drilling verification led to the discovery of three concealed Pb-Zn orebodies. 5.766 million tons of the 122 b+333 class industrial sulfur lead-zinc resources are added to the reserves of the ore deposit. The results obtained by the authors show that we can quickly identify lead-zinc anomaly body, which provides the basis for further prospecting engineering through IP method and AMT method. This is one of the effective methods to find the same type of ore deposits.

Key words: high power TD IP method; AMT; ore-controlling structure; lead-zinc deposit; concealed deposit

作者简介:李星(1984-),男,大学本科,工程师,从事地球物理勘探工作。