矿井瞬变电磁数据处理解释及显示技术研究

高 级，崔若飞，刘 伍
（中国矿业大学 资源与地球科学学院，江苏 徐州 221116）

摘 要：结合瞬变电磁数据特点，研究了瞬变电磁原始数据采集、数据处理及成果解释。采用OpenGL和VC++2005联合编程，利用适合瞬变电磁数据处理的算法，研制了基于Windows的矿井瞬变电磁数据处理解释系统Tem3D。系统包括数据处理以及三维可视化模块，数据处理模块负责数据计算，实现了视电阻率计算、滤波、校正、时间深度转换等。三维可视化模块实现了超前探测数据立体显示及工作面探测数据立体显示，能直观确定地层电性结构空间分布形态。

关键词：瞬变电磁法；处理解释；VC++2005；矿井
中图分类号：TD679 **文献标志码**：A **文章编号**：0253-2336（2008）07-0077-03

Research on processing interpretation and display technology of mine transient electromagnetic information

GAO Ji, CUI Ruo-fei, LIU Wu
(*School of Resources and Geosciences, China University of Mining and Technology, Xuzhou* 221116, *China*)

Abstract: In combined with the features of the transient electromagnetic information, the paper had a research on the transient electromagnetic primary data collection, data processing and the results interpretation. With combined the OpenGL and VC++2005 program and with the calculation suitable for the transient electromagnetic data processing, a mine transient electromagnetic processing and interpretation system Tem3D was developed based on Windows. The system includes the data processing and 3D visualization module. The processing module was responsible to the data calculation. It could have apparent resistance ratio calculation, wave filtration, adjustment, time depth conversion and others. The 3D display module could have a 3D display of the pilot probing data, 3D display of the face probing data and could visually define the space distribution pattern of the strata electric structure.

Key words: transient electromagnetic method; processing and interpretation; VC++2005; mine

1 概 述

瞬变电磁法[1]（Transient Electromagnetic Methods，简写为TEM）是利用电磁法原理勘探的一种较为流行的先进技术，是以探测目标体与周围介质存在电性差异为前提。其特点是具有穿透能力强，分辨率好，且直观明了，受体积效应影响小，穿透高阻地层能力强等优点。主要用于寻找低电阻率目标体，研究浅层至中深层的地电结构。随着煤矿开采中综采机械的大量应用，对矿井地质构造精度要求越来越高。瞬变电磁勘探技术应用于煤矿工作面和掘进的勘探中，对煤层工作面及岩层的赋水性预测起到很大的作用。

研制了矿井瞬变电磁数据处理和解释系统Tem3D，通过对实测数据的处理，验证了软件编写的正确性。该软件包主要由数据处理、图件绘制、三维可视化3部分组成。本着简单化、实用化、标准化的原则，将全部软件模块用菜单控制，每个功能模块均采用标准的输入、输出格式。

2 主要研究内容

2.1 数据格式转换

各种瞬变电磁仪原始采集数据一般为自有格式，不便于数据读取及处理。terraTEM仪器原始采集数据为sir格式文件，该系统首先将terraTEM格式数据转换为普通文本格式，使数据可以在该系统下处理解释，也可以用其他电法处理解释程序处

基金项目：国家自然科学基金资助项目（40574057）；国家重点基础研究发展计划（973）资助项目（2007CB209400）

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

理，同时，该系统实现了其他瞬变电磁仪格式数据读取及转换。

2.2 数字滤波

在数据处理时，数字滤波作为一种数据处理基本方法，在工程物探上得到广泛应用，在测点较密时，滤波有利于突出横向电性界面，该系统采用了奇异值剔除、三点滤波方法，对测点电线进行平滑处理。

2.3 视电阻率计算[2]

矿井瞬变电磁法基本原理与地面瞬变电磁法基本一样，其视电阻率的定义与地面基本相同。但由于矿井瞬变电磁感应场为全空间响应，因此必须增加全空间校正系数，将矿井瞬变电磁视电阻率表达式定义为

$$\rho_\tau = 6.32 \times 10^{-12} C (SN)^{2/3} (V/I)^{-2/3} t^{-5/3}$$

式中　ρ_τ——视电阻率；

C——全空间响应系数；

S——接收回线线圈面积；

N——线圈匝数；

t——二次场衰减时间；

V，I——感应电动势和电流，V/I 为接收的归一化二次感应电场值。

2.4 数据校正

在井下实际测量时，由于工作面各个位置支护条件不同，导致测量背景值不同，必须进行数据校正，剔除假异常。假设测量装置相同，没有干扰和有干扰因素下的电阻率分别为 ρ_0 和 ρ_1，则 ρ_0/ρ_1 值记为 a，这里 a 即为校正系数，根据每个时间窗口校正系数对原始计算电阻率校正即可得同一背景场下的电阻率。

2.5 时间深度转换技术[3]

瞬变电磁法数据解释是将回线组合测量到的不同时间感应电位函数换算成反映地下导电介质电性分布规律的不同时间视电阻率函数[4]。根据换算出的时间－视电阻率曲线只能解释不同时间地下导电介质的电性分布特征，但不能反映地下电性介质的具体位置（深度），无法满足实际需要。因此，必须将时间－视电阻率曲线转换成深度－视电阻率曲线，对解决实际问题更具指导意义。由于地面各种噪声的影响，地面瞬变电磁法探测极限深度一般为发射回线的 2 倍左右[5]。井下一般采用 2 m 左右的发射回线，根据地面探测极限深度只有 4 m 左右，而实际井下采用多匝数、大电流测量，探测深度可达 70 m 左右，由于矿井瞬变电磁法回线组合形式和背景干扰与地面不同，其探测深度与地面也不同。在计算深度时必须增加校正系数，通过理论模型和实际资料验证，计算电磁场垂直扩散速度 V_s 时加上 0.4～0.6 的校正系数，会取得十分理想的时间深度转换。同时在时间深度转换时存在几种不同的转换方式[6]，该系统具体实现 3 种时间深度转换方式：

1）全区间转换。单点转换，每个测点分别转换为各自的深度。

2）特征点转换。取所有测量点中一个点作为深度转换点，把其深度作为整个测量工区所有测点的深度。

3）区间转换。取测区内一个范围内点作为标准点，取其平均视电阻率作为转换标准，并把其深度作为整个测量工区的深度。

3 系统结构

采用现在流行的编程语言 VC + + 2005 和三维开放图形库 OpenGL 编写矿井瞬变电磁处理解释软件，该软件具有良好的人机交互界面，功能较全，系统容错性能好，实用性强。

系统工作流程如图 1 所示。

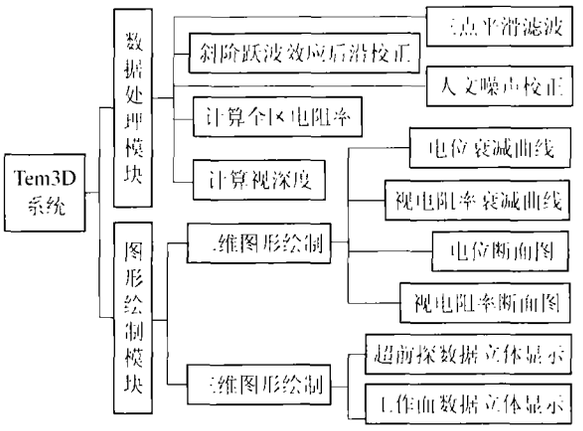


图 1　系统工作流程

4 系统主要功能

4.1 数据处理模块

可以对原始测量数据进行滤波、噪声校正、电阻率计算、时间深度转换等处理。同时可以调用 Surfer 绘制各种等值线图。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

4.2　二维显示模块

瞬变电磁数据在矿井下采集，受到电流等随机噪声及铁轨、锚网、工字钢等人文噪声影响以及瞬变电磁测量数据呈层状分布性质，同一时窗断面线与相邻时窗断面线不能相交等因素，需要去除测量数据干扰点。浏览所有测点的电位衰减曲线及感应电位断面图，可以把有干扰的测点数据予以剔除。图 2 所示为电位断面。

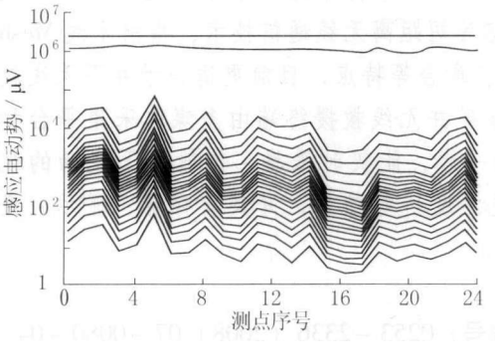


图 2　电位断面

图 3 为视电阻率断面。根据各测点的视电阻率分布范围，确定时间深度转换方式及转换特征点选取。

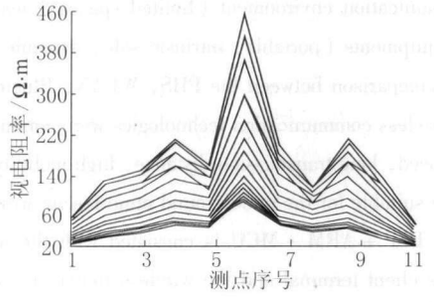


图 3　视电阻率断面

4.3　三维显示模块

三维显示包括超前探数据显示和工作面探测数据立体显示。目前瞬变电磁成果图一般都是二维图片，对异常区的空间位置无法形象地表现出来，而矿方则需要获得直观的异常体的空间位置，该系统实现了瞬变电磁数据三维成像技术，三维可视化技术是对具有空间特性数据进行三维立体显示、描述和解释地下地质现象和特征的一种图像显示工具。它为精确三维地质构造描述提供信息，同时促进煤矿的勘探与开发。

通过巷道超前探 3 个方向的数据组合显示，可以直观地认识异常体的空间展布形态。图 4 中同时显示了顶板、顺层、底板 3 个方向的数据，从图 4 中赋水区域标注可以看出，顶板和顺层有明显的赋水区域，而在底板切片上则没有明显赋水区域。

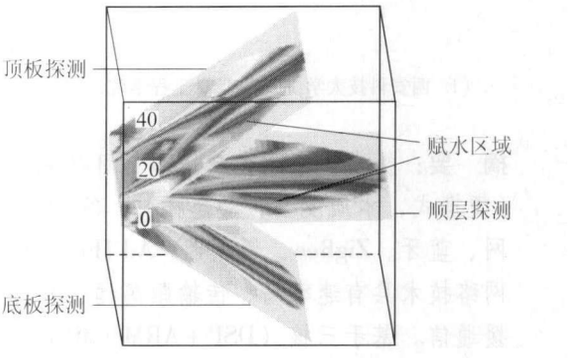


图 4　超前探数据三维显示

5　结　　语

基于 Windows 的矿井瞬变电磁数据处理解释系统 Tem3D 实现了数据处理、二维显示、三维显示，能对井下巷道超前探和工作面探测数据进行立体显示。通过对不同数据的组合显示，更直观地了解地下地质构造的空间分布形态。为满足煤矿生产过程中对巷道掘进方向地质情况的掌握，做出较为准确的地质预报，满足煤矿安全生产的需要，将 Tem3D 应用于实际瞬变电磁数据处理和解释，取得了良好的效果。

参考文献：

[1]　于景邨．矿井瞬变电磁法理论与应用技术研究［D］．徐州：中国矿业大学，1999.

[2]　嵇艳鞠，林　君，朱凯光，等．利用瞬变电磁技术进行地下水资源勘察［J］．地球物理学进展，2005（3）.

[3]　张保祥，刘春华．瞬变电磁法在地下水勘查中的应用综述［J］．地球物理学进展，2004（3）.

[4]　李　貅．瞬变电磁测深的理论与应用［M］．西安：陕西科学技术出版社，2002.

[5]　刘树才，刘志新，姜志海．瞬变电磁法在煤矿采区水文勘探中的应用［J］．中国矿业大学学报，2005（4）.

[6]　刘志新，于景村，郭　栋．矿井瞬变电磁法在水文钻孔探测中的应用［J］．物探与化探，2006（1）.

作者简介：高　级（1983－），男，安徽宿州人，硕士研究生，研究方向为地球探测与信息技术。Tel：13852482417，E－mail：gaoji617@163.com

收稿日期：2008－03－13；责任编辑：赵　瑞

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net