

# EH4 电导率连续成像系统在 银厂坡地质勘查中的应用

杜荣光<sup>1</sup>, 胡 斌<sup>2</sup>

(1. 云南省有色地质调查院, 云南 昆明 650216; 2. 贵州省威宁浙仁矿业有限责任公司, 贵州 威宁 553100)

**摘 要:** 通过EH4电磁方法在贵州威宁银厂坡地质勘查中的应用实例, 并经过勘查、成矿靶位的确定、工程验证三个阶段工作后, 认为EH4电磁方法在地质勘查中具有较好的应用效果。特别是在深部地球物理信息上优于其它常规物探方法, 而它相对其它常规物探方法又更具有设备轻、速度快、费用低、精度较高等优点。

**关键词:** EH4 电磁法; 地质勘查; 电导率连续成像; 地球物理

**中图分类号:** P631.325 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-5663(2006)04-05-0534-04

电磁法作为地球物理勘查中的一种方法, 它早被地球物理工作者应用于地质勘查实践中, 但由于电磁法受理论技术方法及仪器设备的限制, 在我国的实际生产中应用得少, 特别是频率域电磁法。近年来, 频率域电磁法理论技术和仪器设备有了很大的发展, 例如EH4电导率连续成像系统(简称EH4), 它采用先进的电子及计算技术, 综合了CSAMT和MT各自的优点, 实现了天然信号源与人工信号源的采集和处理, 具有探测深度大、设备轻、速度快、费用低、精度较高等优点。

## 1 方法原理与仪器设备

美国的大地电磁仪器商EMI和地震仪器商Geometrics两公司于1996年联合生产的Stratagem电磁法系统包括两部分, 即发射装置和接受装置。接收装置包括不锈钢电极、接地电缆、前置转换器(AFE)、磁探头、主机、传输电缆、12V蓄电池; 发射装置包括发射天线、发射机、控制器、12V蓄电池。由于电池供电系统的小巧和便于携带, 可以应用在地形比较复杂或环境比较恶劣的地区。野外数据采集时, 以测线方

向为X轴, 垂直测线方向为Y轴, 在测点上, 沿X、Y方向布置两组相互正交的高频磁探头和电极, 通过Stratagem电磁系统, 同时观测地表交变电磁场X、Y方向的电场和磁场的时间序列, 然后经过傅立叶变换和复杂的函数计算, 可得到地下交变电磁场的频率响应, 再用专业软件处理, 可得到深度-电阻率二维等值图, 以此作为物探、地质综合解释的图件。

## 2 EH4 电磁法在银厂坡地质勘查中的应用效果

### 2.1 地质特征

银厂坡铅锌矿床属扬子准地台西南缘构造活动相对较强的前陆冲断褶带, 处于从陆块至造山带的过渡带。矿床位于近SN向小江深大断裂、NE向弥勒-师宗深大断裂和NW向紫云-垭都深大断裂所挟持的三角地带。这三条深大断裂具有多期次活动和构造性质有多次变化的特点, 对其周围的沉积过程、岩浆活动、构造演化起着主要控制作用, 并与这一沉积域中的铁、铜、铅、锌、金、银、砷、锑等矿产的分布有着密切关系。区内出露的地层由老到新有:

震旦系灯影组( $Z_{2d}$ ): 灰白色硅质白云岩, 为矿区次要含矿层。寒武系筇竹寺组( $C_{1q}$ ): 黑色泥质页岩, 夹黄色砂质泥岩。泥盆系海口组( $D_{2h}$ ): 断续出露, 浅灰色粉砂岩、泥质岩互层。泥盆系宰格组( $D_{3zg}$ ): 浅灰色的粗晶-中晶白云岩。其中第一段( $D_{3zg}^1$ )浅灰色的中-厚层状细-中粒结晶白云岩, 中下部夹浅灰色泥质白云岩; 第二段( $D_{3zg}^2$ )浅灰色的中-厚层状粉晶硅质白云岩, 顶部局部有浅黄色浅肉红色细晶白云岩; 第三段( $D_{3zg}^3$ )灰色隐晶灰岩、黄白色及肉红色中晶白云岩, 为矿区的次要含矿层之一。石炭系大塘组( $C_{1d}$ ): 灰色隐晶灰岩, 下部深灰、褐黑色的粉砂及紫色泥岩。石炭系摆佐组( $C_{1b}$ ): 灰白色、米黄色、肉红色粗晶白云岩, 夹浅灰色灰岩及白云质灰岩, 为矿区的主要含矿层, 铅-锌矿体赋存于浅色粗晶白云岩及灰岩中。石炭系威宁组( $C_{2w}$ ): 浅灰色灰岩、底部为白云质灰岩。石炭系马坪组( $C_{3m}$ ): 紫色灰紫色同生角砾状灰岩, 角砾具一定的磨圆度, 被紫色、黄绿色泥质胶结, 中部夹紫色、黄绿色页岩。二叠系梁山组( $P_{1l}$ ): 上部灰蓝色的碳质页岩与石英细砂岩互层, 下部黄白色石英细砂岩夹黄褐色泥质页岩。二叠系栖霞-茅口组( $P_{1q+m}$ ): 深灰、灰、浅灰色灰岩, 白云质灰岩夹白云岩。二叠系峨眉山组: 灰褐色、铁灰色致密块状、气孔状玄武岩, 中上部见有紫色蚀变玄武岩, 呈脉状或扁豆体状, 其间见有树叶状自然铜, 与下伏地层不整合接触。

区内主要断层为NE向的银厂坡逆断层 $F_1$ , 倾向SE, 倾角约为 $70^\circ$ ; 断层破碎带物质组成为方解石、白云石、铁质和泥质胶结的压碎角砾状白云岩, 地表风化后常呈明显的褐色铁染, 部分可见孔雀石化, 蓝铜矿化。诸多迹象表明, 此逆断层应是在一次较大的自SE向NW的逆冲推覆作用中形成的, 断距较大, 可见到震旦系灯影组直接覆盖在二叠系茅口组之上, 泥盆系覆盖在三叠系下统之上, 但并未见影响到三叠系中、上统以及侏罗系。这一特征表明, 上述断裂的形成不应晚于燕山期。除了 $F_1$ 外, 主要的NE向断层还有张扭性层间控矿断裂 $F_4$ , 倾角约为 $70^\circ$ ; 向深部逐渐变陡, 断裂沿走向延长达4km以上, 紧靠其上盘一侧, 发育铁锰质蚀变破碎带, 其宽度为10~60m, 断层角砾胶结物为铁锰质、泥质等, 常见铁锰质蚀变围绕灰岩角砾分布。在银厂坡一带, NW向断层形成时间相对较晚。

银厂坡铅-锌矿床的围岩蚀变主要以铁锰质蚀变

为主, 具多样性、分带性, 是构造热液活动的最宏观标志。围岩蚀变主要表现为铁锰质白云石化, 围岩与蚀变呈渐变过渡关系, 围岩蚀变的规模、大小、种类、强度甚至颜色是判断铅-锌矿体存在与否的必要条件之一。

银厂坡铅-锌矿床(体)赋存于石炭系下统摆佐组( $C_{1b}$ )上部,  $F_4$ 断层上盘破碎蚀变体的中等铁锰质蚀变带中。矿体倾向与地层基本一致, 呈透镜状、似层状产出。经工程控制, 在1730m高程处, 矿体倾角在 $65^\circ \sim 70^\circ$ ; 已近似直立。因此, 对本矿床来说, 热液成矿作用是其主因, 而构造断裂的作用则是矿化富集不可或缺的耦合条件。在1730m高程的PD10坑道中, 见到150m长的铅-锌矿化层, 矿石矿物主要是氧化锌, 见零星的残留方铅矿, 方铅矿小到星点, 大至几百公斤, 在该矿化带选择矿化较好的地段, 设计垂直下探的竖井, 下至1712m高程处, 仍见较好的氧化矿, 矿石铅品位从10%到50%、60%, 矿石矿物有氧化锌、氧化铅, 残留的方铅矿、褐铁矿等。

## 2.2 地球物理和地球化学特征

区域1: 20万水系沉积物测量表明, 区内Ag、Pb、Zn、Cd、As、Cu等的丰度较高; 元素组合异常主要沿区内大断裂带展布, 与此同时, 银厂坡铅-锌矿床位于我国第二条重力梯度带——龙门山重力梯度带上, 属幔隆与幔拗的变化区, 总体上是一条规模宏大的向西倾斜的幔坡带——乌蒙山幔坡带, 其莫霍面深度由东向西从34km下降至43km。因此, 该区在区域地球物理化学特征上是有利于成矿的。

在对测区采集的地层、矿化岩石、氧化矿石、硫化矿石等185块标本进行电性参数测定, 该结果的分析认为, 该区岩矿石的地球物理特征为:

该区茅口组灰岩及梁山组的石英砂岩为高阻低极化岩石, 其视电阻率均值大于 $1500\Omega \cdot m$ , 而视极化率均值小于1.5%。梁山组的煤系及碳质页岩的视电阻率均值为 $450\Omega \cdot m$  (煤炭标本经浸水后观测), 而视极化率均值为3.7%。摆佐组的铁锰质白云岩及钙质白云岩, 其岩石由于受蚀变重结晶的影响, 其岩石有一定的孔隙度, 相应地表现出中等大小视电阻率和较低的视极化率, 其视电阻率值在 $557 \sim 725\Omega \cdot m$ 之间, 均值为 $650\Omega \cdot m$ , 而视极化率均值小于1.5%。摆佐组的硫化铅-锌矿石是该区的低阻高极化体, 其视电阻率均值为 $57\Omega \cdot m$ , 视极化率均值为39.4%。而氧化铅-锌矿石视电阻率均值为 $291\Omega \cdot m$ , 视极化率均值

为 2.7%。

综上所述,一方面含矿地层摆佐组的视电阻率值远小于该区茅口组灰岩及梁山组的石英砂岩的视电阻率值,而视极化率值与之相反;另一方面含矿地层摆佐组的视电阻率值略大于梁山组的煤系及碳质页岩,而视极化率值与之相反。因此,其电性特征可以区分上述地层。摆佐组中硫化铅-锌矿石是该区的低阻高极化体,是由物探异常推测矿异常的有力物性依据;氧化的铅-锌矿石与梁山组的煤系及碳质页岩的电性特征差异不是很大,但至少也有 2 倍的差异,并且它们分属不同的地层中,只要结合实际地质情况作综合分析研究,还是有可能以其电性特征来区分它们的。由于上述铅-锌矿石与围岩之间存在较大的电性差异,投入以探测低阻矿体的电磁法是可行的。

2.3 EH4 电磁法资料的处理及解释

由于本次 EH4 电磁法工作为剖面性工作,测线线距为 100m,测点点距 50m,工作目的是寻找中深部的富的、厚的、大的矿体。因此,成果图以突出局部低阻异常为目的而成图。对 EH4 电磁方法采集到的信号经专业软件处理后,采用绘图软件绘制视电阻率断面等值线图,其中纵坐标为视电阻率  $\rho/\Omega \cdot m$ ,横坐标为测线距离  $(x/m)$ 。

在测区内,经过对 PD10/1730 坑道所揭露的已知地质特征处所对应的 0# 剖面内 EH4 视电阻率分析。结合本区地质、构造、矿床等情况和本次 EH4 电磁方法工作的目的后,可以认为,取低于  $925\Omega \cdot m$  的视电阻率值为 EH4 异常是合适的。以下以 0# 及 3# 测线剖面为例,对矿致异常作解释。

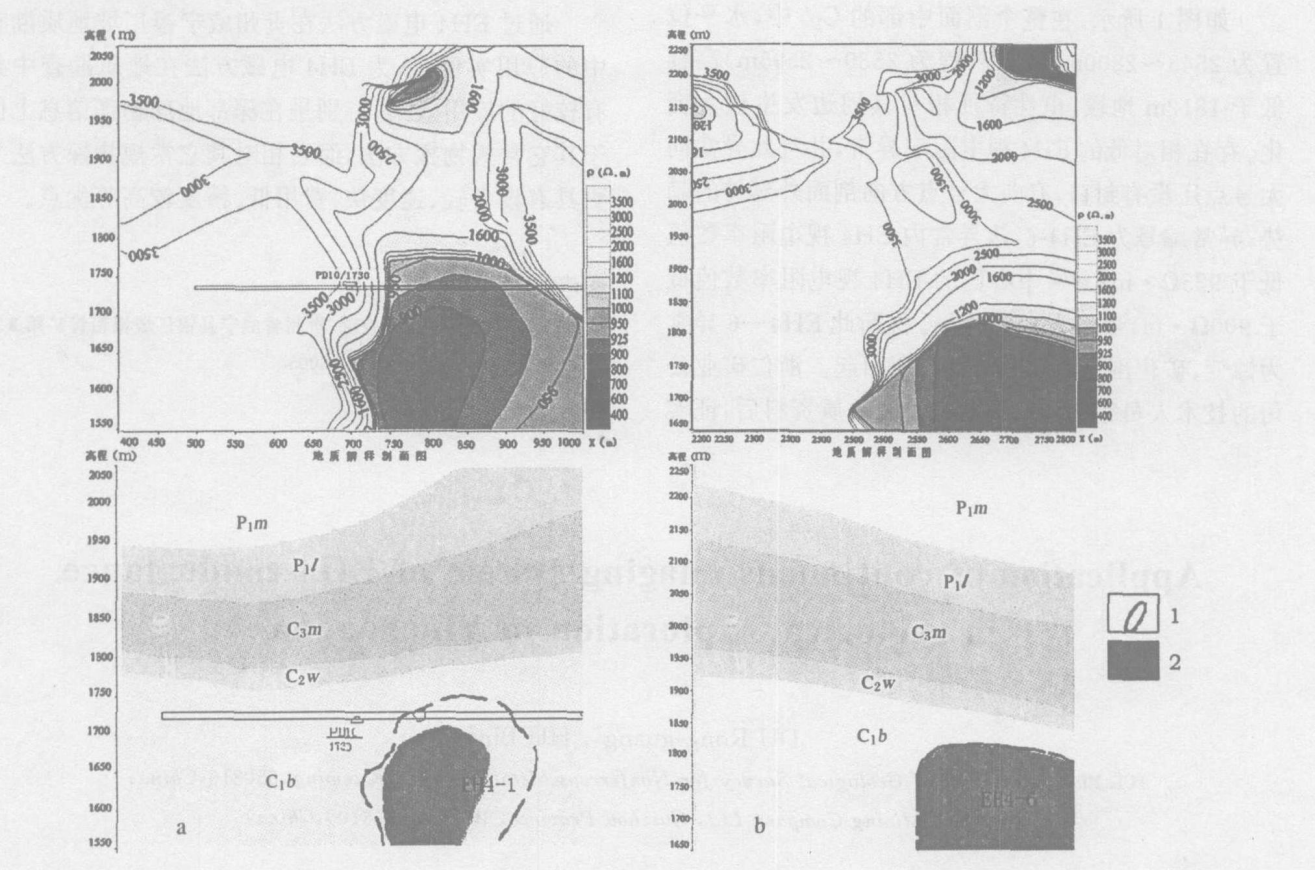


图1 银厂坡铅锌矿 0# (a)、3# (b) 线物探、地质综合剖面

Fig. 1 Comprehensive geophysical and geological profile on

No. 1 and 4 line of Yinchangpo lead and zinc deposit

P<sub>1m</sub> - 茅口组灰岩 P<sub>1l</sub> - 梁山组碳质泥质页岩与石英砂岩互层 C<sub>3m</sub> - 马坪组角砾灰岩中夹页岩 C<sub>2w</sub> - 威宁组灰岩,底部为白云质灰岩 C<sub>1b</sub> - 摆佐组粗晶白云岩、夹白云质灰岩,为主要含矿层 1- EH4 视电阻率异常等值线 2- 物探推测矿致异常

### 2.3.1 0# 剖面的EH4 电磁法异常的综合解释

如图1-a所示,在整个剖面中下部的C<sub>1b</sub>中,水平位置为700~920m(地表高程为2600~2620m)、高程低于1750m地段,电性特征相对其周边发生较大变化。存在相对低的EH4视电阻率异常,异常编号为EH4-1,该异常内EH4视电阻率数值低于 $925\Omega\cdot m$ ;异常中心区的EH4视电阻率数值低于 $900\Omega\cdot m$ ,最低为 $870\Omega\cdot m$ 。推断此EH4-1异常为蚀变、矿化围岩以及矿体组合所引起。而PD10/1730沿脉坑道以及由此向下的探矿竖井(高程1712m)所揭露的地质情况,验证了这一EH4异常的推断解释。浙仁矿业公司根据EH4-1异常,施工至高程为1685m的中段时,又见到了较好的氧化矿及硫化矿,并且经测试后,矿石中锌的品位高于铅。

### 2.3.2 3# 剖面的EH4 电磁法异常的综合解释

如图1所示,在整个剖面中部的C<sub>1b</sub>中,水平位置为2545~2800m(地表高程为2530~2595m)高程低于1812m地段,电性特征相对其周边发生较大变化。存在相对低的EH4视电阻率异常,并且此异常向大号点还没有封口,有向大号点方向剖面外延伸的趋势,异常编号为EH4-6,该异常内EH4视电阻率数值低于 $925\Omega\cdot m$ ;异常中心区的EH4视电阻率数值低于 $900\Omega\cdot m$ ,最低为 $840\Omega\cdot m$ 。推断此EH4-6异常为蚀变、矿化围岩以及矿体组合所引起。浙仁矿业公司的技术人员查找到此异常地段的地质资料后,证实

以前有关地勘单位曾在此打过钻孔,并且采到了氧化矿的岩芯样。

## 3 结语

在贵州威宁银厂坡银-铅-锌矿第III期物探项目中,原设计是搞瞬变电磁法(TEM)勘查,在实际施工中改为EH4电磁法,其在时间上比原设计提前一个月完成野外工作,而在矿致异常的解释深度上要比TEM准确。除了上述两剖面内的矿致异常被揭露的矿体所验证外,在笔者写作过程中,又传来好消息,其它的矿致异常部位也相继见矿了,并在深部的坑道工程中,揭露出富厚硫化矿体, EH4电磁方法的应用效果得到甲方的高度评价,目前甲方要求追加工作量,继续采用EH4电磁法在本区作地质勘查工作。

通过EH4电磁方法在贵州威宁银厂坡地质勘查中的应用实例,认为EH4电磁方法在地质勘查中具有较好的应用效果,特别是在深部地球物理信息上优于其它常规物探方法,而它相对其它常规物探方法又更具有设备轻、速度快、费用低、精度较高等优点。

### 参考文献:

- [1] 云南省有色地质调查院 贵州省威宁县银厂坡银铅锌矿第III期物探EH4工作报告[R]. 2005

## Application of continuous imaging system of EH4 conductance in geological exploration in Yingchangpo

DU Rong-guang<sup>1</sup>, HU Bin<sup>2</sup>

(1. Yunnan Institute of Geological Survey for Nonferrous Metal Resource, Kunming, 650216, China;

2 Zheren Mining Company Ltd, Guizhou Province, Weining 553100, China)

**Abstract:** Exemplified by the application of the EH4-electromagnetic technique to geological exploration in Yingchanggou area, this paper makes a preliminary discussion on various aspects of the application of EH4-electromagnetic technique to geological exploration, and illustrates the effectiveness of the method.

**Key Words:** EH4 electromagnetic technique, geological exploration, geophysics, continuous imaging by conductance