音频大地电磁测深在攀西铜矿勘探中的应用*

周 军, 王成龙, 曾 珍
(成都理工大学"油气藏地质与开发工程"国家重点实验室, 成都 610059)

摘 要: 音频大地电磁测深相对于传统的直流电法勘探具有不受高阻层屏蔽、勘探深度大等优点。在攀西某铜矿勘探中, 利用音频大地电磁测深资料, 较好的区分了目标岩层与上下围岩, 解决了控矿构造问题, 为矿区的进一步开发提供了可靠的地球物理信息。

关键词: 音频大地电磁测深; 铜矿勘探; 地球物理

铜是国家建设不可或缺的战略资源, 随着国民经济建设的加快, 对铜的需求也日益增大。然而, 经过几十年的开发, 已发现铜矿资源的储量也越来越少, 这就提出了对更深范围的铜矿资源进行新一轮勘探的要求。

作为电法勘探的重要分支, 目前大地电磁测深法(MT)已经较多的应用于石油地质勘察、深部大地构造解释, 并取得了良好的效果。而音频大地电磁法(AMT)作为MT 法在0.1～10000Hz 频率段的延伸, 其勘探深度可达2000m 左右。目前, AMT 法在矿产勘查中的应用还仅仅处于起步阶段, 但是我们有理由相信, 基于它本身在2000m 深度范围内的勘探优势, 它会在未来的矿产勘探工作中越来越多的显示其重要作用。

1 音频大地电磁测深法简介

音频大地电磁测深法以地壳中围岩与目标岩石的导电性和导磁性的差异为其主要的地球物理前提, 根据电磁感应原理来研究电磁场在空间、时间上的分布规律, 从而区分地下围岩与目标岩石, 或者解决如大地构造等等其它地质问题。在音频大地电磁测深中, 不同周期电磁波的穿透深度不同。当频率很高时, 由于集肤效应的影响, 电磁场可能只集中在浅部的介质中, 而不受下伏岩层的影响。随着电磁波信号周期的增大, 其穿透深度也将逐步增大, 使视电阻率受到深部介质电阻率分布的影响。因此, 作为一种频率测深的方法, 大地电磁法是利用不同频率的电磁波来反映不同深度的地下介质视电阻率分布规律。

相对于传统的直流电法而言, 音频大地电磁测深法的勘探深度更大, 同时能提供除了视电阻率外的更多解释参量, 诸如: 磁(电)反射系数、各向异性参数、二维偏离度、电性主轴方位、倾子等。本文主要采用视电阻率、二维偏离度和电性主轴方位进行AMT 资料的解释工作。

2 音频大地电磁测深法在攀西某铜矿勘探中的应用

2.1 测区地质环境及地球物理条件

测区穿过已开发矿区并向南延伸6km。整个区域位于"康滇地轴"中段西缘, 按板块构造观点, 属扬子古板块川滇岛弧带的西南缘; 按地质力学观点, 属南岭东西构造带和川滇南北向构造带的复合部位。

区内构造发育, 主要为形成于前震旦纪的东西向基底构造, 包括F_1断层与单斜构造。同时还有近北北东向的南北向褶皱系统迭加于东西向基底构造系统之上。区内构造的复杂多变, 导致难以在地质勘探和生产中把握矿床的空间变化规律。

区内出露地层主要为元古界会理群河口组, 其总厚度约为4000m, 为一套以角斑质岩为主的细碧角斑岩系。根据该套地层的含矿建造特征, 可将其分为两个不同的火山喷发- 沉积旋回, 共四个岩段, 由下而上分别是: 河口组的第一岩段(Pt_1h_1)、河口组的第二岩段(Pt_1h_2)、河口组的第三岩段(Pt_1h_3)、河口组的第四岩段(Pt_1h_4)。该区铜矿的含矿层系主要是河口组的第四岩段(Pt_1h_4)的中部, 含矿层系的主要岩石类型为: 云母片岩、交代- 蚀变岩以及少量的含铜角砾岩。含矿层系的上覆岩层为河口组第四岩段的上部($Pt_1(h^3)_4$)以及辉长岩的侵入体, 下伏地层为河口组下部火山变质- 火山沉积岩段, 即第三和第四岩性段。矿体呈似层状、透镜状产出, 与围岩呈整合接触, 矿体与围岩呈渐变关系矿石构造以条带状构造、浸染状构造为主, 其次为脉状构造。主要成矿期包括火山喷出一沉积成矿期和变质热液成矿期。

在本次工作中, 我们以露头小四极测量数据为依据, 获得岩矿石电阻率值。根据对称小四极实测的岩矿石视电阻率(见表1)可知, 含矿层系河口组的第四岩段中部($Pt_1(h^3)_4$)作为本次勘查工作的目的层, 其电阻率相对于上覆岩层河口组的第四岩段上部($Pt_1(h^4)_4$)呈高阻反映, 而与下伏围岩河口组的第四岩段下部($Pt_1(h^{1-2})_4$)电性差别不大。这说明, 含矿地层与同一岩性段的地层之间电性差异并不明显, 要直接寻找含矿层系比较困难。但是, 必须注意的

* 收稿日期: 2007-04-14

作者简介: 周军(1981—), 男, 汉族, 成都理工大学在读硕士, 专业为地球探测与信息技术。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

是, 整个第四岩性段与下伏第三及第二岩性段之间有着明显的电性差异, 这说明该区具备开展AMT方法测量间接找矿的地球物理前提。

表1　测区主要岩层对称小四极实测视电阻率统计表

岩层名称	对称小四极实测视电阻率
第四系覆盖层	124Ω m
河口组的第四岩段上部($Pt_1(h^4)_4$)	590Ω m
河口组的第四岩段中部($Pt_1(h^3)_4$)	890Ω m
河口组的第四岩段下部($Pt_1(h^{1\sim2})_4$)	1096Ω m
河口组的第三岩段(Pt_1h_3)	260Ω m
河口组的第二岩段(Pt_1h_2)	760Ω m
河口组的第一岩段(Pt_1h_1)	546Ω m

2.2　野外工作布置采集与资料处理

根据已有地质资料的推断, 本次野外工作中由北往南布置了一条AMT 测线, 共30 个测点, 测点间距为250m , 电极距为100m。 为获得更多的信息, 野外施工采用张量观测。该测线穿过老矿区, 向南延伸约6km 左右, 力求通过AMT 测量查明含矿层系在老矿山以南地区的空间分布规律。

在AMT 资料的反演解释过程中, 采用了曲线平滑、插值, 以及曲线分析、静校正、张量阻抗分析等处理功能对原始资料进行预处理, 对部分测点的高频畸变和飞点借助相位资料进行恢复, 并对原始资料进行静态校正, 以保证视电阻率曲线不受静态畸变的影响。AMT 资料的定性解释主要包括了对AMT 曲线类型、视电阻率- 频率拟断面与张量阻抗的分析。通过对曲线类型、视电阻率- 频率拟断面的分析可以把握基底隆凹变化、构造单元区分、断层分布等情况, 并为进一步资料解释打下良好的基础。通过对阻抗张量的旋转不变量的分析可以获得区域电性结构的维数、二维偏离度以及各向异性等参数, 以此为基础可以对测区电性结构沿纵、横向的变化规律作进一步研究。定量解释中采用了一维Bostick 变换, 一维 Occam 反演, 二维非线性共轭梯度(NLCG)反演, 二维概率成像, 通过多种方法的反演结果相互佐证, 以求能使解释结果更精确可靠。

2.3　应用研究

(1) 阻抗张量分析

通过对阻抗张量旋转不变量的分析可以获得区域电性结构的主轴方位、二维偏离度(角) 以及各向异性角等解释参数。以此为基础可以对测区电性结构沿纵、横向的变化规律作进一步研究。

表2　主轴方位角统计表

点号	f=780 Hz 主轴方位角	f=66 Hz 主轴方位角	f=11 .25 Hz 主轴方位角
2	42 °	38 °	39 °
7	61 °	52 °	55 °
12	33 °	28 °	32 °
17	5 °	43 °	46 °
23	34 °	31 °	32 °

表3　二维偏离角统计表

点号	f=780 Hz 二维偏离角	f=66 Hz 二维偏离角	f=11 .25 Hz 二维偏离角
2	12.2 °	12.8 °	14.9 °
7	15.1 °	16.2 °	18.5 °
12	11.3 °	15.8 °	18.2 °
17	19.5 °	12.3 °	20.6 °
23	13.2 °	14.1 °	19.2 °

对测区内AMT 测点2、7、12、17 与23 号点频率为f=780,66,11.25 Hz 的张量阻抗进行分析可知: 在该区域, 主轴方位近于正南北(见表2), 主轴方位呈90 差值变化; 二维偏离角大都小于30 ℃(见表3), 这表明该区域电性结构近于2- D 构造, 适合采用2 - D 反演方法对资料进行处理。

(2) 反演剖面解释

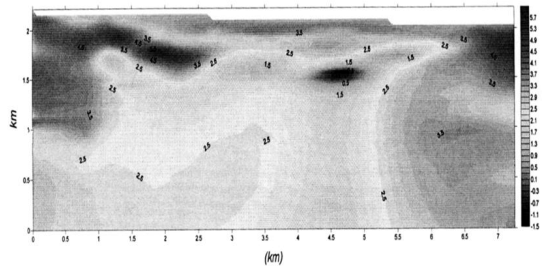


图1　二维非线性共轭梯度(NLCG)反演剖面

图 1 是 AMT 资料的二维线性共轭梯度(NLCG)反演剖面, 图中水平距离0.5 km 附近处为已开采的老矿山。此处红色异常带顶部即为已开采的含矿层系。由剖面可见, 在水平距离1km 处, 该异常带有明显的褶皱出现, 结合已有地质资料分析可知, 这实际上是压性断层F_1的影响所致, 断层的倾向为近正南。整个异常带在剖面中表现为单倾构造, 倾向也是近正南。该异常带向南(剖面右侧) 延伸至2.5 km 处, 由北向南其埋深从由200m 逐渐增大至500m。但是对于目标层下伏岩层之间的接触关系, 由于方法本身在分辨率上的局限性, 并未明确的在图中显示出来。

通过多参数的AMT 资料综合分析, 初步查明了测区内河口组第四岩性段含矿层系的空间展布特征以及控矿构造的分布特征。

3　结论

对音频大地电磁测深法的实际应用研究表明:

(1) 相对于传统的直流电法, 音频大地电磁测深法具有勘探深度大, 并且不受浅部高阻岩层屏蔽的优势。

(2) 相对于传统的直流电法, 音频大地电磁测深法能提供更为丰富的信息, 可以对资料进行多参量综合解释, 提高解释工作的可靠性。

(3) 在矿产勘探中, 只要具备了相应的地球物理条件, 即使面对深度较大的勘探目标,AMT 法也能够取得较好的效果。但是由于方法本身的限制, 在深

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

高含水期剩余油分布及生产研究*

李 勇
(长江大学, 湖北 荆州 434023)

摘 要: 随着油田开采的深入, 长期的注水导致采出油含水率不断增高。应综合采用地质和工程等多种方法来控制含水率。降低开发成本, 提高采收率。

关键词: 高含水期; 剩余油; 油藏开发; 注水开发; 开发技术

1 前言

现在我国大部分油田都已进入了高含水的后期开采, 整体采油出现了高注水和高含水生产的阶段, 采油成本成上升趋势。随着水油比的急剧增加。吨油单位操作成本也随之呈直线上升。开发经济效益下降。当油水比达到60 以后。当吨油操作费用达千元以上, 则已无效益可言。

2 剩余油分布情况

从总体上看, 剩余油的分布主要特征是: 从平面分布形态看, 多为孤岛状或窄条带状; 从区域分布看, 主要分布在大断层附近、断层边角区和岩性变化带; 从纵向上看, 主要分布在物性相对较差的低渗透层中。

3 剩余油分布和井网适应性分析

随着油田开发的不断深入, 油藏地下油水分布发生了很大的变化, 而目前井网状况已不能完全适应剩余油挖潜的需要, 主要表现在以下几点:

3.1 目前的基础井网是当初以主力油藏为基础设计的, 从目前剩余油分布形式看, 大断层附近、断块边角及注采不完善区域的剩余油挖潜, 只靠现有井网是不够的。

3.2 进一步提高水驱波及范围要求对井网作出必要的调整。从剩余油研究结果和开发效果评价可以看出, 常规中渗透多油层油藏和严重非均质油藏的剩余油, 有一半分布在差层中, 由于启动压力的存在, 在目前层间矛盾严重的井网情况下, 这部分潜力是难以挖掘的。这就决定了这类油层要进一步提高水驱动用储量, 就要适当缩小井距, 对注采井网作必要的调整, 建立适合启动差层条件的注采井网。

3.3 严重的井况问题破坏了井网的完善程度。油田

部, 随着电磁波波长的增大, AMT 测量的分辨率也会随之降低。因此, 对于深部的目标, 如果若其厚度不够大, 音频大地电磁测深法测量就无法对目标体进行更为细致的分辨。

[参考文献]

[1] 何继善等编译. 可控源音频大地电磁法[M]. 长沙: 中南工业大学出版社,1990.

[2] 陈乐寿, 剂任, 王天生等. 大地电磁测辣资料处理与解释. 北京: 石油工业出版社,1985.

[3] 毛立峰, 王绪本, 高永才. 大地电磁概率成像的效果评价. 地球物理学报,2005,48 (2): 429～ 433.

[4] Mao L F, Wang X B, Gao Y C. Appraisement on the MT probability tomography. Chinese J. Geophys. (in Chinese),2005,48 (2):429～ 433

[5] Lilley F. E. M. Magnetotelluric analysis using Mohr circles. Geophysics ,1993,58 (10),1498 ～ 1506.

[6] 晋光文, 孙洁, 江钊. 大地电磁阻抗张量不变量及其Mohr 圆分析[J]. 地震地质,1995,17 (4):439～ 445.

[7] 王家映关于大地电磁的静校正问题地质科拉情报. 1992、11 (3):69～ 76.

Application of Audio Magnetotelluric Souding in Western of Panzhihua for Copper Exploration

ZHOU Jun, WANG Cheng-long, ZENG Zhen
(Chengdu University of Technology, Sichuan, Chengdu ,610059 China)

Abstract: The exploration depth of Audio Magnetotelluric Souding (AMT) is deeper than that of direct current prospecting. It distinguishes the target stratum and surrounding rock using the data of Audio Magnetotelluric Souding in Western of Panzhihua for Copper Exploration. The data of AMT supply dependable information for mineral exploitation.

Key words: Audio Magnetotelluric Souding; Copper Exploration; Geophysics

* **收稿日期**: 2007-04-14

作者简介: 李勇(1982—), 男,2005 年毕业于长江大学地球科学学院资源勘查工程专业。现为该校矿产普查与勘探专业在读研究生从事油气藏开发地质及储层地质建模研究工作。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net