维普资讯 http://www.cqvip.com

综合物探方法在深部接替资源勘探中的应用

柳建新，胡厚继，刘春明，韩世礼，谢 维
（中南大学信息物理工程学院，长沙 410083）

［摘 要］文章介绍了双频道激电仪和EH4电磁仪的原理及两种仪器综合应用的方法。阐述了两种仪器在获取不同地质信息时，具有各自的优点。在结合地质情况的基础上，综合分析利用两方法所提供的地质信息，得出的结论与钻探结果吻合。表明两种方法的综合应用是有效的。文章还提出应充分掌握物探仪器的优缺点，综合利用，以提高勘探的准确性和效率。

［关键词］双频激电 EH4电磁仪 综合应用
［中图分类号］P631 ［文献标识码］A ［文章编号］0495-5331(2006)04-0071-04

0 引 言

由于国民经济建设对资源需求量的日益增加，加上现有矿山的保有储量不足，使得地质工作者不得不加大对各种矿产资源的勘探力度。为了满足生产矿山的资源需求，稳定矿山队伍，最好的办法是在其深边部及近外围发现新的矿体。随着西部大开发战略的实施，地球物理工作者希望能找到一种适合复杂地形资源勘探的有效方法。双频道激电仪具备设备轻便、生产效率高等特点，非常适合在地形地貌复杂的山区开展工作。EH4电磁成像仪是具有人工源和天然源双场源电磁测深的仪器系统，当浅部信号较强或仅关心中深部信息时，可只使用天然源进行测深工作，此时由于不需要笨重的发电发送设备，因而在深部电磁法探测仪器中也是比较轻便的。在交通不便，地形复杂的地区，综合使用这两种方法可以取得比较好的找矿效果。

1 方法介绍

1.1 双频激电法

双频激电仪是由中国工程院院士何继善[1]发明的一种频率域激发极化仪器，适用于金、银贵金属和铜、铅、锌等有色金属矿产资源勘探，该仪器由接收机和发送机组成，发送机将高、低两种频率的电流合成为特殊波型同时向地下供电。这两种频率是相干的并可根据需要选择，通常高频频率为4Hz，低频频率为4/13Hz。接收机同时接收高频电位差、低频电位差。自动计算并显示视幅频率 F_s 和高、低电位差 V_G、V_D，根据野外工作装置可以计算出视电阻率 ρ_s，计算公式为：

$$F_s = \frac{V_D - V_G}{V_G} \times 100\% \tag{1}$$

$$\rho_s = K\frac{V_G}{I} \tag{2}$$

式中：V_D 为低频电位差，V_G 为高频电位差，K 为装置系数，I 为供电电流。

矿化体受双频电流的激发而发生反应，接收机可以观测到视幅频率和视电阻率两个信息，达到寻找隐伏矿体的目的。该仪器具有抗干扰能力强、受电流变化影响小、观测速度快、工作效率高、轻便、灵活、稳定性好、观测精度高等特点[2-3]。

1.2 EH4电磁测深法

EH4电磁成像法通过接收大地对天然电磁波的反应，来达到电阻率或电导率测深的目的[4]。连续的测深点阵可以组成地下二维电阻率剖面，甚至三维立体电阻率成像[5]。它利用采集到的天然电场 E、磁场信号 H 及频率 f，通过公式(3)计算出相应频率所对应的电阻率，进而达到测定地下各层电阻率的目的[6]。

$$\rho = \frac{1}{5f}\left|\frac{E}{H}\right|^2 \tag{3}$$

归纳起来，EH4电磁成像具有以下特点：① 具

［收稿日期］2005-11-01；［修订日期］2006-01-24；［责任编辑］曲丽莉。
［基金项目］湖南省科技计划项目（编号：04FJ4061）资助。
［第一作者简介］柳建新（1962年—），男，2006年毕业于中南大学，获博士学位，现主要从事电磁法理论与应用研究工作。

维普资讯 http://www.cqvip.com

有较高的分辨率,为探测某些小的地质构造和区分电阻率差异不大的地层提供了可能性[7];② 能同时接收和分析 x、y 两个方向的电场和磁场,反演 $x-y$ 电导率张量剖面,对判断二维构造特别有利;③ 仪器设备轻,观测时间短,完成一个近 1000m 深度的测深点,大约只需 15 ~20min;④ 实时数据处理和显示,资料解释简捷,图像直观[9]。

2 综合应用方法

在实际工作中首先利用双频激电法快速轻便的特点,对测区开展面积性工作,可快速得到比较准确的关于地质异常的平面分布信息,这就相当于对测区进行了一次普查,掌握了下一步工作重点所在。然后选择重点区段用 EH4 进行详查工作,了解异常地质体的具体埋深、规模、产状等空间分布规律。

为了验证上述两种方法综合应用的效果,作者先后在广西、福建、湖南等地的 10 多个金属矿山开展了应用研究工作,文章以广西某矿区为例介绍综合应用的效果。

2.1 矿区地质情况

矿区位于桂东一大断裂带的北东端,该断裂带是桂东南重要的骨架构造,规模大、发展历史悠久,地质构造条件比较复杂,具有重要的控岩、控矿作用。区域断裂构造相当发育,主要发育有经向构造系、新华系、华夏系构造。出露的地层主要为奥陶—志留纪浅变质岩。岩性为砂岩、板岩夹白云质泥质灰岩,属浅海相沉积,外围断陷盆地有少量泥盆系、石炭系、白垩系及第三系分布。奥陶、志留系是此矿田的主要含矿层位。区域内岩浆活动较为强烈,中酸性岩浆受区域构造控制广泛发育分布。主要有燕山早期侵入的花岗闪长岩、英安斑岩及燕山晚期的花岗斑岩脉、岩墙等。区域内矿产种类多、分布广,有金、银、铜、铅、锌、钨、钼、锡、锑等。

该区由于地形复杂、植被覆盖、交通不便等原因,虽然也开展过一些地球物理工作,但前期工作大多布置在矿区地形相对平坦的部位,山区工作甚少,致使深部勘探工作长期没有取得突破。该次工作选择在前期工作空白区,地形起伏大,工作条件十分艰苦。

2.2 物探成果分析

2.2.1 双频激电法成果分析

根据工作区的特点,该次双频激电法采用中梯装置,工作中 AB 极距为 1000m,MN 为 40m,点距为 20m。考虑到矿区人为干扰大,供电电流一般保证在 500mA 以上。使用的仪器为湖南继善高科技公司生产的 SQ-3B 型数字型双频激电仪。该仪器具有数据记录功能,每天回到驻地只需将数据传入计算机即可进行后续的处理与解释。

在该区共计完成 15km 双频激电剖面,控制面积 1.4km^2,共发现有意义的异常 4 处。图 1 为测区某一剖面双频激电视电阻率和视幅频率剖面成果图。

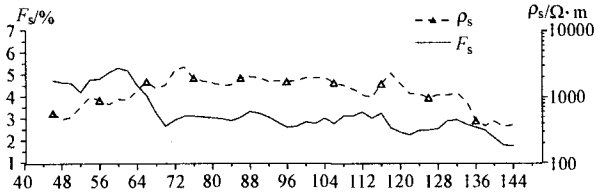

图 1 双频激电成果

从图中可以看出:该区视幅频率背景值约为 3%,自 70 号点往东(小号)视电阻率降低,视幅频率明显升高,推此异常为断矿致异常,此处存在矿化体。由于双频激电采用的是中梯装置,所提供的视电阻率和视幅频率均为测点以下地质情况的综合反映,没有异常的深度信息,所以无法掌握异常体的埋深、规模等信息。

2.2.2 EH4 电磁测深法成果分析

为解决上述问题作者在该剖面投入了 EH4 电磁成像测深工作。EH4 工作点位与双频激电点位重合。

EH4 电磁成像测深工作利用天然场源,进行张量测量,电极距为 40m。取测线方向(90°)为 x 方向,y 方向与之垂直。磁探头 H_x 为东西向(东为正),H_y 为南北向(北为正)。在野外工作中,保证了两个磁探头的水平、固定,方向误差不超过 2°[8],以获得真实的磁场信号。探测结果用仪器所带的 IMAGEM 软件进行二维反演,考虑到地形引起的静态效应很明显,根据经验该次反演采用分段进行、结果拼结的方法,在地形比较陡的地段取平滑因子为 0.7,比较平缓的地段取为 0.4。反演出的数据用 Surfer 软件成图,取步长为 10。图 2 为 EH4 在同一测线上的电阻率断面图。

从 EH4 电阻率断面图可以看出:在 72 ~ 140 号点的标高 0 ~ 400m 之间有一高阻异常存在,与双频激电成果相互吻合。在 80 ~ 105 号点的标高 500 ~ 600m 之间有一相对低阻异常。从图上电阻率的分布来看,在 40 ~ 110 号点之间,有一电阻率剧变带,反映了电阻率的不连续,推断有一向东(大号)倾斜

维普资讯 http://www.cqvip.com

的断层存在,为成矿有利部位。在42~52号点的400~520m标高反映有明显的低阻异常存在,推测低阻异常体中心在48号点附近,中心深度330m左右,即470m标高左右,该低阻体向东倾斜,和断层的产状相似。并大体分布于断层下盘350~550m标高处的灰岩地层中。异常体与成矿有利部位的中心吻合。在图1中,双频激电异常曲线在该段也有明显的低电阻率、高幅频率异常反映。EH4电磁成像结果验证了此异常的存在并圈出了异常体的大致埋深和厚度。

综合双频激电曲线和EH4电磁电阻率断面图,推测该处物探异常应为矿致异常,推断解释成果图如图3所示。

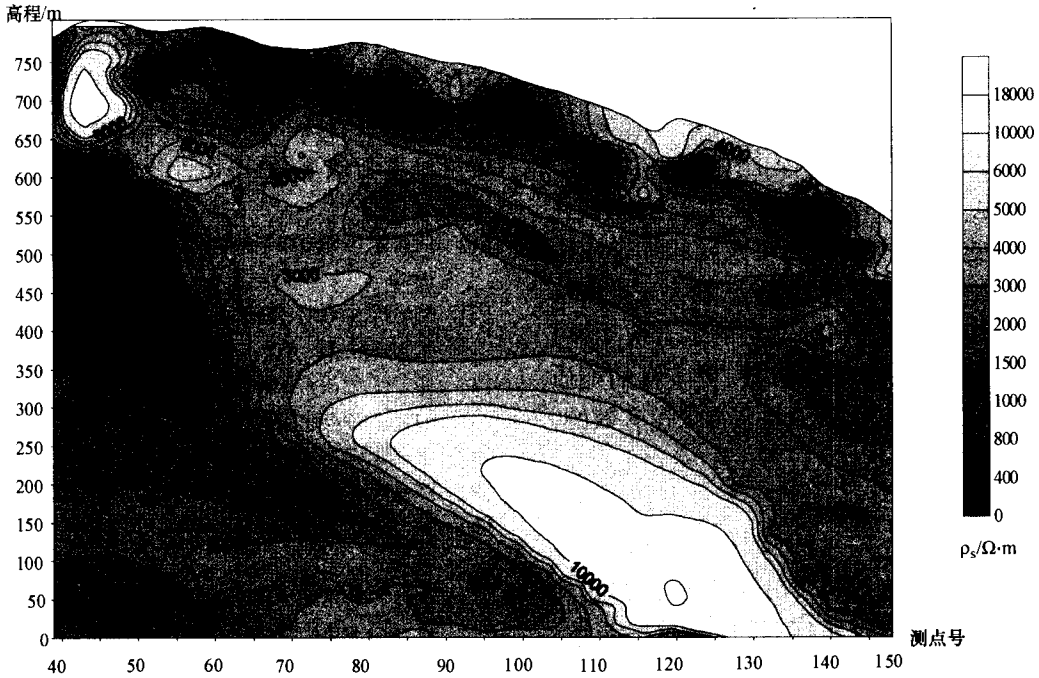

图2　EH4电阻率断面图

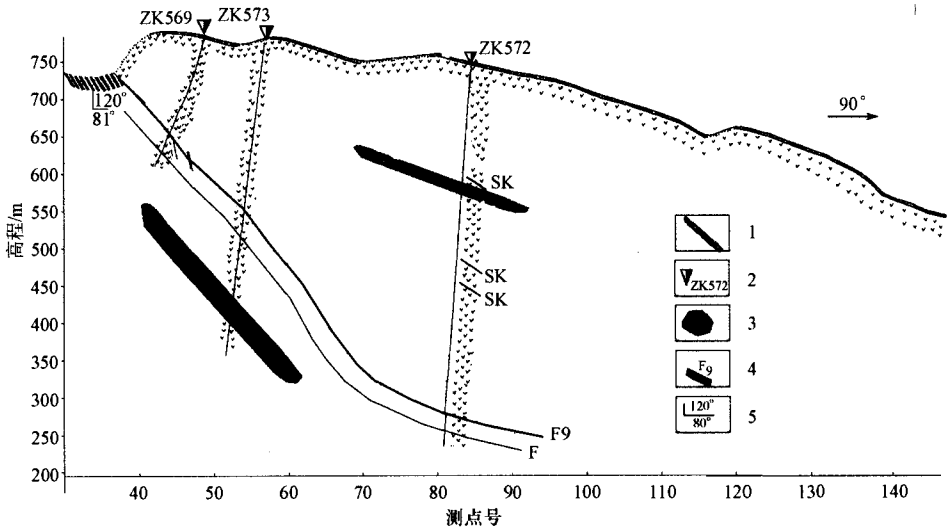

图3　推断解释成果图

1—花岗斑岩;2—钻孔及编号;3—推断矿体;4—断层及编号;5—地层产状

维普资讯 http://www.cqvip.com

图中钻孔 ZK569、ZK572 为物探工作开展前所设计施工的，两者均未见矿，其中钻孔 ZK572 在 76 ~100 号点的标高 550 ~600m 之间见花岗斑岩，经测定，其电阻率在 1500 ~4000Ω·m 之间，与图 2 所电阻率曲线吻合较好。

为了验证物探工作的准确性，在上述物探工作的基础上，针对物探工作所反映的低阻异常所布置了验证钻孔 ZK573。验证结果表明在 50 号点附近的标高 460m 附近见工业矿体，物性测量表明该矿为富含铅锌矿的低阻体，矿体两侧岩体存在不同程度的矿化。

钻探结果很好地验证了物探工作的解释结果。

从双频激电和 EH4 电磁成像成果及验证钻孔情况可以看出，这两种物探方法在该区的综合应用是十分有效的，二者相互补充和配合，加大了推断解释的准确性。实践表明这两种方法的综合应用，可以取得比单独运用一种方法更有效、更丰富的地质信息，对开展深部找矿工作来说是非常快速有效的，尤其在地形条件差的地区。

3 结 论

1）由于双频激电仪的轻便与高效率，能很快地对勘探区进行面积性普查工作，快速圈定异常区。虽然双频激电仪也可以通过测深大致确定异常体的埋深、厚度等参数，但由于是几何测深，为了了解深部资源需要相当大的供电极距，这在类似该区的地形起伏区会导致工作效率的降低、探测结果的不准。这就需要其他方法作为补充。

2）双频激电法能同时提供极化率和电阻率两个参数，从而增加了深部地质体的信息。

3）EH4 电导率成像采用频率测深，由于其通过采集天然场的电磁信号，只需改变接收频率就能达到增加勘探深度的目的。这恰恰弥补了双频激电的不足，可以发挥剖面测深的优点，来确定双频激电面积性工作所圈定异常的埋深和厚度。但 EH4 扫面工作效率太低、成本过高，不可能大量应用该方法进行面积性工作，圈定异常范围。

4）各种物探方法由于各自的原理与工作方法不同，提供的地质信息也不同，在实际工作中如何有效地利用各自的特点，进行综合资源勘探，提高勘探的准确度与效率，值得作进一步的研究。

［参考文献］

［1］ 何继善. 双频道数字激电仪［M］. 长沙：中南大学工业出版社，1988.

［2］ 柳建新，刘春明，佟铁钢，等. 双频激电法在西藏某铜多金属矿带的应用［J］. 地质与勘探，2004，40（2）：59 -61.

［3］ 杨 进，孟海东，傅良魁. 激电找水数据处理解释方法与系统［J］. 物探与化探，1998，3：45 -51.

［4］ 傅良魁. 应用地球物理教程［M］. 北京：地质出版社，1991.

［5］ 陈乐寿. 大地电磁测深方法［M］. 北京：地质出版社，1990.

［6］ 魏 胜. 大地电磁解释工作站［J］. 物探与化探，1994，18：50 -54.

［7］ 祝顺义，陈庆凯. EH4 电磁成像系统在水库大坝勘查渗漏的应用［J］. 有色矿冶，2004，2：13 -15.

［8］ 孙鸿雁，李汝传，王书民，等. 可控源音频大地电磁测深中水平磁场探头方向偏差对卡尼亚视电阻率的影响［J］. 地质与勘探，2004，40（4）：80 -81.

［9］ 吴璐苹，石昆法，李荫槐，等. 可控源音频大地电磁法在地下水勘查中的应用研究［J］. 地球物理学报，1996，39.

APPLICATION OF SYNTHETICAL GEOPHYSICAL METHOD ON EXPLORATION OF DEEP - SEATED RESOURCES

LIU Jian - xin, HU Hou - ji, LIU Chun - ming, HAN Shi - li, XIE Wei

(*School of Info - Physics and Engineering*, *Central South University*, *Changsha* 410083)

Abstract: The paper introduces both principle of dual - frequency induced polarization and EH4 electromagnetic instruments and synthetical application of such two instruments. These two instruments show each merits during obtaining different geological information. Based on geological background, geological information obtained from these two instruments is agree with results of drilling. Synthetical application of these two instruments is valid. The paper brings forward that merits and disadvantages of the geophysical instruments should be acquired to improve veracity and efficiency in prospecting.

Key words: dual frequency induced polarization, EH4 electromagnetic image technique, synthetical application