

技术方法

## CSAMT 在隐伏地质构造勘查中的三维可视化应用

韦乖强<sup>1</sup>,赵慧<sup>2</sup>,赵秀玲<sup>1</sup>,闫顺尚<sup>1</sup>

(1.山东省煤田地质局第五勘探队,山东泰安 271000;2.山东省地质科学研究所,山东济南 250013)

**摘要:**在利用地球物理手段勘查隐伏构造的实践中,CSAMT(可控源音频大地电磁测深法)以其横向分辨能力强,探测深度大,受地形影响小等优势而广泛选用。为了直观展示隐伏构造的特征及空间联系,方便和已知地质图件的叠加对比,在资料处理解释过程中,引用了三维可视化处理新方法,使 CSAMT 探测隐伏地质构造的分辨效果更加清晰,利于解决与隐伏地质构造相关的其他地质问题。

**关键词:**CSAMT;隐伏地质构造;三维可视化

**中图分类号:**P208

**文献标识码:**B

**引文格式:**韦乖强,赵慧,赵秀玲,等.CSAMT 在隐伏地质构造勘查中的三维可视化应用[J].山东国土资源,2015,31(11):56-58.WEI Guaiqiang,ZHAO Hui,ZHAO Xiuling,etc.Application of Three-dimensional Visualization of CSAMT in Exploring Concealed Geological Structures[J].Shandong Land and Resources,2015,31(11):56-58.

对于隐伏地质构造的勘查,常用的方法有 CSAMT,AMT,TEM、直流电法、地震波等。在诸多探测方法中,CSAMT,AMT 方法以其探测深度大、地形影响小、施工效率高、能穿透高阻屏蔽、横向分辨率高等优势而被广泛应用。基于 CSAMT 法在隐伏地质构造勘查中的诸多优势,在探测实践中,引用了三维可视化成果资料处理新方法,通过对勘查成果的常规二维成图方法和三维可视化成图方法在资料解释中的比较分析,阐述了三维可视化资料处理新方法在 CSAMT 探测隐伏地质构造勘查实践中的实现方法、效果分析及优势等。

## 1 CSAMT 法概述

CSAMT 是在大地电磁测深(MT)和音频大地电磁测深(AMT)的基础上发展起来的一种人工源频率域测深方法,通过改变发射源的发射频率达到测深目的。目前常采用电性源赤道偶极装置进行标量测量,测量时要求场源和测深点之间的距离要达到 3~5 倍的趋肤深度( $\delta=503\rho/f$ ,其中  $\delta$  为趋肤深度、 $\rho$  为探区内预期的平均电阻率、 $f$  为工作频率),观测区域布置在以发射偶极形成的  $60^\circ$  角的梯形范围内,观测与场源平行的电场水平分量  $E_x$  和与场源

正交的磁场水平分量  $H_y$ ,通过计算卡尼亚电阻率和阻抗相位来达到分析解决相关地质问题的目的<sup>[1-2]</sup>。

## 2 隐伏地质构造的地球物理特征

隐伏地质构造是指被第四纪松散沉积物所覆盖,或隐伏在表层基岩下面的地质构造。第四纪松散沉积层因受大气降水影响,电阻率一般相对较低,对于表层基岩来说,视电阻率受完整程度、大气降水影响,表现为高低相间的电阻率特征;对于隐伏断层而言,其电阻率特征和围岩电阻率大小、断层的宽度、胶结程度、含水性、岩脉侵入等因素相关,表现为低电阻率特征或高电阻率特征,电性差异明显,视电阻率等值线表现为横向上的突变,不连续;对于隐伏向斜和隐伏背斜而言,在电性特征上表现为电阻率等值线向下凹陷或向上拱起。

## 3 三维可视化绘制方法

### 3.1 Voxler 软件简介

三维可视化(3D Visualization)是利用三维数据体显示、描述和解释目标体现象和特征的一种图像

收稿日期:2015-04-24;修订日期:2015-05-22;编辑:曹丽丽

作者简介:韦乖强(1979—),男,陕西宝鸡人,工程师,主要从事地球物理勘探方法研究与技术管理工作;E-mail:71926866@qq.com

显示工具,有助于理解各种现象的发生、发展和相互联系,对相关学科的交流协作起到桥梁作用,现已广泛应用在地质和地球物理学、测绘学、海洋学、生物医学等学科<sup>[3]</sup>。该文基于 Voxler 软件平台,介绍了 CSAMT 在隐伏地质构造勘查实践中的三维可视化应用情况。

### 3.2 Voxler 软件制图方法

(1)对测区 CSAMT 反演数据加以整理,选取每条测线测点反演数据中的  $Coord._x, Coord._y, -Ele.2\_m, E\_3.75Bsp\_\Omega m$  (即  $X, Y, Z, \rho_r$ , 其中  $X, Y$  为实际坐标或相对坐标,  $Z$  为标高,  $\rho_r$  为反演视电阻率) 4 列数据,把选取数据合并成一个三维数据体文件,就完成了三维可视化成图所需的数据体。

(2)启动 Voxler 软件,调入整理好的三维数据体,并添加 Gridder,在 Gridder 属性管理界面设置合理的网格化参数和需要显示的边界范围,点击 Begin Gridding,就完成了对三维数据体的网格化。

(3)对于网格化文件添加 Obliqueimage(可调整位置、角度切片)模块,在该模块属性管理界面设置需要显现断面的方位、方向参数和断面视图渲染选项及电阻率色谱;同时对网格化文件添加 Bounding-Box(边界框)模块,就完成了对数据体的三维可视化显示。

## 4 应用实例分析

### 4.1 项目概况

探测区位于贵州省兴仁县,出露地层为中三叠世关岭组第三、第二、第一段及早三叠世永宁镇组第四段,出露岩性主要为白云岩、灰岩、泥质灰岩,主要任务为采用 CSAMT 探测测区的隐伏构造发育情况,要求探测深度 2 000 m。

### 4.2 资料对比分析

#### 4.2.1 二维断面图应用分析

图 1 为 CSAMT 3 条测线的视电阻率二维解释成果图,3 条测线清晰地反映了探测位置地层及隐伏构造的电性特征,横轴均为相对位置,纵轴为标高。3 条测线视电阻率断面图共同电性特征为:浅部视电阻率相对较低或高低相见,为白云岩、泥质灰岩的电性反映;中深部视电阻率值相对较高,均大于  $500 \Omega \cdot m$ ,为灰岩的电性反映。各测线视电阻率等值线在横向上局部出现突变、不连续,且突变位置

视电阻率值高低差异明显,根据隐伏地质构造的地球物理特征,推断了各条测线反映的隐伏断层位置及特征;同时各测线视电阻率等值线局部出现向下凹陷或向上拱起,轴部视电阻率较低,根据隐伏地质构造的地球物理特征结合已知地质图推断了隐伏向斜和背斜的发育位置。因各条测线方向各异,不能利用实际坐标成图,仅用相对坐标位置成图,不能直观的与已知地质图进行叠加对比分析,且各条测线反映的隐伏构造对应关系难以直观显示。

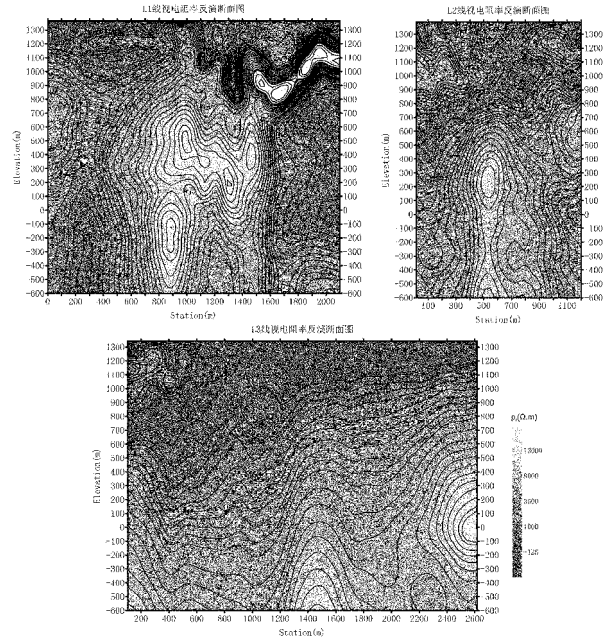


图 1 CSAMT 探测隐伏地质构造二维解释成果图

#### 4.2.2 三维断面图应用分析

图 2 为 CSAMT 3 条测线利用实际坐标,依照 Voxler 软件制图方法绘制的视电阻率三维解释成果图,该图件同时在上部插入了已知地质图件。可以看出,三维可视化成果图和已知地质图在空间坐标上准确定位,清晰地展示了测线反映的异常与已知地质图的叠加对应关系,直观显示了各隐伏断层及向斜、背斜的特征,提高了对已知地质图所显示构造的空间特征认识。因 CSAMT 勘查主要验证已知地质图的 F1, F2, F3, F4 共 4 条断层,从三维可视化图件的叠加对比来看,该资料处理新方法提高了图件的显示能力,推断解释的异常和已知地质图吻合较好。

图 2 仅是三维可视化图件某一方位的固定显示,在实际解释过程中,可以通过调整显示角度,突

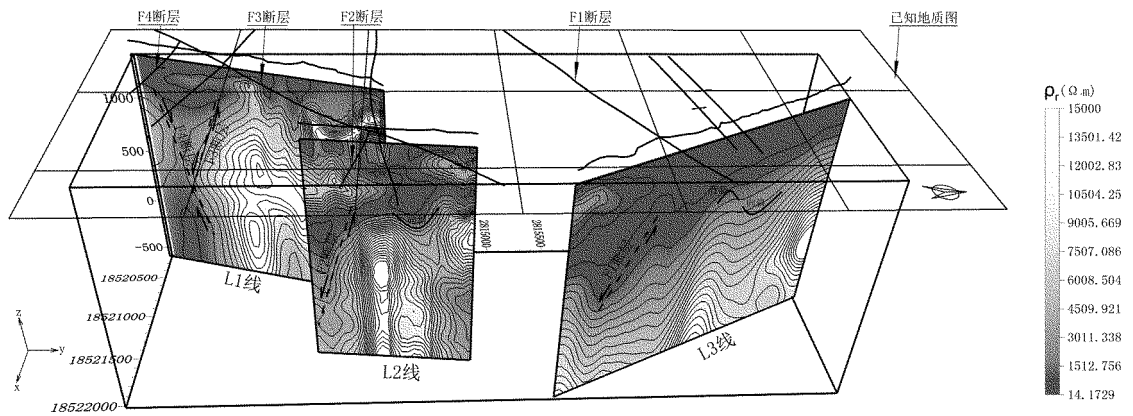


图 2 CSAMT 探测隐伏地质构造三维解释成果图

出显示所需异常,同时,在工作量充足的情况下,还可以通过改变显示平面(XY Plane 模块)方位,绘制多个深度或标高范围的视电阻率平面切片图,从不同标高的平面电性特征来分析探测异常的空间特征<sup>[4-5]</sup>。

## 5 结论

通过对探测实例的二维断面图和三维断面图的对比分析,证实 CSAMT 对于隐伏构造的探测具有较为清晰的横向分辨效果,具有较强的抗干扰能力,在资料的处理解释过程中配合三维可视化处理新方法,既可以实现测区所有测线探测成果的一体化显示,又可以实现多角度、全方位展示隐伏构造的特征

和相互联系,便于和已知地质资料的叠加对比,利于解决与隐伏地质构造相关的诸如地热资源、水文地质、矿产资源等其他地质问题。

## 参考文献:

- [1] 李金铭,罗延钟.电法勘探新进展[M].北京:地质出版社,1996:28-31.
- [2] 黄力军,陆桂福,刘瑞德.可控源音频大地电磁测深法应用实例[J].物探化探计算技术,2006,28(4):337-341.
- [3] 王显祥,王光杰,闫永利,等.三维可视化在 CSAMT 勘探中的应用[J].地球物理学进展,2012,27(1):296-303.
- [4] 牟义,董健,张振勇,丰莉.CSAMT 探测在煤矿深部采空区中的应用[J].煤炭科学技术,2013,41(增刊):336-339.
- [5] 马晓东,刘鹏,陈玉茜.CSAMT 法在莘县马西林场地热普查中的应用研究[J].山东国土资源,2013,29(12):46-48.

## Application of Three - dimensional Visualization of CSAMT in Exploring Concealed Geological Structures

WEI Guaiqiang<sup>1</sup>, ZHAO Hui<sup>2</sup>, ZHAO Xiuling<sup>1</sup>, YAN Shunshang<sup>1</sup>

(1.No.5 Prospecting Brigade of Shandong Coal Geology Bureau, Shandong Tai'an 271000, China; 2. Shandong Institute of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract:** In the practice of exploring concealed structures by using geophysical method, CSAMT (Controlled Source Audio Frequency Magneto Telluric) has been widely used because of its advantages of strong lateral resolving power, deep detecting depths and small influence by terrains. In order to intuitively demonstrate the features and spatial association of concealed structures, and conveniently conduct the superposition comparison with the known geological maps, in the process of data processing and interpretation, the new three - dimensional visualization processing method has been used. This method can not only make the resolving effect of the CSAMT detection of concealed geological structures more clear, but also solve other geological problems associated with concealed geological structures.

**Key words:** CSAMT; concealed geological structures; three - dimensional visualization