第38卷第3期 2014年6月

DOI: 10.11720/wtyht.2014.3.19

张伟,张震,李华,等.高密度激电法探测浅部隐伏铅锌矿的试验[J].物探与化探,2014,38(3):522-526.http://doi.org/10.11720/wtyht.2014.3.19 Zhang Wei,Zhang Zhen,Li Hua, et al.The test of high-density induced polarization technique in the detection of shallow concealed lead-zinc deposits[J]. Geophysical and Geochemical Exploration,2014,38(3):522-526.http://doi.org/10.11720/wtyht.2014.3.19

高密度激电法探测浅部隐伏铅锌矿的试验

张伟1,张震2,李华1,于远山1,焦彦杰1

(1.中国地质调查局 成都地质调查中心,四川 成都 610082; 2.贵州省有色金属和核工业地质勘查 局二总队,贵州 六盘水 553004)

摘要:使用 WGMD-9 超级高密度电法系统在贵州省水城仰天窝铅锌矿区已知矿床点和未知区上进行试验,表明该 方法能够区分出与成矿有密切关系的二叠系下统梁山组、石炭系上统马平组的电性结构特征,能探测矿区 0~150 m 深度范围内梁山组砂、页岩与马平组灰岩间的接触部位,指导地表探矿坑道工程的开展,达到间接找矿目的。试 验还表明高密度激电法存在供电电流受限制以及探测深度有限的不足。

关键词:高密度激电法;隐伏界面型铅锌矿体;间接找矿;水城铅锌矿

中图分类号: P631 文献标识码: A 文章编号: 1000-8918(2014)03-0522-05

黔西北铅锌成矿带的主要赋矿层为上古生界地 层,矿区普遍发育有梁山组的砂、页岩夹碳质页岩地 层,主要表现为低阻、高极化特征,是电法矿产勘探 工作中的严重干扰因素。因此,如何正确地评价和 筛选出面积性物化探异常中的矿致异常,是该地区 电法找矿工作中的难点^[1-4]。

高密度激电法是传统高密度电法的一种升级扩展,在传统高密度电法仪器上增设了独立的极化率数据接收道以及配套的程式控制终端模块,在获取地下岩石电阻率参数的同时,可以通过测量一次场断电后两个不极化电极间的二次场衰减电压,得到地下岩石的视极化率参数。在贵州省水城仰天窝铅锌矿区的已知矿床点和未知区上开展方法技术试验工作表明,该方法具有分辨率高、信息量大、灵活性强的优点,能够较精确地探测出 0~150 m 深度范围内的岩层接触部位,再结合地面物化探异常分布特征,可指导地表坑道勘探工程的部署,从而间接实现找矿目的。

1 方法简介

高密度激电法是一种阵列式勘探方法,兼顾了 "剖面法"与"测深法"的功能,其方法原理与传统的 高密度电法是一致的。测量极化率参数时,金属不 锈钢电极负责供电,由固体不极化电极负责测量断 电后二次场衰减电压。

在野外开展勘探工作时,仪器测量系统需要用 户提前设置的几个参数通常为装置类型、电极总数、 起始电极号、使用电极数、电极间距、剖面总数、供电 时间、断电延时等,前6个参数是高密度电法通用 的,后两个参数是高密度激电法特有的,是测量视极 化率参数时,一次场的供电时间和二次电位的测量 延迟时间。

加大探测深度的方法有2种,一种是加大电极 极距,相应地会减小横向分辨率;另一种是串联更多 的分布式电缆,布设更多的电极。由于目前测量系 统大多使用串联的电池盒作为供电源,供电电压和 电流的大小受到限制,当供电极与接收极距离较大 后,接收到的信号较弱,会导致测量不准确。因此, 应在正式工作开展前,在全面考虑工区背景电阻率 和地形地质条件的前提下,进行适当的试验工作,优 选出最佳参数。

2 试验区地质概况与物性特征

2.1 地质概况

水城仰天窝铅锌矿区位于扬子准地台西南缘, 矿体产在威水背斜南西倒转翼、近背斜轴部走向断

基金项目:中国地质调查局地质矿产调查项目(12120113050700;1212011085162)



图 1 仰天窝铅锌矿区地质构造略图及物探测线布置

层中,其中上石炭统黄龙组(C₂h)、马平组(C₂m)灰 岩是铅锌矿的主要赋矿围岩(图1)。矿区构造以紧 密褶皱和逆冲断层发育为特征,背斜轴部的逆冲断 层是区内铅锌矿的主要导控矿构造,并具有多期活 动特点,在纵横断层交切部位铅锌矿化强烈,往往形 成富铅锌矿体,矿体主要沿断裂破碎带和层间挤压、 虚脱部位呈陡脉状、似层状产出。

区内断裂可分为走向断裂、横向断裂和斜向断 裂三组。走向断裂与地层产状大致相同,走向 290° ~310°,倾向 SW,倾角约 80°,局部稍有斜交,多为张 性断裂,滑动面光滑但角砾岩少见,此组断裂与矿化 关系密切,属于此组断裂的有 F₁、F₁₋₁、F₂、F₃₂、F₃₅。 横向断裂大至与地层走向正交,即走向近乎北北东、 北东向,为张扭性断裂。斜向断裂与地层走向斜交, 有北东东向、北北西向。

2.2 典型矿床特征与找矿方向

邻区已探明的典型矿床是青山矿床(见图1),

该矿床产于上石炭统马平组与下二叠统梁山组砂页 岩接触部位,受陡倾斜的 F_1 、 F_{11} 、 F_2 、 F_{35} 断裂带 控制,主矿体长 20~70 m,平均厚度 32.01 m,延伸 145 m,矿体呈不规则直立囊柱状,平均品位 Pb 为 9.92%,Zn 为 35.72%,工业储量约 18.69 万 t,属于 经济价值极高的特富铅锌矿体。

大量文献从多个方面对青山矿床的地质特征、 控矿因素、矿床地球化学、成矿规律等进行了研 究^[1,5-6]。综合研究表明,区内铅锌矿一般产出于岩 性、构造复杂,成矿条件有利的地段,Pb、Zn 往往在 石灰岩与白云岩界面附近的白云岩一侧富集,而泥 灰岩、页岩由于其致密性,是成矿流体迁移的地球化 学障和较好隔挡层,易于矿质的沉淀聚集,空间上自 下而上的碳酸盐相一泥质岩相的叠置顺序组合,使 岩性层位具圈闭条件,利于 Pb、Zn 赋存、富集于碳 酸盐相的白云岩、白云质灰岩中,最终形成了梁山组 底部与马平组接触的"界面型"矿体,该类型矿体多

岩(矿)石	标本数	中阳索/(0,m)		招化家/04		— 地球物理特征
		电阻华/(U・m)				
		平均值	变化范围	平均值	变化范围	
栖霞组灰岩	11	17849.4	293.8~39696.83	1.37	0.63~2.14	高阻低极化
马平组灰岩	17	19259.6	1909.1~45685.84	0.92	$0.24 \sim 2.08$	高阻、低极化
梁山组石英砂岩	14	4606.9	663.1~19552.1	0.39	0.2~0.81	次高阻、低极化
梁山组页岩	5	4292.2	1307.1~6976.7	0.43	$0.27 \sim 0.81$	次高阻、低极化
梁山组碳质页岩	20	23	4~63	1.9	1.0~4.9	低阻、次高极化
梁山组砂岩	7	4621.5	1257.8~10396.5	0.24	$0.05 \sim 0.65$	次高阻、低极化
梁山组泥灰岩	7	15491.7	1142.6~50505.9	1.11	0.34~2.16	高阻、低极化
黄龙组灰岩	20	18791.4	7876.8~42201.7	0.65	0.15~1.88	高阻、低极化
劣质煤(煤)	11	1352.3	31.7~6903.4	0.71	0.08~3.69	低阻、低极化
铅锌矿石	35	211.8	34.5~1214.1	14.5	5.3~32.0	低阻、高极化

表1 仰天窝铅锌矿区岩、矿石电性特征统计

呈透镜状、多层盲矿体产出。

2.3 岩矿石的物性特征

矿区实测的岩矿石物性测试结果如表 1 所示。 矿区电阻率以栖霞组灰岩、马平组灰岩以及梁山组 泥灰岩最高,梁山组页岩、梁山组砂岩为次高阻,而 梁山组碳质页岩、矿石等较低。以矿石的极化率为 最高,为5.3%~32%,其他岩石的极化率较低,一般 不超过 4%,梁山组碳质页岩的极化率的变化范围 为1%~4.9%,是重要的极化率测量干扰。

3 应用效果分析

本次试验工作按照从已知到未知的思路,分为 2个工作阶段。首先在已由坑道工程控制的矿点上 开展方法技术试验工作,研究已知矿床点上物探异 常的规律特征,之后在未知区的有利成矿地段上采 用相同的装置参数布置勘探工作,采用类比法开展 未知区的找矿预测工作。

3.1 已知点方法技术试验

根据矿区最新的坑道勘探成果,已知点剖面布 置在穿岩洞附近(见图 1)。矿体位于 F₁ 断裂附 近,垂直标高 1 725.97 m,距离地表约 250 m,水平方 向上与北西方位的青山矿体相距约 400 m,该矿体 赋存于梁山组与马平组地层接触带下方的马平组一 侧的灰岩中,是典型的"界面型"铅锌矿体。

高密度激电法选用温纳装置,共串联了12捆分 布式电缆,每捆电缆有10个采集道,每1个采集道 上各连接1个不锈钢供电电极和1个固体不极化电 极,电极距为10m,剖面总数设置为35,剖面长度为 1200m,与测量视极化率密切相关的供电时间和断 电延时参数分别设置为8s和200ms。该剖面的反 演结果如图2所示。

根据高密度激电法的探测结果(图 2),可得到 矿区梁山组、马平组和黄龙组地层的电性结构特征。 结合表1分析,梁山组(P₁l)的主要岩石为泥灰岩和 砂、页岩夹碳质页岩,整体表现为低阻、高极化特征; 马平组(C₃mp)的主要岩石为灰岩和白云岩,整体表 现为次高阻、低极化特征;黄龙组(C₂hl)的主要岩石 为白云岩,整体表现为高阻、低极化特征。从电阻率 断面图上往深部推断,已知矿体的产出位置位于马 平组(高阻、低极化)和梁山组(低阻、高极化)的接 触面附近,在马平组次高阻地层一侧,且与 F₁断裂 有密切关系。推断梁山组地层具有铅锌元素地球化 学障的特性,使得成矿物质在马平组灰岩和梁山组 砂、页岩的接触面附近界面成矿或沿层间裂隙破碎 面成矿。因高密度激电法探测深度有限,二维断面 未能达到标高1725 m以下、距离地表 250 m的矿体



图 2 矿区已知点剖面高密度激电反演电阻率(上)、极化率(下)断面

所在深度。

3.2 未知区找矿预测工作

通过前期面积性岩石化探和激电中梯的测量结 果,发现在未知区的老鹰岩附近存在物化探重叠异 常,地面地质剖面测量也表明该重叠异常位于北西、 北东向断裂的交汇位置,推断是矿致异常的可能性 较高。因此,垂直于老鹰岩附近的重叠异常布置了 一条高密度激电剖面(见图1),测量时采用与已知 点剖面相同的装置参数。

未知区高密度激电剖面的反演结果如图 3 所 示,同样较清楚地区分出了栖霞组、粱山组、马平组 和黄龙组地层。与已知点激电剖面一致,栖霞组整 体表现为高阻、低极化特征,梁山组地层整体表现为 低阻、高极化特征,马平组地层整体表现为高阻、低 极化特征,黄龙组地层整体表现为高阻、低极化特 征。

图 3 中的矿体由 ZKE730-1 控制,钻孔方位为 22°,倾角为 64°,终孔深度为 451.09 m,在孔深 124~

144 m 间见铅锌矿层,方铅矿、闪锌矿与黄铁矿共生 赋存于泥质灰岩。铅锌矿层下方(孔深 158~451 m)整体为致密灰岩,属马平组地层。铅锌矿层上方 (孔深 0~124 m)从上到下的岩性分别为碳质页岩、 细粒砂岩、碳质页岩、细粒石英砂岩、泥质灰岩、碳质 页岩夹泥岩,为梁山组地层。从钻孔资料可知,该铅 锌矿层位于上覆梁山组砂、页岩和下伏马平组灰岩 的接触带上,同时也对应于电阻率断面图中低阻与 次高阻的过渡带位置。

从极化率断面图可以看出,从地表到1950 m 标高位置的碳质页岩表现为低阻、高极化特征,从 1950 m标高到铅锌矿层的泥灰岩表现为低阻、次高 极化率特征,而铅锌矿层以下的灰岩表现为次高阻、 低极化率特征。因此,可以认为高密度激电法能够 较精确地分辨出梁山组地层与马平组地层之间的电 性陡变界面,从而间接地探测梁山组地层与马平组 地层间"界面型"铅锌矿体。



图 3 矿区未知区剖面高密度激电反演电阻率(上)、极化率(下)断面

4 结论与建议

高密度激电法在贵州省水城仰天窝铅锌矿区的 方法试验表明,其电阻率断面图中低阻与次高阻的 过渡带指示着梁山组地层底部和马平组地层顶部的 接触带,其极化率断面图中的层状、似层状高极化率 异常是梁山组地层中碳质页岩的标志。因此,在结 合面积性物、化探异常分布特征的前提下,高密度激 电法是一种针对区内地下浅部隐伏界面型铅锌矿体 的有效间接找矿手段。 此外,试验也表明,使用 WGMD-9 超级高密度 电法系统开展高密度激电法工作的最大缺点是探测 深度有限。除了电极阵列间距较小(一般 10 m)限 制外,其探测深度主要受供电电流大小的限制,受外 接电源方式和电缆中供电导线截面控制。因此需要 从仪器设备等方面入手加大其探测深度,一是在仪 器额定的最大电压载荷下尽量提高外部供电电压, 二是提高仪器的测量精度和抗干扰能力,三是适当 增大电极阵列间距,才能够测量出深部极化体的异 常信息。

参考文献:

- [1] 金中国.黔西北地区铅锌矿控矿因素、成矿规律与找矿预测研 究[D].长沙:中南大学,2006.
- [2] 张盛泽,袁月琴.黔西北铅锌成矿带控矿地质特征及找矿远景

分析[J].贵州地质,2007,24(3):193-195.

- [3] 张长青,毛景文,吴锁平,等.川滇黔地区 MVT 铅锌矿床分布、 特征及成因[J].矿床地质,2005,24(3):336-348.
- [4] 郭海,张国华,雷志源,等.湖南省东坡铅锌矿区物化探异常特 征及找矿作用[J].物探与化探,2011,35(2):.
- [5] 陈大.水城青山铅锌矿床地质特征及控矿因素初探[J].贵州地 质,1999,16(1):35-39.
- [6] 陈大,曾德红.青山—横塘矿区铅锌矿床控矿断裂特征及找矿 评价[J].贵州地质,2000,17(1):46-51.
- [7] 张威,王文国,张强,等.内蒙古乌尼克吐铅锌矿电法异常特征 及试验[J].物探与化探,2011,35(3):333-336.
- [8] 马德锡,于爱军,葛良胜,等.高密度电法在金矿勘查中的应用 [J].地质与勘探,2008,44(3):65-69.
- [9] 郑翻身,蔡红军,张振法.内蒙古拜仁达坝维拉斯托超大型银铅 锌矿的发现及找矿意义[J].物探与化探,2006,30(1):13-20.
- [10] 重庆奔腾数控技术研究所.WGMD-9 超级高密度电法系统说明 书[R].

The test of high-density induced polarization technique in the detection of shallow concealed lead-zinc deposits

Zhang Wei¹, Zhang Zhen², Li Hua¹, Yu Yuanshan¹, Jiao Yanjie¹

(1. Chengdu Center of China Geological Survey, Chengdu 610082, China; 2. No. 2 Geological Party, Guizhou Bureau of Geological Survey for Nonferrous Metal and Nuclear Industry, Liupanshan 553004, China)

Abstract: The application of Chinese-made WGMD-9 super-high-density electrical system to the Yangtianwo lead-zinc ore district in Shuicheng of Guizhou Province shows that this technique can more accurately distinguish the electrical structure characteristics of the Upper Permian Liangshan Formation and the Upper Carboniferous Maping Formation which are closely related to mineralization, and can also more accurately detect the orebody buried in the contact area between the sandstone and shale of Liangshan Formation and the limestone of the Maping Formation in the depth of $0 \sim 150$ m, thus guiding the implementation of surface prospecting tunnels and finally achieving the prospecting aim through "indirect" means. The results obtained also show that the high-density induced polarization technique has two deficiencies, i.e., the restriction of supply current and the limited depth of detection.

Key words: high-density induced polarization technique; buried interfacial lead-zinc orebody; indirect prospecting; lead-zinc deposit in Shuicheng

作者简介:张伟(1983-),男,重庆市人,工程师,博士研究生。主要从事金属矿产地球物理勘查工作。