

井中三分量磁测数据转换及绘图软件的设计和实现

熊选文, 邹长春

(中国地质大学 地下信息探测技术与仪器教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要:研究了井中三分量磁测数据转换和绘图的方法, 针对轴向系统磁力仪, 推导了斜井的三分量磁测原始数据转换公式; 基于面向对象的程序设计思想, 采用 VB 2005 开发了一套井中三分量磁测数据转换及绘图软件; 利用实际资料对软件进行了综合测试, 结果表明, 该软件能够快速有效地进行井中三分量磁测数据转换, 并根据解释上的需要精确地绘制 ΔZ 曲线图、 ΔH 矢量图等磁异常图, 完成了井中三分量磁测数据的计算机自动转换及绘图的功能, 具有一定的应用前景。

关键词:井中三分量磁测; 数据转换; 绘图软件; 面向对象程序设计

中图分类号: P631.8⁺13

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2008)06-0685-05

井中磁测是测井勘探和磁法勘探相结合一种勘探方法, 它是以研究岩、矿的磁性为基础, 通过在井中测定具有不同磁性的岩、矿体所产生的天然磁场, 并对这些磁场的特征进行分析研究, 从而作出地质上的解释, 以达到地质勘探和找矿等目的^[1]。

20 世纪 50 年代末, 中国开始了井中磁测的研究和应用。陕西省地质局第二物探队^[1]、地质矿产部第一综合物探大队^[2-3]和蔡柏林^[4-5]等系统地介绍了井中磁测技术, 奠定了井中磁测的基础。刘天成研究了井中磁测的资料整理^[6]; 吴至善讨论了几种规则磁性体磁场 ΔT 、 φ 的分布规律及其应用^[7]; 古端龙以垂直磁异常 ΔZ 曲线为主, 结合水平模差 ΔH 曲线进行解释^[8]; 曾采芹介绍了井中磁测在找深部矿的应用实例^[9]。经过近 40 年的发展, 井中磁测仪器从早期的磁饱和式垂直分量井中磁力仪、小口径三分量井中磁力仪发展到井中三分量磁力仪, 井中磁测也从单分量磁测发展成为三分量磁测。但是近十多年来, 金属矿业的不景气, 硬件设备的不完善, 以及其他方面的原因, 制约了井中磁测技术的发展和运用。

最近几年, 随着危机矿山找矿、油气田资源勘查等的需求, 井中磁测又开始受到重视, 如范志雄等详细地介绍了利用井中磁测异常确定磁性体走向的方法^[10], 张雷等结合实例研究了井中三分量磁测在找磁铁矿中应用^[11]。尽管过去的井中磁测资料处理也采用了计算机技术, 但是相关处理软件的功能较

为简单, 速度比较慢, 使用不够灵活和方便。随着计算机技术的发展, 可以采用更先进的开发工具和技术, 开发出性能良好的磁测资料处理软件。

笔者在总结井中三分量磁测原理的基础上, 深入研究井中三分量磁测数据转换和绘图的方法, 采用面向对象的设计思想, 开发出一套井中三分量磁测数据转换和绘图软件。

1 数据转换方法

1.1 井中三分量磁测原理

井中磁测包括磁场强度测量和磁化率测量 2 部分, 磁场强度测量就是测定磁性岩、矿体在其周围所产生的磁场强度的异常。为了获得磁性岩、矿体的磁异常, 必须沿某一条观测线来研究磁场, 所以需要钻井, 然后沿着井每隔一定深度测量各点的磁场分量(包括 2 个水平分量和 1 个垂直分量), 然后根据实测的井中磁异常来解释磁性体的形状、大小和赋存状况等, 这种磁测方法称为井中三分量磁测。

井中三分量磁力仪是测量井中磁场 3 个分量的仪器, 笔者讨论的井中三分量磁力仪是一种轴向系统磁力仪, 其结构如图 1 所示, 该仪器的井下探管中装有 3 个互相垂直的磁灵敏元件, 分别称为 x 、 y 、 z 元件, 其中 x 元件永远沿着仪器轴的方向, y 、 z 组成的平面和轴垂直, 整个磁敏元件 A 只能绕 OO' 轴旋转。 x 、 y 、 z 元件分别测出沿着这些灵敏元件方向的 3 个磁场分量, 即水平的 X 、 Y 分量和垂直的 Z 分量^[1]。

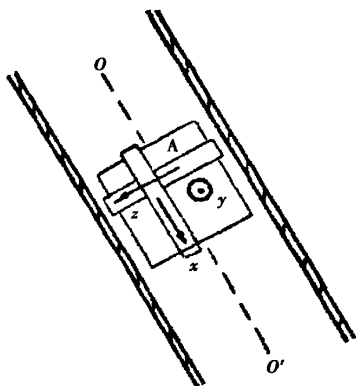


图1 轴向系统磁力仪

1.2 井中三分量磁测数据转换方法

井中三分量磁测获取的原始数据有:①工区地磁场正常场垂直分量 Z_0 和水平分量 H_0 , 在正常地磁场测得;②剖面方位角 A , 由三分量磁力仪测得;③各个测量点的深度值 h 以及对应的井的顶角 δ 、井斜磁方位角 β 、磁场的水平分量 X 、 Y 和垂直分量 Z , 由三分量磁力仪在井中测得。

进行井中磁测资料处理时,分直井和斜井 2 种情况。当井的倾斜度达到某一顶角(一般为 5°)以上时,可以作为斜井处理,否则作为直井处理。斜井比直井复杂,笔者研究的是斜井。斜井的三分量磁测原始数据需要进行如下转换。

1.2.1 磁异常垂直分量

Z 和 Z_0 方向相同,将每点所测的 Z 值减去 Z_0 就得到了磁异常的垂直分量

$$\Delta Z = Z - Z_0. \quad (1)$$

1.2.2 磁异常水平分量

磁异常水平分量 ΔH 是水平面内的向量,由 H 减去 H_0 进行向量运算求得。其中 H 由实测的 X 、 Y 分量合成, H_0 方向为磁北,求 ΔH 步骤如下:

①求 H_0 在 x 轴和 y 轴上的投影

$$H_{0x} = -H_0 \sin \beta, \quad H_{0y} = H_0 \cos \beta; \quad (2)$$

②求 H 与 H_0 在 x 轴和 y 轴上的模差值

$$\begin{aligned} \Delta X &= X - X_0 = X - H_{0x}, \\ \Delta Y &= Y - Y_0 = Y - H_{0y}; \end{aligned} \quad (3)$$

③求 ΔH 的模值

$$\Delta H = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}; \quad (4)$$

④求 ΔH 的磁方向角 φ , φ 角从 N 极算起,是沿顺时针方向与 ΔH 的夹角

$$\varphi = \theta + \beta, \quad (5)$$

式中的 θ 角由

$$\theta = \begin{cases} \arctan \left| \frac{\Delta X}{\Delta Y} \right| & (\Delta X \text{ 为正}, \Delta Y \text{ 为正}), \\ \pi - \arctan \left| \frac{\Delta X}{\Delta Y} \right| & (\Delta X \text{ 为正}, \Delta Y \text{ 为负}), \\ \pi + \arctan \left| \frac{\Delta X}{\Delta Y} \right| & (\Delta X \text{ 为负}, \Delta Y \text{ 为正}), \\ 2\pi - \arctan \left| \frac{\Delta X}{\Delta Y} \right| & (\Delta X \text{ 为负}, \Delta Y \text{ 为负}) \end{cases} \quad (6)$$

公式算出。

1.2.3 磁异常水平分量在横、纵剖面中的投影

$$\Delta H_{\perp} = \Delta H \cos(\varphi - A), \quad (7)$$

$$\Delta H_{\parallel} = \Delta H \sin(\varphi - A).$$

1.2.4 磁异常总矢量在横剖面 and 纵剖面中的投影

磁异常总矢量在横剖面 and 纵剖面中的投影分别以 $\Delta T_{\perp}$ 和 $\Delta T_{\parallel}$ 表示。因为井一般是弯曲的,所以需要先井轴投影到剖面上,再取该投影点的点位。如图 2 所示,其中剖面磁方位角为 A ,测点井段的磁方位角为 β_i ,顶角为 δ_i ,井段长度为 L_i ,则井段在横

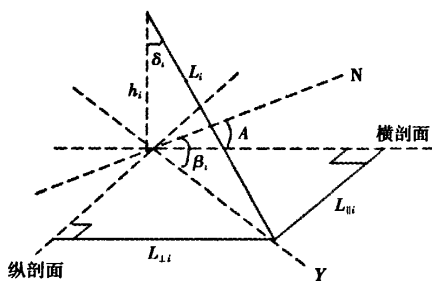


图2 磁异常总矢量在横、纵剖面中的投影

剖面 and 纵剖面中的投影分别为

$$L_{\perp i} = L_i \sin \delta_i \cos(\beta_i - A), \quad (8)$$

$$L_{\parallel i} = L_i \sin \delta_i \sin(\beta_i - A),$$

该井段的垂直长度为

$$h_i = L_i \cos \delta_i. \quad (9)$$

以井口为坐标原点,取各井段的累计数之和 $\sum h_i$ 、 $\sum L_{\perp i}$ 和 $\sum L_{\parallel i}$ 表示出测点在相应剖面中的坐标,则在横剖面中的投影点为 $(\sum L_{\perp i}, \sum h_i)$,在纵剖面中的投影点为 $(\sum L_{\parallel i}, \sum h_i)$ 。相应剖面中的投影点连线,即为井轴在剖面中的投影,投影点即为 $\Delta T_{\perp}$ 和 $\Delta T_{\parallel}$ 的起始点^[4,6]。

2 软件设计

2.1 功能设计

软件的功能分为输入、输出,数据转换,绘图三部分。

(1)输入、输出。输入包括读取磁测原始数据、

读取转换好的数据、打开图形文件、载入模板等;输出包括保存转换好的数据、保存模板、保存图形文件、打印图形文件等。

(2)数据转换。数据转换就是将磁测原始数据经过计算处理,转换为可直接用于绘图的数据的过程。载入了井中三分量磁测原始数据后,根据 2.2 节中所介绍的数据转换方法,将它们转换为可用于直接绘图的数据。

(3)绘图。绘制的图形分为深度道和曲线道两类。深度道中绘制深度刻度和深度标注,给各曲线提供深度参考;而曲线道用来绘制各种曲线图和矢量图。根据需要,还可以设置图形的属性,比如深度比例、道边框的颜色、线型和宽度,曲线的颜色、线型和宽度,等等。

2.2 结构设计

井中三分量磁测数据转换和绘图软件的结构如图 3 所示,软件运行时,先加载磁测原始数据,分直井和斜井来计算各分量值,转换完保存数据;然后加载转换好的数据,根据解释的需要添加相关道或直接载入模板来绘图,并按照要求设置图形属性;最后输出结果,包括保存图形文件,打印曲线图和获取 .emf 格式的增强型 Windows 元文件。

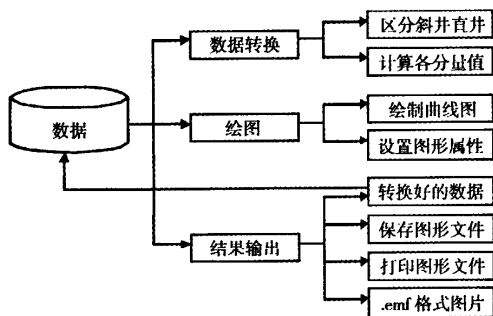


图 3 程序结构

3 软件实现和应用

3.1 软件实现

软件开发环境为 VB 2005,它是基于 .NET 2.0 平台的一种面向对象的程序设计语言,它拥有图形用户界面(GUI),提供大量的开发组件,很适合快速建立 Windows 应用程序,而且它的 GDI+ 绘图功能非常强大^[12],提供了很多库和绘图函数,它还兼容 API 函数,可以画橡皮线,实现动态绘图效果^[13]。

3.1.1 关键技术

软件完成了设计的所有功能,关键技术如下。

(1)读取数据。软件中有 2 次需要读取数据,进行数据转换前需要读取原始数据,绘图前要读取

转换好的曲线数据。程序中 CCurve 类,就是专门处理数据的类,其中读取原始数据的方法是 ReadSourceData(datafilename),读取转换后的绘图数据的方法是 ReadCurveData(DataFileName),读取的数据都保存在 CCurve 类对象的相关字段中。

(2)屏外绘图技术。CTrackBase 类是专门设计的道类,它包含了道的所有属性,还有绘制各种图的方法,如:画深度道——DrawDepthTrack(ByVal g As Graphics);画图形道——DrawDrawingTrack(ByVal g As Graphics);画曲线图——DrawCurve(ByVal g As Graphics)。屏外绘图,就是先创建屏外位图,为其获取图形对象,在内存中执行所有绘图操作,然后将得到的屏外位图复制到屏幕上。此绘图方法速度快,占用内存少,图形不闪烁。具体的绘图工作在 frmMain 类的 OnPaint()方法中完成。

(3)API 函数画橡皮线。橡皮线技术是交互绘图过程中必不可少的一种技术,它实现的是一种类似于橡皮线的绘图效果。橡皮线的一端固定之后,牵引另一端,可以随意的改变方向和长短,直到它也固定在某个点上。利用 API 函数画直线、矩形、椭圆,都可以实现如此效果。软件的鼠标交互用到了橡皮线技术,例如,用鼠标移动道来改变道的顺序,当按住鼠标左键选中某条道并移动鼠标进行拖动时,相应地就会出现一个和选中道大小一致的虚框,它的位置随着鼠标的移动而变化,它动态地代表了选中道的当前位置,这个虚框就是用 API 函数绘制的。

(4)二进制序列化。图形画好之后,需要序列化保存图形文件。序列化也称串行化,就是将对象的状态存储到存储媒介中的过程。采用二进制序列化,将对象的公共字段和私有字段以及类的名称等所有信息都转换为字节流,然后写入数据流。与文件保存相反,文件打开就是反序列化。模板的保存和打开与图形文件的保存和打开类似,都需要进行序列化和反序列化^[14]。

3.1.2 实现结果

软件采用单文档形式,由一个主窗体和其他几个窗体组成。主窗体 frmMain 是软件的主界面(图 4),它分为菜单栏、工具栏和工作区(绘图区)等部分。

运行软件,一次读取一口井的三分量磁测原始数据,进行数据转换,并将转换结果保存起来,然后读取转换后的数据,根据解释的需要绘制曲线图,设置图形属性,最后保存图形文件,也可以打印图形文件,或者获取 .emf 格式的图片,为下一步推断解释做好准备。

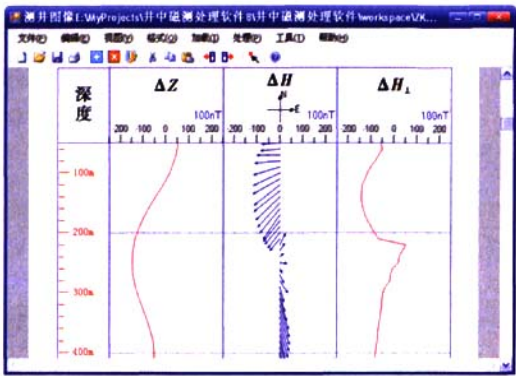


图4 软件界面

3.2 软件应用

以某铁矿井的三分量磁测数据为例。该井深度从 50 ~ 930 m, 剖面方位角为 41° , 采样间隔为 10 m, 利用井中三分量磁力仪测得的数据包括: 三分量 X 、 Y 、 Z 和井斜磁方位角 β 和井的顶角 δ 等。利用本软件, 进行井中三分量磁测数据转换, 然后绘制成图 (图 5), 有 ΔZ 曲线图、 $\Delta H_{\perp}$ 和 $\Delta H_{\parallel}$ 曲线图、 ΔH 矢量图、 $\Delta T_{\perp}$ 和 $\Delta T_{\parallel}$ 矢量图等。

利用该图, 可以进行推断解释, 例如: 利用 ΔH 矢量图可以粗略的判断矿体与钻孔的相对位置, 指示矿体的方向; 利用 $\Delta T_{\perp}$ 和 $\Delta T_{\parallel}$ 矢量图配合 ΔZ 曲线图进行矿体的定位解释。

本软件的优点是界面简洁、操作方便、数据转换

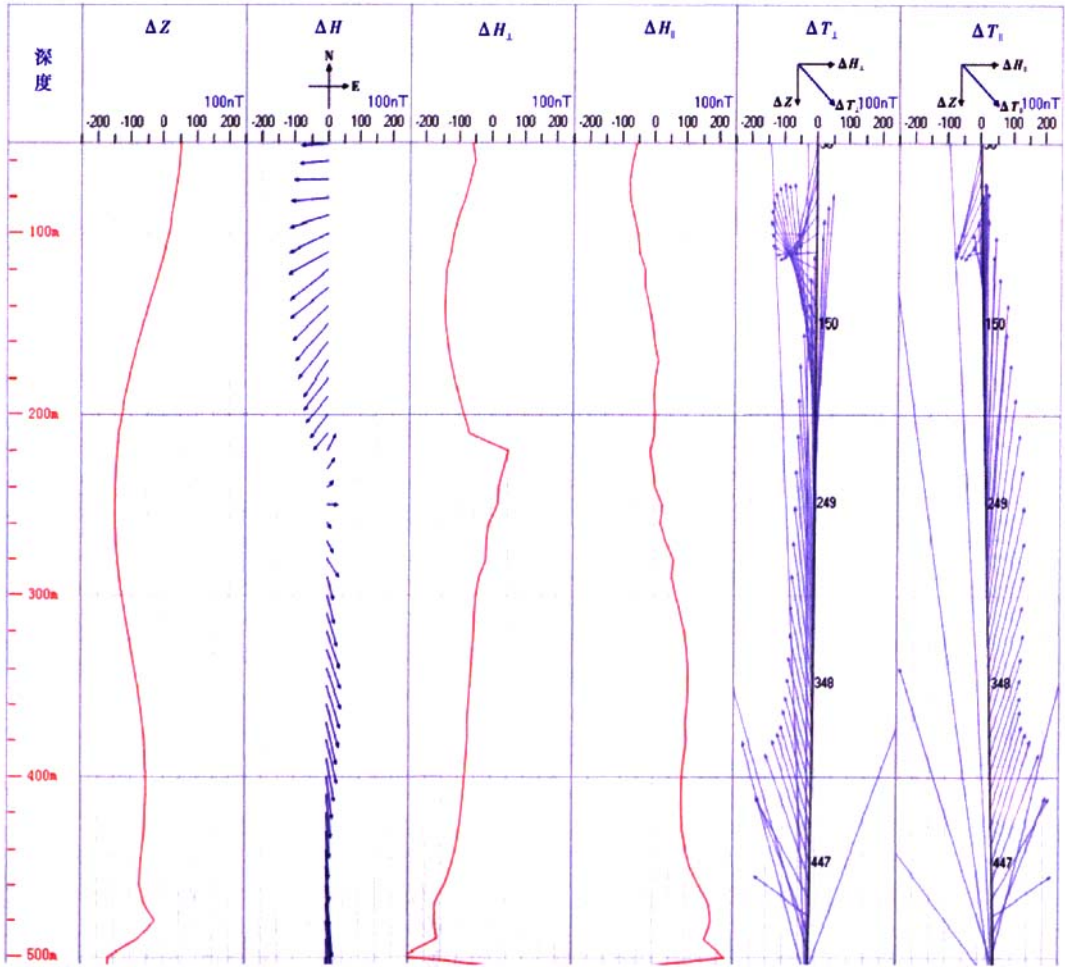


图5 井中三分量磁测曲线

准确迅速、绘图精确美观、输入输出功能齐全。本软件是一套符合实际要求的井中三分量磁测数据转换和绘图软件,其下一步的工作就是改进和完善计算机自动推断解释的功能。

4 结论

笔者研究了井中三分量磁测数据转换和绘图的方法,采用 VB 2005 开发出一套井中三分量磁测数据转换和绘图软件。该软件可以方便地加载磁测原始数据,快速地进行数据转换,得到磁异常垂直分量、水平分量、水平分量在横剖面 and 纵剖面中的投影以及总矢量在横剖面 and 纵剖面中的投影等参数,并按照解释需要精确地绘制相应的曲线图和矢量图,从而为下一步推断解释奠定基础。

参考文献:

- [1] 陕西省地质局第二物探队. 井中三分量磁测[M]. 北京:地质出版社,1974.
- [2] 地质部第一综合物探大队. 井中磁测在普查勘探磁铁矿中的应用[J]. 物探与化探,1979(6):49.
- [3] 地质部第一综合物探大队. 井中磁测[M]. 北京:地质出版社,1985.
- [4] 蔡柏林. 钻孔地球物理勘探[M]. 北京:地质出版社,1986.
- [5] 蔡柏林. 测井与井中物探的回顾和展望[J]. 物探与化探,1989,13(5):370.
- [6] 刘天成. 井中磁场强度测量的资料整理[J]. 物探与化探,1981(4):233.
- [7] 吴至善. 几种规则磁性体磁场 ΔT 、 φ 的空间分布及曲线坐标解释法[J]. 物探与化探,1981(3):138.
- [8] 古端龙. 在井中磁测工作中利用水平模差找盲矿[J]. 地质科技情报,1984:137.
- [9] 曾采芹. 磁测井在找深部矿的应用实例[J]. 地质与勘探,1986,21(9):46.
- [10] 范志雄,陈石炎,舒秀锋. 利用井中磁测异常确定磁性体走向的方法[J]. 地质找矿论丛,2006,21(增刊):160.
- [11] 张雷,苑守成,罗先中. 井中三分量磁测找磁铁矿中应用的一个实例[J]. 物探与化探,2007,31(3):202.
- [12] Mahesh Chand. GDI + 图形程序设计[M]. 韩江译. 北京:电子工业出版社,2005.
- [13] 苏金明,周建斌. 用 VB.NET 和 VC#.NET 开发交互式 CAD 系统[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
- [14] Andy Olsen, Matijaz B. Juric. Visual Basic.NET 串行化参考手册[M]. 杨浩译. 北京:清华大学出版社,2003.

THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE DATA PROCESSING AND DRAWING SYSTEM FOR BOREHOLE THREE-COMPONENT MAGNETIC MEASUREMENT

XIONG Xuan-wen, ZOU Chang-chun

(Key Laboratory of Geo-detection of Ministry of Education, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: In this paper, the methods of data processing and drawing for borehole three-component magnetic measurement are discussed. The data processing formulae of tilted well for the axial system magnetometer were inferred. Based on Object-Oriented Programming (OOP) and using VB2005 as the program language, the authors successfully designed and implemented a data processing and drawing system for borehole three-component magnetic measurement. In order to test the system, this paper has described an example of borehole three-component magnetic measurement, which proves that the system can effectively process the data and accurately draw such graphs as graph and vectorgraph. As a data processing and drawing system for borehole three-component magnetic measurement, this system is perfect and has a wide application vista.

Key words: borehole three-component magnetic measurement; data processing; drawing system; Object-Oriented Programming (OOP)

作者简介: 熊选文(1984-),男,湖北黄冈人,中国地质大学(北京)计算机应用技术专业硕士生。