

doi 10.3969/j.issn.1673-2006.2009.05.039

# CSAM T 法在解决厚层新生界下矿井深部水文地质问题中的应用

赵雪峰, 杭文成, 李云飞, 方含珍

(安徽省煤田地质局物探测量队, 安徽 宿州 234000)

**摘要:** 淮北煤田的新生界地层普遍较厚, 本文根据 CSAM T 法在这一地区探查煤矿深部水文地质问题中的应用, 对该方法的方法要点、野外数据采集的施工方法、装置的主要技术参数, 以及资料处理与分析的主要过程作了介绍。根据实测资料划出了几个主要层位的低阻异常区域, 并对主采煤层的顶底板的富水性、岩溶裂隙发育情况进行了分析。

**关键词:** CSAM T; 视电阻率; 电性异常区; 岩溶; 富水性

**中图分类号:** P641 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-2006(2009)05-0116-04

淮北煤田是典型的华北型隐伏石炭二叠系煤系地层模式, 新生界地层普遍较厚。除淮北市附近的刘桥及其北部的少数几个煤矿之外, 分布在阜阳、亳州、宿州地区范围内的多数矿井, 新生界覆盖层都在 300m 左右, 而阜阳、亳州地区的部分矿井则达 400~500m 甚至更厚。本区新生界地层为富含水层, 一般有 4 个含水层和 3 个隔水层, 而且隔水层岩性多为粘土及砂质粘土, 电阻率较低。现在, 煤田中多数煤矿的开采正处于中深部, 需要解决水文地质问题的目的层位深度多在 1 000m 左右甚至更深。

近年来常用的瞬变电磁勘探, 在解决煤矿水文地质问题中发挥了重要作用。但是该方法在淮北煤田中的勘探效果并不理想, 原因在于受巨厚新生界地层的低阻屏蔽作用的影响, 使得其勘探深度有限, 很难对目的层进行有效的探测。基于以上原因, 笔者在本区的电法勘探中选用了另一种较为适用的方法, 即可控源音频大地电磁法, 简称 CSAM T 法。

## 1 勘探区概况

### 1.1 地层

测区位于淮北桃园煤矿二采区, 该区内煤系地层均为第四系松散层覆盖, 厚约 276~310m。揭露的地层由老至新有奥陶系 ( $O_2$ )、石炭系 ( $C_{2+3}$ )、二叠系 (P) 和第三系、第四系。

### 1.2 含煤地层

本区主要含煤地层为二叠系山西组和下石盒子

组, 主要可采煤层为 5、7<sub>上</sub>、8<sub>上</sub>、10 煤层, 区内 10 煤层深为 600~950m。

### 1.3 构造

测区处于宿南向斜的西翼, 地层走向为北 30° 西-北 25 东, 地层倾角一般在 30 左右, 为简单的单斜构造。落差大于 100m 的断层有  $F_1$ 、 $F_2$  两条, 矿区内断裂构造不发育, 但区内小断层较为发育, 以正断层居多。

### 1.4 水文地质概况

第三系、第四系砂层含水层组可分为 4 个含水层和 3 个隔水层。其中第四含水层 (底含) 组厚度 2.20~39.90m, 主要由砾石层、砂砾、粘土质砾石和砂层组成, 它与煤系地层直接接触, 是构成矿井充水的主要水源之一。

煤系砂岩裂隙含水组主要为煤层的顶底板砂岩, 在有断裂构造、陷落柱等地质体时, 成为含水层导水的主要通道, 给矿井生产带来危害。

石炭系 ( $C_{2+3}$ )、奥陶系 ( $O_2$ ) 灰岩裂隙岩溶含水组水量浅部大, 深部相对较小。该含水组距 10 煤层 60~70m, 由于断层、裂隙、压力等因素, 会给下部煤层开采带来影响。

## 2 方法介绍及野外数据采集装置

### 2.1 方法概述

可控源音频大地电磁法 (CSAM T 法) 属于人工源频率测深, 采用的人工场源有磁性源和电性源两

收稿日期: 2009-03-18

作者简介: 赵雪峰 (1962-), 安徽萧县人, 物探工程师, 从事煤田物探资料解释及方法研究工作。

种。目前应用最多的是电性源,它是在一根 1~3km 的接地导线中供音频电流,以产生相应频率的电磁场,在有效的测量区域内,逐点观测沿测线方向的电场分量和与之正交的磁场分量,进而计算卡尼亚视电阻率和阻抗相位<sup>[1]</sup>。

2.2 方法的主要特点

CSAM T 方法可用公式:  $H = 356 \sqrt{\frac{\rho}{f}}$  来估计探测深度<sup>[2]</sup>。由公式可以看出,探测深度(H)与电阻率(ρ)的平方根成正比,与频率(f)的平方根成反比。在频率一定的情况下,探测深度的大小取决于电阻率的大小,故该方法穿透高阻的能力强;在电阻率一定的情况下,探测深度的大小取决于频率的大小,故该方法的探测深度大。如提供该方法的V8多功能电法仪所用的频率范围为0.125~9600Hz,配套发电机的额定功率为30KW,其探测深度范围为几十米至几千米。近几年,CSAM T 法作为研究深部矿成矿环境的有效手段,在研究盆地基底埋深起伏、盖层及成矿目的层的展布规律、确定隐伏构造等方面得到了广泛应用<sup>[3]</sup>。

与直流电测深相比,该方法具有丰富的频谱,用户可根据需要任意添加分辨测量频点,大大提高了测量分辨率。

CSAM T 法采用大功率的人工场源,通过改善接地条件,发射电流可达十几安培甚至更大,故它具有信号稳定、信噪比高等特点。

当然,每一种方法都有一定的局限性,由于CSAM T 法采用人工场源激励,与天然场源相比产生了一系列的影响因素,如场源附加效应、近区效

应、静态效应等。这就给资料的处理和解释增加了难度,强化了异常的复杂性。

2.3 数据采集装置及参数

野外数据采集用的是加拿大凤凰公司生产的V8多功能电法仪。采用电偶极源工作装置,发射偶极距AB=2000m,低频时的发射电流为20A(高频时有感抗效应,发射电流有所降低),接收偶极距MN=40m,收发距为6~8km,发射一整套的频率范围为0.5~8192Hz,采样频点设为40个,每个排列的采集时间设为45分钟。

3 资料处理、分析与解释

3.1 资料处理

野外采集的数据保存在仪器的CF卡中,可以通过读卡器直接传输到微机上,对这些数据的处理主要包括以下内容:(1)利用V8专用软件对数据进行预处理,并按一定格式输出文本文件;(2)对预处理后的数据再用专门软件WinGLink作进一步处理,进行一维、二维反演等,获得视电阻率、视深度等基本数据。在这一过程中,可以画原始数据的频率—视电阻率、相位拟断面图,见图1,还可以画反演深度—视电阻率断面图,见图2;(3)作有关层位反演视电阻率等值线平面图,具体做法是在三维地震提供的煤层等的构造图上,顺电法测线拾取对应的煤层底板或其他层面的标高,然后在其上下一定的深度范围内给出该点上这个深度(标高)的积分视电阻率,再用Surfer软件画出该层位积分视电阻率平面图。

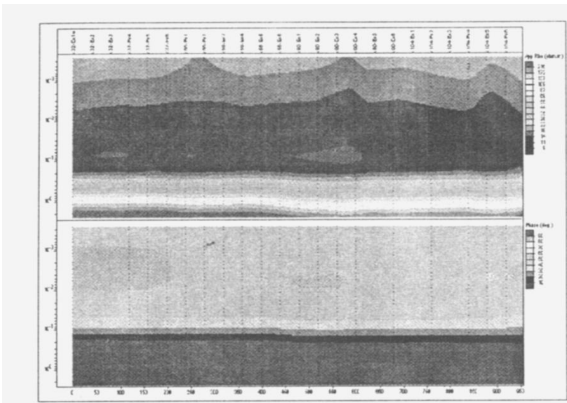


图 1 测线频率—视电阻率、相位拟断面图

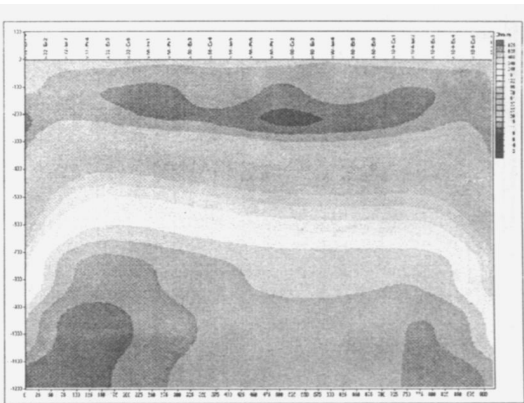


图 2 测线反演深度—视电阻率断面图

3.2 资料分析与解释

电法资料的解释是以定性解释为主,同时兼顾半定量解释,特别是在煤田物探中,常常是配合三维地震勘探以解决矿区的水文地质问题。在这种情况下

下,构造解释由三维地震来完成,电法勘探主要完成对低阻异常体的探测,并由此划分煤层顶底板及太灰、奥灰的富含水区域。

首先,依据各测线视电阻率断面图,分析测区的

大套地层结构, 并对垂向上存在的电性异常区域进行分析判断; 其次对所做的平面图进行分析, 着重于对地质异常体的平面分布范围进行判断; 最后综合视电阻率断面图和顺层平面图, 结合三维地震的地质成果资料进行对比分析, 确定富水异常区的分布规律和分布范围, 绘制出测区主采煤层顶底板、太灰、奥灰岩层段富水异常区分布图。

3 2 1 对断面图的分析

在各条测线的断面图上, 三个大套地层反映非常清晰, 最上部为新生界地层的反映, 中部为煤系地

层的反映, 下部为基底老地层的反映(图 2)。

3 2 2 对平面图的分析与解释

3 2 2 1 10 煤层视电阻率等值线平面图

为了仔细分析 10 煤层顺层及其顶底板的富水性, 在 10 煤层及其上下各 20m 共作了 3 张顺层视电阻率等值线平面图(其中两张略), 笔者发现 3 个层位都是在测区中部出现 4 个低阻异常区, 且低阻异常区上下对应关系基本一致。就 10 煤层而言, 有 4 处视电阻率值低于  $500\Omega \cdot m$ , 且等值线呈封闭状, 划分为本层位的低阻异常区, 见图 3, 它们主要

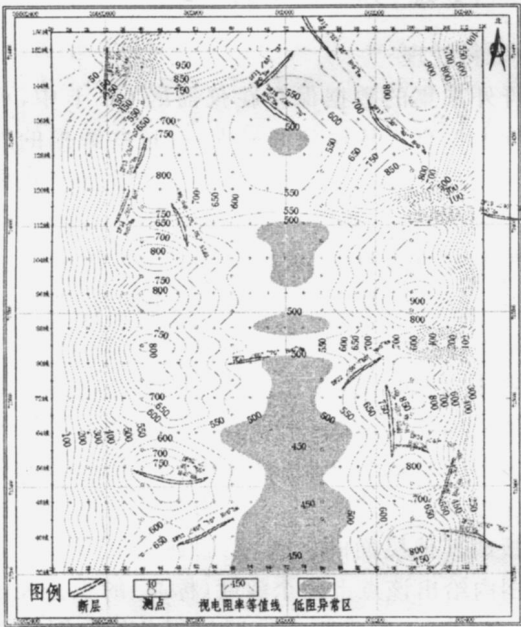


图 3 10 煤层底板视电阻率等值线平面图

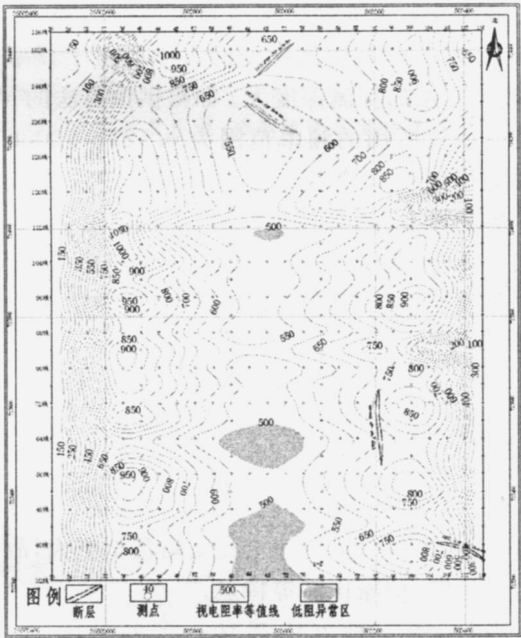


图 4 太灰顶界面视电阻率等值线平面图

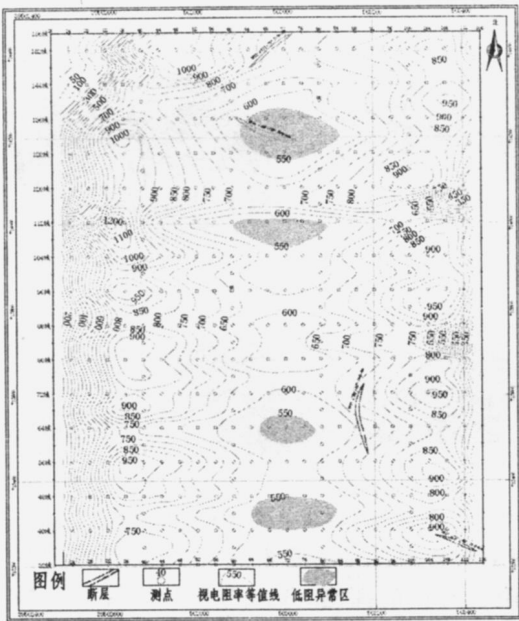


图 5 奥灰顶界面视电阻率等值线平面图

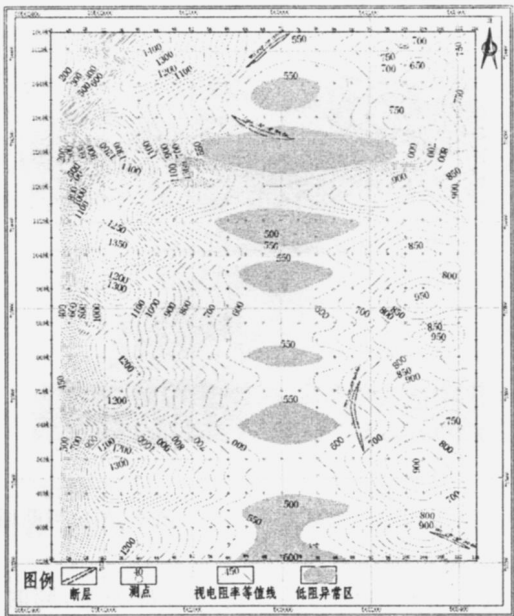


图 6 奥灰顶界面下 80m 视电阻率等值线平面图

分布在测区中南部。从低阻异常区的形态看,测区南部发育,北部较弱,其中规模最大的低阻电性异常区位于测区 32 线至 80 线中部;从低阻异常区的分布规律看,推测测区中南部裂隙较为发育,而且这些裂隙发育带上下连通性可能较好,这将给煤矿的防水工作带来一定的难度。

3 2 2 2 太灰视电阻率等值线平面图

从太灰及其顶界面下 40m 的顺层视电阻率等值线平面图(后者图略)上看,本区太灰电性变化不大,仅在测区中部发现 3 个规模较小的低阻异常区,它们的视电阻率值低于  $500\Omega \cdot m$ ,且等值线呈封闭状,见图 4,其中测区中南部 32 线至 48 线的低阻异常区相对较大。经分析,它与上下层位的同位置的低阻异常区域地质上的上下连通关系并不紧密。

3 2 2 3 奥灰视电阻率等值线平面图

为了分析研究奥灰界面及其内部岩溶裂隙发育情况,做了两张顺层视电阻率等值线平面图,即奥灰顶界面和顶界面下 80m 的顺层视电阻率等值线平面图。从图上看,低阻电性异常区的发育规律基本相似,但是奥灰岩内部低阻异常区的发育程度明显要高,预示着测区中奥灰岩岩溶裂隙较发育,并呈南北向条带状展布,就单个异常而言,其发育方向以近东

西向为主。奥灰顶界面解释了低阻电性异常区 4 个,见图 5,奥灰顶界面下 80m 解释了低阻异常区 7 个,见图 6。这里两个层位有 4 个异常区存在着位置上的对应关系,推测它们可能存在着地质上的垂向连通关系。

4 结束语

通过对获取资料的处理与分析,解释了奥陶纪灰岩及其下部 4 个低阻异常区(下部异常区域有所扩大),石炭纪太原统灰岩 3 个低阻异常区,10 煤层底板 4 个低阻异常区,这些区域为对应层位的相对富水区域。结合三维地震资料及矿方提供的相关水文地质资料分析,认为它们可能是煤层底板裂隙和灰岩内部岩溶裂隙较为发育并且充水而形成的低阻条带。后经钻探验证,证实了上述分析是合理的。

参考文献:

- [1] 李金铭 地电场与电法勘探[M] 北京:地质出版社, 2005: 427- 429.
- [2] 李志鹏 煤田电法勘探[M] 徐州:中国矿业大学出版社, 1990: 289- 290
- [3] 刘树才, 岳建华, 刘志新 煤矿水文物探技术与应用[M] 徐州:中国矿业大学出版社, 1990: 45- 47.

**The Application of CSAM T Method in Solving Deep Mine Hydrogeological Issues under the Thick Cenozoic**

ZHAO Xue-feng, HANG Wen-cheng, LI Yun-fei, FANG Han-zhen  
(Geophysical Prospecting and Surveying Team, Anhui Bureau of Coal Geological Exploration,  
Suzhou Anhui, 234000, China)

**Abstract:** The Cenozoic stratigraphy of Huaibei coalfield is generally thick. In accordance with the application of CSAM T method in coal exploration in deep hydrogeological region, this article gives a brief introduction about the main points of the method, field data collection method, the installation of the main technical parameters and data processing and analysis. According to the measured data, a number of low-resistivity anomaly region of major layer are drawn, the rich water-based, karst and fracture of the main coal roof and floor are analysed in this article.

**Key words:** CSAM T; Apparent resistivity; Anomaly electrical region; Karst; Rich aqueous

(上接第 85 页)

**Correlation between the Sense of Discourse and the Fluency of Spoken language**

HUANG Shi-xia

- (1. The Study of Foreign Language, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241000;
- 2. English Department, Suzhou College, Suzhou, Anhui 234000, China)

**Abstract:** The fluency of spoken language is not only the sign of communication proficiency but also the essential content of language teaching. In accordance with the obstacles that second language learners confront with in their spoken English, this article, based on the theories of discourse, putting emphasis on the coherence and consistency of discourse, probes into how to promote the fluency of spoken language.

**Key words:** Sense of discourse; Fluency of spoken language; Coherence, Consistency