

瞬变电磁法在枣庄市采空区工程勘察中的应用

黄启春

(山东正元地理信息工程有限责任公司 济南市 250101)

提 要 以枣庄某建筑场地勘察为例,介绍了瞬变电磁法在煤矿采空塌陷区探测的应用。采空区地层有其独特的地电特征,利用瞬变电磁法对低阻地质体反应灵敏和分辨率高的特点,可分辨出地下规模较小的不均匀体。通过综合分析研究,从而可较准确推断出采空塌陷区。

关键词 瞬变电磁法 采空区 电阻率

Application of Transient Electromagnetic Method in Engineering Survey in Zaozhuang Mined-out Area

Huang Qichun

(Shandong Zhengyuan Geographic Information Engineering Co., Ltd.)

Abstract Combined a construction site survey in Zaozhuang for an example, the application of transient electromagnetic method in detecting mined-out subsidence area of coal mine is introduced. The stratum of mined-out area has unique geoelectric characteristics, and using sensitive reaction and high resolution features of transient electromagnetic method to the low resistance geological body, the underground smaller uneven bodies may be distinguished. Through the comprehensive analysis, the mined-out subsidence area is detected effectively.

Keywords transient electromagnetic method; mined-out area; resistivity

1 前言

瞬变电磁法,又称时间域电磁法(Transient Electromagnetic Method,简称 TEM)是地球物理探测中最有效的电磁方法之一。作为一种新兴的物探方法,近 20 年在国内外得到了迅速的发展^[1-2]。它探测深度大(探测范围从几米~2000m),横向分辨率高,对低阻反应灵敏,简便易行,探测速度快,抗干扰能力强,探测效果好,目前已经成为浅层电磁方法的首选^[3-4],特别适合于地下水、金属矿以及浅层结构的勘探。由于该方法采用不接地观测,对探测环境要求低,几乎可以在任何人力可以活动的地方实施,尤其在沙漠、砾岩区、火山岩区等接地条件差的地区,该方法更能发挥其优势。近年来,该方法得到迅速发展,特别是对探测低阻覆盖层下的良导电地质体,取得了显著的地质效果,它主要应用于金属矿勘

查、构造填图、油气田、煤田、地下水、地热以及冻土带和海洋地质等方面的研究,在国内外已取得了令人瞩目的效果。

2 工作原理

瞬变电磁法(Transient Electromagnetic Method)通过向地下发射电磁波激励地下目标,接收其产生的二次场,确定被测目标的物理参数。瞬变电磁法测量装置由发射回线和接收回线两部分组成。工作过程分为发射、电磁感应和接收三部分。当发射回线中通以阶跃电流,发射电流突然由 I 下降到零,根据电磁感应理论,发射回线中电流突然变化必将在其周围产生磁场,该磁场称为一次磁场,一次磁场在周围传播过程中,如遇到地下良导电的地质体,将在其内部激发产生感应电流,又称涡流或二次电流,由于二次电流随时间变化,因而在其周围又产生新的磁场,称为二次磁场。由于良导电地质体内感应电流的热损耗,二次磁场大致按指数规律随时间衰减,形成瞬变磁场,二次磁场主要来源于良导电地质体

作者简介:黄启春(1976-),男,工程师,主要从事工程物探研究工作。
收稿日期:2012-04-23

的感应电流,因此它包含着与地质体有关的地质信息。二次磁场可通过接收回线观测,对观测的数据进行分析和处理,则可对地下地质体的相关物理参数进行解释。

3 野外技术参数的选取

3.1 装置类型的选择

一般根据对目的物参数的估计、地质环境、电磁噪声等确定^[5]。

3.2 回线大小的选择

1) 重叠回线装置是适用于轻便型仪器的工作装置,一般情况下回线边 $L = H$, H 为探测目标的最大埋藏深度。

2) 中心回线装置发送回线边长按该区测深工作所需的探测深度、覆盖层平均电阻率、干扰电平及发送电流合理确定。

3) 大定回线源装置发送线框依据探测深度,在 $100\text{m} \times 200\text{m}$ 至 $300\text{m} \times 600\text{m}$ 范围内选用,长边应平行地质体走向铺设。

3.3 道数和叠加次数的选择

一般来说,在实际工作中选择取样道数希望尽可能多些,记录到在较宽的延时范围内的有用信号;而叠加次数则希望取得少些,以提高观测速度。这两点主要决定于测区内所用观测装置的信噪比。要想选择合适的取样道数和叠加次数,在一个测区开始工作之前,首先做些试验工作。如果最后几道读数为仪器噪声电平,说明有用信号都已记录下来,取样数和叠加次数选择是合适的;如果最后的读数超过噪声电平但波动较大,这表明还未达到噪声电平,应增加测道数和叠加次数,直到最后几道仅为噪声电平为止。

4 瞬变电磁法应用实例

4.1 工程概况

拟建场地位于枣庄建华路南侧,计划开发 13 幢高层住宅楼。由于该地区地下煤层分布广泛,煤矿开采历史悠久,开采深度在 $40 \sim 130\text{m}$ 。为了探测拟建场区范围内地表以下 150m 深度内煤矿采空区分布现状,为规划设计提供科学依据,运用瞬变电磁法对该场地进行探测。

3.2 地球物理特征

瞬变电磁法探测的基本物理前提条件是地下地质体的电性存在差异。该场地不同岩性物性参数见表 1。从表中可以看出不同岩土体的电性存在差异。

表 1 不同岩性物性参数

土质	含水量/%	$\rho/\Omega \cdot \text{m}$
粘土	20	100
粉质粘土	20	250
砂岩	—	160
泥岩	—	75 ~ 100
石灰岩	—	700 ~ 4000

当地层中的煤层被开采以后,在地下岩层间形成一定的空间,采空区上方岩层在重力作用下发生塌陷,造成煤层上覆岩体失去原有平衡状态而发生一定程度位移,破坏了岩石的完整性、连续性,致使岩层破碎和出现大量的空隙和裂隙,故该处电阻率会偏高于完整岩石处的电阻率,不明显时则会出现视电阻率等值线的波动,明显时表现出相对的高阻特性;而采空区域的孔隙被水或泥质所充填后,该处的电阻率将明显低于周围完整岩石的电阻率,表现出一定的低阻特征。该探测区域地下水水位较浅,采空区主要呈现低阻特征,则可以依据这种特有电性异常反映来划分采空区。

本次探测场地地质条件具备瞬变电磁法的地球物理前提条件。

4.3 设备的选用

本次工作使用仪器为重庆产 WTEM-1 型瞬变电磁勘探系统,采用大定源回线装置,接收线圈为 PTT-40 瞬变电磁接收天线。

4.4 参数选择

工作前首先进行了不同的仪器参数试验。在仪器不供电的情况下采集仪器背景噪声,在同一点采用 $300\text{m} \times 200\text{m}$ 单匝发射线框、接收线圈采用 PTT-40 瞬变电磁接收天线,发射电流 20A ,发射频率 1Hz 采集数据,通过绘制单点曲线和仪器噪声试验曲线对比图(见图 1)对比分析发现测点观测值均在噪声电平以上,满足规范要求。

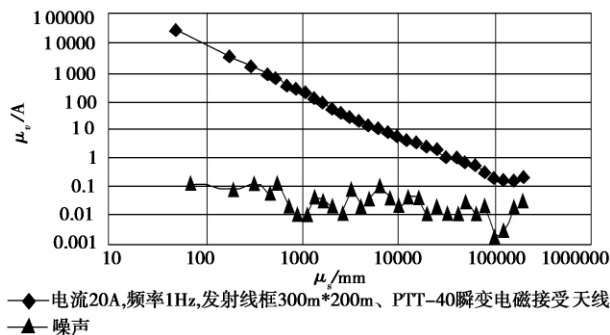


图 1 单点曲线和仪器噪声试验曲线对比

在同一点采用 $300\text{m} \times 200\text{m}$ 单匝发射线框,接收线圈为 PTT-40 瞬变电磁接收天线,发射电流 20A ,发射频率分别采用 $1/2\text{Hz}$ 、 1Hz 、 2Hz 、 4Hz 、采集

数据 通过绘制单点曲线图对比分析来确定本次工作发射频率。图 2 为不同频率单点曲线对比图,通过对比分析发现 1Hz 曲线形态较好且满足本次物探工作探测深度和精度要求,确定现场信号采集采用 1Hz 频率发射。

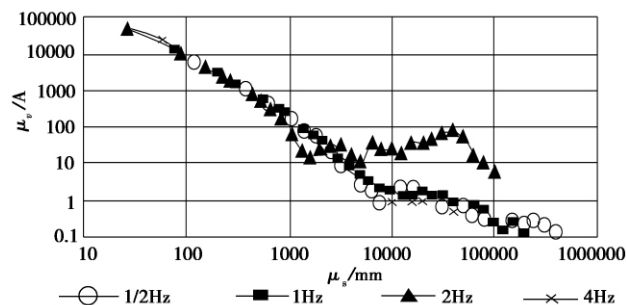


图 2 不同频率单点曲线对比

在同一点采用发射电流 20A,发射频率 1Hz,发射和接收线框分别采用 100m×100m×1 匝发射线框、20m×20m×2 匝接收线框,100m×100m×2 匝发射线框、20m×20m×2 匝接收线框,100m×100m×3 匝发射线框、20m×20m×2 匝接收线框,100m×100m×1 匝发射线框、PTT-40 瞬变电磁接收天线,100m×100m×2 匝发射线框、PTT-40 瞬变电磁接收天线,100m×100m×3 匝发射线框、PTT-40 瞬变电磁接收天线不同组合采集数据,通过绘制单点曲线图对比分析来确定本次工作发射和接收线框。图 3 为不同发射和接收线框组合单点曲线对比图,通过对比分析发现 100m×100m×3 匝发射线框、PTT-40 瞬变电磁接收天线采集的数据曲线形态较好且能满足本次物探工作探测深度和精度要求,确定现场信号采集采用 100m×100m×3 匝发射线框发射、PTT-40 瞬变电磁接收天线接收。

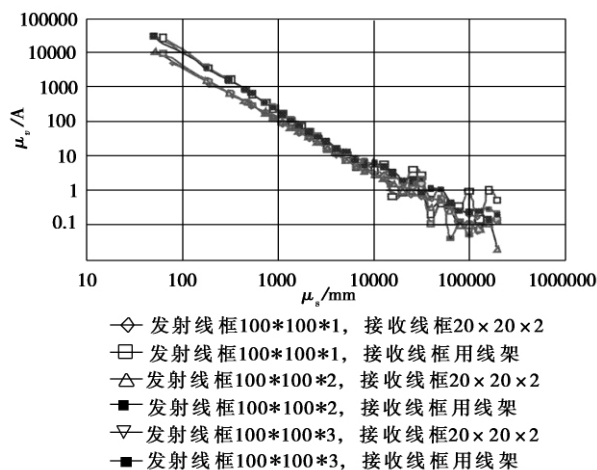


图 3 不同发射接收线框组合单点曲线对比

通过以上现场试验和现场工作条件确定本次瞬变电磁法采用 100m×100m×3 匝发射线框发射,

PTT-40 瞬变电磁接收天线接收,采用大回线工作方式,发射电流 20A,发射频率 1Hz,发射峰值电压大于 530V,60 次迭加,电缆同步方式,探测点距 5m。

4.5 资料分析与解释

瞬变电磁资料的处理首先用 WTEM-1QII 软件对野外采集的数据进行检查、格式解编及转换、剔除非值,然后用 Surfer 软件构绘各测线的视电阻率等值线拟断面图。本次瞬变电磁法设 11 条测线,其中的 4 条测线上有明显采空区异常反映,与枣庄煤层资料较吻合。以下举两例说明该方法的应用效果。

图 4 为 S2 测线瞬变电磁法电阻率等值线断面图。S2 测线在水平距离约 40~120m、深度 50~120m 探测区域视电阻率呈相对低阻反映,为煤矿采空塌陷异常区域反映。

图 5 为 S3 测线瞬变电磁法电阻率等值线断面图。S3 测线在水平距离 40~180m、深度 50~120m 探测区域视电阻率呈低阻反映,为煤矿采空塌陷异常区域。

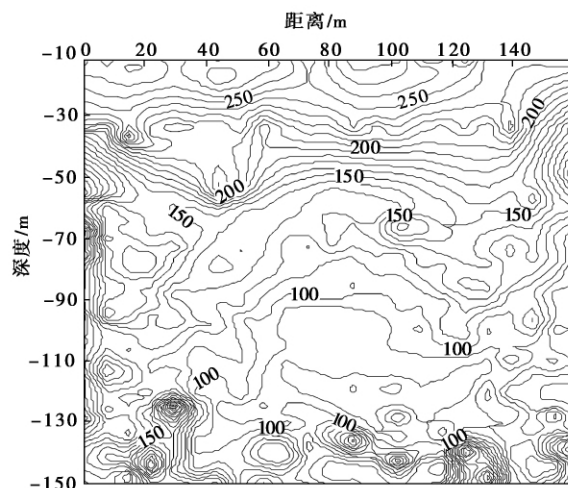


图 4 S2 测线瞬变电磁法电阻率等值线断面

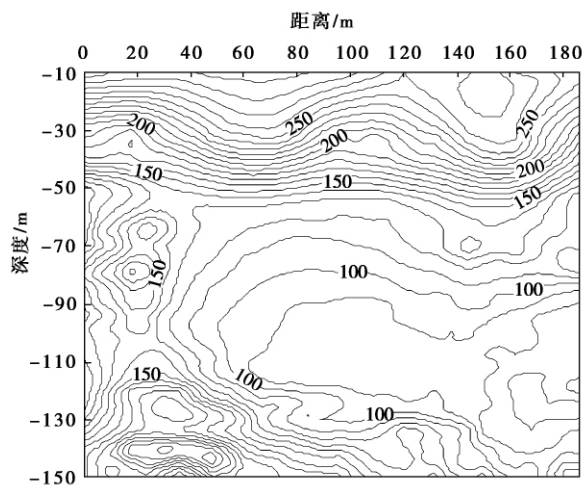


图 5 S3 测线瞬变电磁法电阻率等值线断面

5 结论

1) 本次瞬变电磁法探测有效深度为 150m, 采空区塌陷异常反应探测成果为本场地建筑施工及设计合理的基础类型提供了科学依据。

2) 勘查实践表明, 具有高分辨率及高精度(灵敏度)的瞬变电磁仪器使得瞬变电磁法在解决精细地质问题方面显示了独特的优势。选择合理的技术参数, 通过瞬变电磁法可以快速获得浅部至中、深度地层的电性信息, 能够较好地解决采空区探测等地质问题, 取得令人满意的探测效果。

3) 在采空区的探查方法中, 瞬变电磁法是一种经济、快速、行之有效的地球物理方法, 具有广阔的

应用前景。

参考文献

- [1] 张保祥, 刘春华. 瞬变电磁法在地下水勘查中的应用综述. 地球物理学进展, 2004, 19(3): 537~542
- [2] 李金铭. 电法勘探方法发展概况. 物探与化探, 1996, 20(4)
- [3] 周韬, 张开元. 瞬变电磁法在探测煤矿采空积水区的应用. 中州煤炭, 2009(9)
- [4] 陕亮, 许荣科等. 瞬变电磁法原理、现状及在矿产勘查中的应用浅析. 地质与资源, 2009, 18(01): 72~75
- [5] 陈载林, 黄临平, 林孝城, 等. 瞬变电磁装置初步研究. 科技广场, 2008(7)

(上接第 52 页)

40, 0 '设置注记颜色

mshape.Text.Story.Font = "方正细圆简体"

'设置字体

mshape.Layer = mlayer

Index = mlayer.Shapes.Count

Next i

2.5 程序实验结果

将数据整理好, 并将上述代码在 CorelDRAW X5 中运行, 实验结果如下: 界面如图 1, 运行结果如图 2。



图 1 程序运行界面

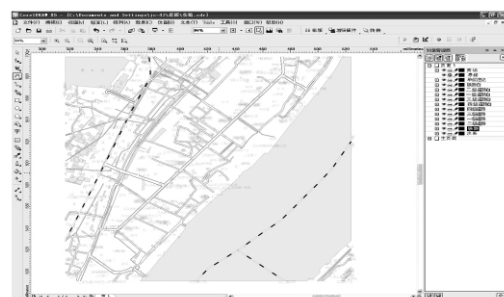


图 2 程序运行结果

3 总结

当前, 地图制图的编制仍然处于人机交互和经验为主导的阶段, 本文介绍了在 CorelDRAW 软件下, 利用自带 VBA 对软件进行二次开发, 对地图制图中的点状要素、线状要素、面状要素和注记进行符号化, 并结合实例列出详细的实例代码, 利用程序来提高地图制图的效率。通过实践证明按照本文的地图制图符号化程序进行地图制图编制, 有很多优点。主要体现在:

- 1) 符号化程序能快速生成所需的基础地理底图, 快速的还原基本的地理底图;
- 2) 减少人工操作的参数不一致问题;
- 3) 制图区域跟数据源有关, 数据冗余低, 从而极大的提高了工作效率。

参考文献

- [1] 孙百生. 专题地图符号设计发展的探讨. 测绘通报, 2006(2): 59~61
- [2] 来晓岩, 孙群, 魏代永. 专题地图制作中的认知表达. 测绘通报, 2008(4): 69~72
- [3] 黄仁涛, 庞小平, 马晨燕. 专题地图编制. 武汉: 武汉大学出版社, 2003
- [4] 高小明, 汤青慧, 温俊丽. CorelDRAW 中基于 VBA 的二次开发. 测绘与空间地理信息, 2006, 29(6): 54~56
- [5] 王光霞, 等. 地图设计与编绘. 北京: 测绘出版社, 2011