

# 针对剖面平面图的 MapGIS 应用与开发

刘华锋<sup>1,2</sup>, 李庆春<sup>2</sup>, 景月红<sup>2</sup>

(1. 中国石油大学 CNPC 物探重点实验室, 北京 102249; 2. 长安大学 西部地质资源与地质工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710054)

**摘要:**从应用角度出发, 结合 MapGIS 软件的地理信息属性优势, 以如何将老资料的纸质图(如剖面平面图或平面等值线图)转换为离散点异常和磁异常数据如何直接在 MapGIS 软件中绘制剖面平面图为例, 重点讨论了剖面平面图在 MapGIS 软件中的再利用和绘制的方法, 并开发了相应的补充辅助模块, 说明了 MapGIS 软件在地球物理勘查中的应用与开发潜力。

**关键词:**MapGIS; 地球物理; 剖面平面图

**中图分类号:** P631.1; TP302.4

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-8918(2009)05-0587-05

随着地理信息系统的迅速发展, GIS 在地质调查工作中也得到了广泛的应用<sup>[1]</sup>。在矿产地质调查中, 图元的 MapGIS 格式表示已成为行业要求, GIS 软件除了提供图件绘制和输出等基本功能<sup>[2-3]</sup>外, 它还具有多元信息对比的优势。我们可以将地质、物探、化探等多种地质信息在同一个信息平台 MapGIS 软件中融合<sup>[4]</sup>, 方便多信息之间的对比、分析, 相互验证数据及认识的正确性和全面性。同时, 在新一轮的地质矿产调查中, 也要求各种图件在 MapGIS 中绘制, 以方便信息、图件的存储、管理和使用, 提高信息的利用率。

在物探工作中, 像观测系统布置图、实际材料图、平面等值线图、成果解释图等绘制, 可以直接利用 MapGIS 自带的模块来完成。但在物探资料的收集、采集及数据成图过程中, 也会遇到一些特殊需求, 而 MapGIS 没有相应的模块, 限制了我们的使用。比如, 如何将以前的纸质剖面平面图及平面等值线图资料重新变成离散的数字资料, 而进一步用于数字处理; 如何将采集的磁测资料在 MapGIS 中绘制剖面平面图等。诸如此类的问题, 我们可以借助于 MapGIS 自身的功能和特点, 作进一步的开发, 以实现上述专门特殊需求。

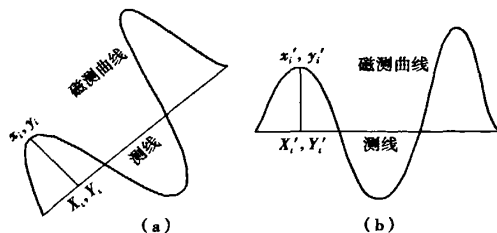
笔者结合上面的两个具体问题, 以磁法勘探为例, 讨论如何借助 MapGIS 的“地理信息”属性优势, 开发与之配套的模块, 让老的物探资料起死回生, 将测量数据在 MapGIS 中自动成图。

## 1 图元—离散信息互转的基本原理

### 1.1 纸质图件信息转换为数字异常信息

#### 1.1.1 异常剖面平面图转换为离散点异常

某一测线方向的异常平剖曲线(图 1a), 如果已知异常曲线上某点的坐标为  $(x_i, y_i)$ , 与之对应的测线上的测点坐标为  $(X_i, Y_i)$ , 我们可以根据两点间的距离公式, 求得这两点之间的距离  $d_i$ 。根据  $d_i$  和成图比例  $k$ , 就可以求出  $(X_i, Y_i)$  点处的异常值  $\Delta T_i = d_i \times k$ 。这样, 我们就间接地获得了测点  $(X_i, Y_i)$  处的数字异常信息  $(X_i, Y_i, \Delta T_i)$ 。



a—异常平剖曲线原始状态; b—旋转为水平测线状态的异常平剖曲线, 以方便计算测点坐标和异常值

图1 纸质剖面平面图转换成离散数字异常值原理

在实际计算过程中, 我们容易获得成图比例  $k$ , 但如何从纸质的剖面平面图上获得一一对应的  $(x_i, y_i)$  与  $(X_i, Y_i)$  坐标对, 并且在保证其精度的前提下, 如何获得较高的计算速度, 确是制约这种计算方法的核心问题。

如果我们已知坐标  $(x_i, y_i)$ , 结合测线方向, 求得过点  $(x_i, y_i)$  且垂直于测线的直线方程; 再获得测线上的两点坐标, 求得测线直线方程; 根据两直线方程求得交点坐标  $(X_i, Y_i)$ ; 然后再根据距离公式求  $d_i$ 。这未尝不是一种方法, 但每一点都要求解方程组, 其运算量必然变大。

另外一种计算方案, 我们按测线方向进行坐标系旋转, 将图 1a 所示的某特定方向的测线旋转成为水平, 如图 1b 所示, 在新坐标系下, 与  $(x_i, y_i)$  点对应的坐标为  $(x'_i, y'_i)$ , 因为测线水平, 如果知道了测线的横坐标  $Y'_i$ , 则可以很方便的求得  $d_i = y'_i - Y'_i$  和与之对应的测点坐标  $(X'_i = x'_i, Y'_i)$ 。然后再进行坐标系反旋转, 便得到实际坐标系下的测点坐标  $(X_i, Y_i)$ 。采取这样的计算方法, 避免了方程组的求解, 并且能更直接地求得  $d_i$ , 减少了计算量。

按照上面的计算思路, 我们利用 MapGIS 软件, 将图件按特定方式进行数字化, 并进行坐标校正<sup>[5-7]</sup>, 以保证获得正确的坐标值。这样就可以获得异常曲线上的符合要求的离散点坐标和相应的测线坐标。然后设计程序, 计算得到每一点的测点位置和异常值。另外, 对测线弯曲的情况, 在数字化时, 需按该测线或线段是否有统一的方位角, 分段数字化各单元。这样划分计算单元, 可以保证每一单元的测线能旋转成真正水平的状态, 以保证求得正确的距离  $d_i$ 。

### 1.1.2 平面等值线图转换为离散点异常

利用 MapGIS 对等值线进行数字化, 我们可以得到每一数字化点的坐标值, 同时该等值线的异常值我们可以从图上读取, 但手动记录方式工作量大, 且容易出错。因此, 如何将平面等值线图转换为离散点异常的关键, 就是如何在数字化的同时记录相应的异常值, 从而实现坐标值与异常值的自动一一对应。

MapGIS 软件允许编辑线属性结构, 用户可根据需要, 创建新的属性, 在数字化时输入相应信息, 以表征该线特征。我们可以利用该功能, 将坐标与异常值同时采集, 再进行数据格式转换, 实现平面等值线图到离散点异常的转换。

在数字化前, 利用“编辑线属性结构”模块, 为线添加一个新的属性, 并在设置“造线信息”时, 选择“即时属性输入”选项。按每一条等值线进行数字化, 在该线数字化结束时, 将相应的异常值作为该线的属性输入。对数字化完毕的整个线文件进行坐标校正, 使图件恢复其真实位置, 以保证获得正确的坐标值。然后将线文件转存为 STDF 格式, 该文件

中包含了等值线数字化过程中的离散点坐标和相应等值线的异常值。最后, 根据数据格式设计程序, 实现测点位置与异常值的一一对应。

### 1.2 离散磁测结果转换为剖面平面图

将离散的磁测结果转换为剖面平面图的核心问题, 就是如何将离散的异常值转换成一条与测线相匹配的异常曲线, 使得异常曲线和测线可在同一坐标系下, 按给定的比例系数  $k$ , 一一对应地绘制出来。这就需要解决两个问题: 一个是如何将异常值换算成对应的长度; 另一个是如何使异常曲线和测线相匹配, 能在正确的坐标位置绘制这两条曲线。

第一个问题可以通过  $d_i = \Delta T_i / k$  得到。对于第二个问题, 其中一个计算方案, 可以直接将  $d_i$  按  $x, y$  方向进行投影分解, 分别得到  $d_{ix}, d_{iy}$ , 则某一坐标为  $(x_j, y_j)$  的测点, 它对应的异常曲线坐标为  $(x_j + d_{ix}, y_j + d_{iy})$ 。这种计算方案简单, 便于实现, 但对数据的要求比较苛刻, 尤其在大倾角测线时, 则可能无法实现正确的测点排序, 而出现测线和异常线迂回的绘制错误。

为了能更好地保证观测系统和野外测量的灵活性, 确保绘图的正确性, 对第二个问题, 我们依然选择坐标旋转的思想来解决。首先进行坐标系旋转, 将测线旋转成水平状态, 此时, 原坐标系中的测点坐标  $(x_j, y_j)$ , 在新坐标系下变为  $(x'_j, y'_j)$ , 接下来对测点按  $x'$  坐标进行排序, 解决测量过程中可能出现的测点迂回问题。然后计算异常值对应的长度  $d_j$ , 则该点对应的异常曲线坐标可表示为  $(x'_j, y'_j + d_j)$ 。最后, 进行坐标系反旋转, 将新坐标系下的异常曲线坐标还原成原坐标系下的坐标  $(x_{\Delta T_j}, y_{\Delta T_j})$ 。

另外, 图件中的其他需求信息, 如测线号、测点号、测点位置、比例尺、异常的填充区域, 也需要计算相应坐标系下的正确合理的坐标, 以实现在相同坐标系下各种信息的统一绘制。

要在 MapGIS 中绘图, 首先要了解 MapGIS 软件的文件存放方式和数据结构。MapGIS 图形按点、线、区分类存放, 与之对应的文件分别为点文件、线文件、区文件。这三类文件的 MapGIS 明码格式文件名后缀分别为 .wat, .wal, .wap, 其格式可以查阅 MapGIS 帮助文档中的说明。这样, 我们在求得合理的坐标之后, 只需要将数据按照 MapGIS 明码格式输出, 便可以轻松实现在 MapGIS 中显示了。

对需要的成图信息作一个简单的分类, 测线号标注、测点号标注、测点位置子图、比例尺标注, 存放为点文件; 测线、异常曲线、比例尺, 存放为线文件; 异常的填充区存放为区文件。这些信息的独立存

放,使得图件信息相互独立,可单独使用,方便存取和修改。

当然,这些数据也可以按照 Surfer 绘图软件的数据格式输出,实现在 Surfer 软件中绘图。

## 2 实现转换结果

### 2.1 剖面平面图转换为离散点

我们将上述转换方法应用于实际纸质剖面平面图资料,以获得离散的点异常。转换过程可具体分为如下几步:

(1)将纸质资料转换为电子图片。

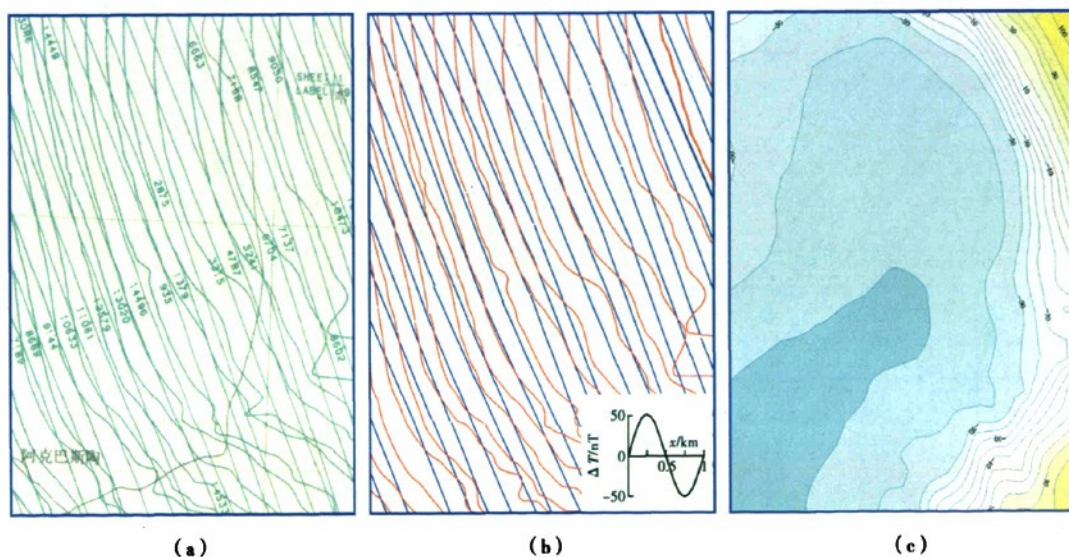
(2)借助 MapGIS 工具数字化。在数字化过程中,借助软件可放大的优点,使数字化误差小于纸面绘图误差,以充分保证数字化的精度。另一方面,尽量保证数字化测点采样的密度,以获取足够比例精度的测点分布。并且,在类似拐点等特殊点位置确

保有数字化点。这样以保证数字化过程不损失原始测量信息。

(3)将数字化结果进行校正。一方面消除纸质图件在保存过程中变形引起的误差和图件扫描过程中引起的变形误差,另一方面将数字化的矢量图还原到实际坐标位置。

(4)将校正后的结果,作为程序输入,计算得到离散点的坐标及磁异常。

图 2a 是某测区实际剖面平面图扫描图件的一部分。图 2b 是数字化并校正后的矢量剖面平面图。它与原始图件进行比较可以发现,即使原始图件经过旋转,也无法与校正后的数字化矢量图完全一致。这就是纸质图件在存放和扫描过程中产生的误差造成的,因此,图形校正过程是必需的。图 2c 是利用计算得到的离散磁异常在 MapGIS 中绘制的平面等值线图。



a—某块原始剖面平面图资料;b—数字化并校正后的剖面平面图;c—利用计算得到的离散点磁异常在 MapGIS 中绘制的平面等值线图

图 2 实测资料的剖面平面图转换为离散异常

通过转换得到的离散异常,不仅可用于绘制电子平面等值线图,与其他地学信息套合,一起分析、使用,也可用于数据的再处理,用新的处理方法和技术,提取以前没被发现的有价值的信息,还可用于图件的无缝拼接等方面。

### 2.2 离散点转换为剖面平面图

利用离散点转换为剖面平面图的基本原理,对某地区 1:1 万地面磁测部分数据进行计算,并在 MapGIS 中绘制其剖面平面图,验证方法和程序设计的合理性。

采用以下绘图参数:①150 nT/cm,②测点标注

频度为 30,③标注与测线距离 2mm;计算并生成测线、测线号标注、测点位置图、测点号标注、比例尺、比例尺标注、异常曲线和异常填充区的 MapGIS 明码格式文件。对得到的明码格式文件进行转换,直接添加到一个新工程中,得到剖面平面图(图 3)。该剖面平面图绘制了测线、异常曲线、正异常区域的填充,按选定的频度和选择的距离标出了测点标注,并绘制了测点位置,在测线两侧均注明了测线号,自动绘制了异常(纵向)和距离(横向)比例尺。

该方法实现了由离散异常到 MapGIS 平台下的剖面平面图的直接转换,图件基本信息的自动绘制。

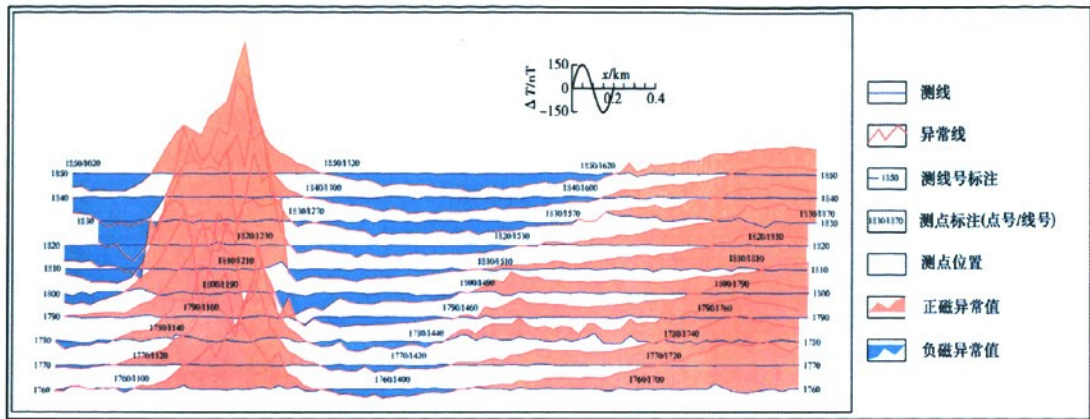
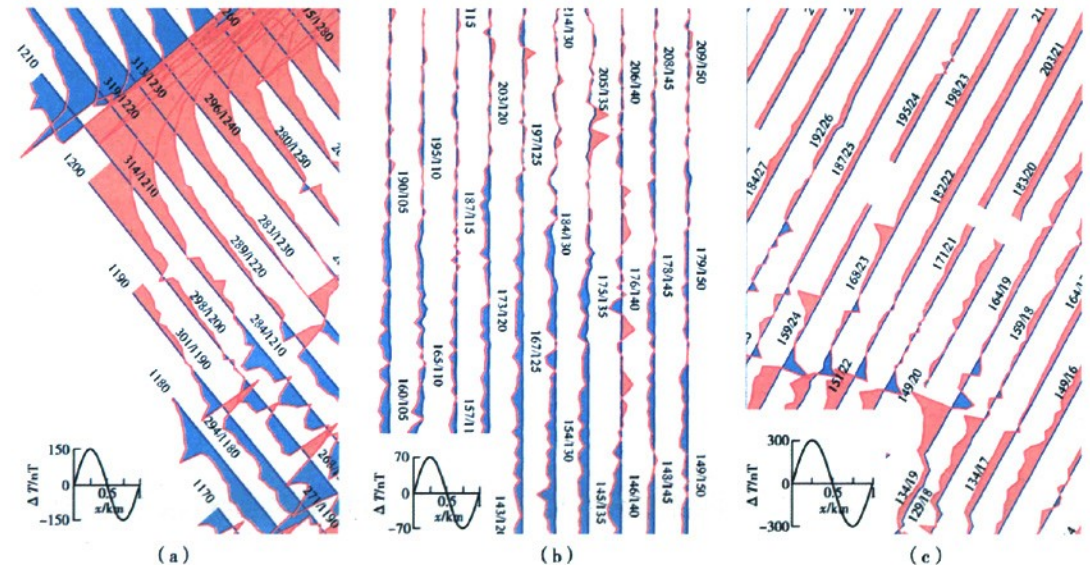


图 3 由实测异常绘制的 MapGIS 剖面平面



a—北西向测线部分 MapGIS 剖面平面图;b—南北向测线部分 MapGIS 剖面平面图;c—北东向测线部分 MapGIS 剖面平面图,在测点缺失位置,自动识别断开,保证绘图的客观性

图 4 不同方向测线的 MapGIS 剖面平面图实例

该方法不仅适合于任意角度的测线布置,允许同一测区内不同测线的方位角有变化,而且允许同一测线内不同测段有不同的方位角(图 4)。另外,对测线进行断点自动识别,保证绘图的客观性,如图 4c 所示。这样提高了绘图精度,节约了绘图时间。

### 3 结论

笔者以如何将纸质的剖面平面图转换为离散点异常和离散磁异常如何转换为 MapGIS 平台下的剖面平面图为实例,设计开发了配套补充模块,用实际资料说明了其有效性和实用性,表明了 MapGIS 软件在地球物理勘探中的应用与开发潜力。

结合 MapGIS 软件的地理信息属性优势,采用

合适的计算方法,可以实现部分“老”的物探资料的信息重采,以方便使用新的处理方法对其作进一步处理和使用。对新的物探数据或处理结果,如果进行合理转换,可以直接获得 MapGIS 平台下有效的显示方式和存储方式,并可与多种地学信息在同一个信息平台中融合,方便不同信息的对比、分析,提高信息的利用率。

### 参考文献:

[1] 于长春,郭志宏,睦素文.航空物探领域的 GIS 开发与应用[J].物探化探计算技术,2003,25(1):39.  
[2] 吴信才. MapGIS 地理信息系统[M].北京:电子工业出版社,2004.



- [3] 陈峰,李本军,刘海新. MapGIS 软件在地质绘图上的应用[J]. 科技咨询导报,2007,10:52.
- [4] 戴文波,周蒂,胡光道. MapGIS 下重磁数据直接成图的实现及意义[J]. 物探化探计算技术,2001,23(3):281.
- [5] 贺奋琴,何政伟,尹建忠. 基于 MapGIS 数字化地形图的技术应用[J]. 物探化探计算技术,2003,25(4):372.
- [6] 李志忠. 基于 MapGIS 的扫描数字化地形图精度分析[J]. 地矿测绘,2006,22(3):29.
- [7] 杨金玲,朱大明,曹先革. 基于 MapGIS 的误差校正改进方法[J]. 测绘工程,2006,15(1):31.

## THE APPLICATION AND DEVELOPMENT OF MapGIS FOR PROFILE MAP

LIU Hua-feng<sup>1,2</sup>, LI Qing-chun<sup>2</sup>, JING Yue-hong<sup>2</sup>

(1. Key Lab of Geophysical Exploration of CNPC, China Petroleum University, Beijing 102249, China; 2. Key Lab of Western Geological Resources and Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** This paper has offered two kinds of MapGIS applications to geophysical exploration based on advantages of GIS attributes in MapGIS, and developed assistant modules. One is the transformation of such printed maps as profile map and chorogram into the discrete digital data, and the other is the direct drawing of the profile map in the MapGIS with the discrete digital magnetic data. Both means display the application and development potential of the MapGIS in geophysical exploration.

**Key words:** MapGIS; geophysical exploration; profile map

**作者简介:** 刘华锋(1981-),男,2007年毕业于长安大学,获硕士学位,现为中国石油大学(北京)在读博士生,主要从事地球物理信息处理、多次波衰减方法研究。

上接 575 页

- [8] 孙建英. 粒子群优化算法的分析及改进[D]. 大连:大连海事大学,2007.
- [9] 王晓英. 改进的粒子群优化算法[D]. 西安:西北大学,2007.
- [10] 赵会洋,王爽,杨志鹏. 粒子群优化算法研究综述[J]. 福建电脑,2007(3):40.
- [11] 管志宁. 地磁场与磁力勘探[M]. 北京:地质出版社,2005.
- [12] 柳建新. 地球物理勘探在危机矿山深部接替资源勘探中的应用[J]. 国土资源导刊,2006,3(3):120.
- [13] 刘天佑,刘大为,詹应林,等. 磁测资料处理新方法及在危机矿山挖潜中的应用[J]. 物探与化探,2006,30(5):872.
- [14] 刘天佑,吴招才,詹应林,等. 磁异常小波多尺度分解及危机矿山的深部找矿:以大冶铁矿为例[J]. 地球科学:中国地质大学学报,2007,32(1):135.

## THE APPLICATION OF PSO TO JOINT INVERSION OF SURFACE AND BOREHOLE MAGNETIC DATA

ZHANG Da-lian<sup>1</sup>, LIU Tian-you<sup>1</sup>, CHEN Shi-xian<sup>2</sup>, ZHAN Ying-lin<sup>2</sup>

(1. Institute of Geophysics and Geomatics, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. Central South Geological Survey of China Exploration & Engineering Bureau, Wuhan 430081, China)

**Abstract:** Particle Swarm Optimization is a new efficient and parallel optimization algorithm. Because of its intelligence, simpleness and easy operation, this means has aroused much attention among scientists. Though PSO has been applied to many fields, its application in geophysical inversion is very insufficient. The joint inversion of surface and borehole magnetic data is a new geophysical inversion which combines the advantages of surface and borehole magnetic data. This paper created a vertical cube model and utilized PSO to the theoretical model test and the joint inversion of surface and borehole magnetic data in the Daye exhausted mine, and the result shows the feasibility of PSO in geophysical inversion and the superiority of the joint inversion of surface and borehole data.

**Key words:** PSO; joint inversion of surface and borehole magnetic data; exhausted mine

**作者简介:** 张大莲(1985-),女,中国地质大学(武汉)地球探测与信息技术专业研究生。