

文章编号: 1007-4619 (2001) 05-0367-03

# 一种表征遥感图像深部层次信息的方法

陈圣波<sup>1,2</sup>, 周云轩<sup>1</sup>, 刘万崧<sup>1</sup>

(1. 吉林大学 遥感地理信息系统系, 长春 130026; 2. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 全球变化信息研究中心, 北京 100101)

**摘 要:** 介绍一种定量地表征遥感地质构造深部层次信息的方法, 即利用重磁数据三维欧拉反褶积结果, 叠加到遥感图像上, 定量地、直接地分辨出遥感构造的深度。并应用到松辽盆地西部斜坡带, 效果较好。

**关键词:** 遥感图像; 三维欧拉反褶积; 构造层次

**中图分类号:** TP79 **文献标识码:** A

## 1 引 言

遥感信息是地球表面或浅层物体电磁波辐射的反映。因此, 亦即电磁波辐射的穿透深度是有限的, 例如 L 波段的雷达波在干沙条件下, 也只穿透 2—3 m 深。但是, 通常情况下, 地球深部的信息, 如深部构造、侵入岩体等, 都能间接地在遥感信息上反映出来。在地质找矿工作中也应用遥感信息来找矿。如果我们知道构造的不同深度信息, 利用不同深度构造之间的相互切割关系, 自然就能获得不同深度构造形成时代的先后序列。显然, 这比在一个深度平面上利用构造之间的相互切割关系所得到的时间序列更准确, 更有意义。

遥感构造解译是遥感在地质上最成功的应用之一, 可以利用构造的解译标志来推测构造的深浅。近年来, 人们利用地理信息系统, 可以反演地下深部信息的重磁等值线图叠加到遥感图像上, 定性分析构造的深浅; 或者将重磁反演的结果与遥感数据进行合成。不仅要求应用者必须对重磁的处理和解释有所了解, 而且有时重磁异常的细微变化不能反映出来, 只能定性地、间接地分析遥感构造的深度。这里介绍一种定量地表征遥感构造深部层次信息的方法, 即利用重磁数据三维欧拉反褶积的结果, 叠加到遥感图像上, 定量地、直接地分辨出遥感构造的深度。

## 2 欧拉反褶积

三维欧拉反褶积<sup>[1]</sup>是一种能够利用重磁网格数据确定地质体位置(边界)和深度的自动化定量反演方法, 这种方法并不需要已知地质信息的控制。位场和其梯度与场源位置之间的联系可以通过欧拉奇次方程表示, 而场源的不同形状即地质构造指数或奇次程度实质上表现了场随离开场源距离的衰减率。

位场的欧拉方程由 Thompson 推导出<sup>[2]</sup>, 如式(1)所示:

$$(x - x_0) \frac{\partial T}{\partial x} + (y - y_0) \frac{\partial T}{\partial y} + (z - z_0) \frac{\partial T}{\partial z} = N(B - T) \quad (1)$$

式中  $(x_0, y_0, z_0)$  为场源空洞位置,  $T$  为在  $(x, y, z)$  处测得的场,  $B$  为区域背景场,  $N$  则是构造指数。不同的构造指数对应不同的地质构造。这里, 对重力场选择构造指数为 0, 由此反演断裂构造。

当  $N=0$  时, Reid *et al.* 引入了一个和场幅值有关的参数  $A$ , 使得欧拉奇次方程在构造指数为 0 时写为:

$$(x - x_0) \frac{\partial T}{\partial x} + (y - y_0) \frac{\partial T}{\partial y} + (z - z_0) \frac{\partial T}{\partial z} = A \quad (2)$$

此方程是以  $(x_0, y_0, z_0)$  和  $A$  为未知数的线性方程

收稿日期: 2000-08-16; 修订日期: 2001-03-13

**作者简介:** 陈圣波(1967—), 男, 博士, 副教授。1992年毕业于长春地质学院地质矿产普查专业, 学士学位; 1996年毕业于长春地质学院遥感地质专业, 硕士学位; 2000年毕业于吉林大学地球探测与信息专业, 博士学位。研究方向为遥感与地理信息系统。已出版专著 8 部, 发表相关研究论文 15 篇。

组,由场幅值  $T$ , 水平一阶导数  $T_x$ ,  $T_y$  和垂直一阶导数  $T_z$ , 利用最小二乘法即求得场源空间位置  $(x_0, y_0, z_0)$  和其标准方差。由此判断反演结果好坏的一个准则<sup>[3]</sup>。因此,应用 Euler 反褶积法可将隐藏在复杂叠加异常中的线性特征异常,即线性构造的位置和深度进行估算。

Euler 反褶积法处理网格化重磁数据的步骤如下<sup>[4]</sup>:

(1) 计算(或测量)水平一阶导数  $T_x$ ,  $T_y$  和垂直一阶导数  $T_z$ 。

(2) 在网格数据上开设窗口,一般  $10 \times 10$  的窗口效果较好。

(3) 对每个不为 0 的构造指数,在一个子窗口内利用其内的梯度值和总场异常值,建立超定方程组,然后利用最小二乘法求得场源空间位置  $(x_0, y_0, z_0)$  和背景值  $B$ 。如果深度不确定度小于 15%, 则该结果可取。

(4) 按照一定的间隔移动窗口,重复(2), (3)步,直到覆盖全区。

(5) 绘制源深度和位置图,即圆心代表源的水平位置  $(x_0, y_0)$  坐标,圆半径代表源的深度。

通过上述三维欧拉反褶积处理所得源的深度信息和水平位置  $(x_0, y_0)$  坐标构成一个三维矩阵,指示了研究区内断裂构造的位置、走向和深度。因此,很方便地按照源的深度对每一个点分类,并将分类的结果分别成图,这样就得到了某一研究区不同深度的处理结果(如图版 I 图 1)。

### 3 应用实例

松辽盆地西部斜坡带位于吉林省西部白城地区,根据该区的基底顶面起伏形态,基岩断裂特征以及盖层的地层和构造发育特征,可以划分为西部断陷带、兴隆山隆起带、中部缓坡带和东部陡坡带。工作区位于西部断陷带和兴隆山隆起带上(图 2)。

所谓基底系指中生代盖层以下的地层,根据松辽盆地钻遇基底的 200 多口钻井和露头资料统计分析,基底岩性可分为侵入岩和深积-火山变质岩系两大类。前者种类繁多,尤以花岗岩为主。基底深断裂十分发育,主要由四组深断裂系统组成,即 NNE、NE 向断裂系统, NW 向断裂系统, EW 向和 NNW 向(近 SN 向)断裂系统。深积盖层是由中、新生代地层组成,总厚 > 1000 m,其中晚侏罗系为陆相火山含煤碎屑岩建造,主要分布在分割断陷盆地之中,白垩系为陆相碎屑夹油页岩建造,覆盖全区,第

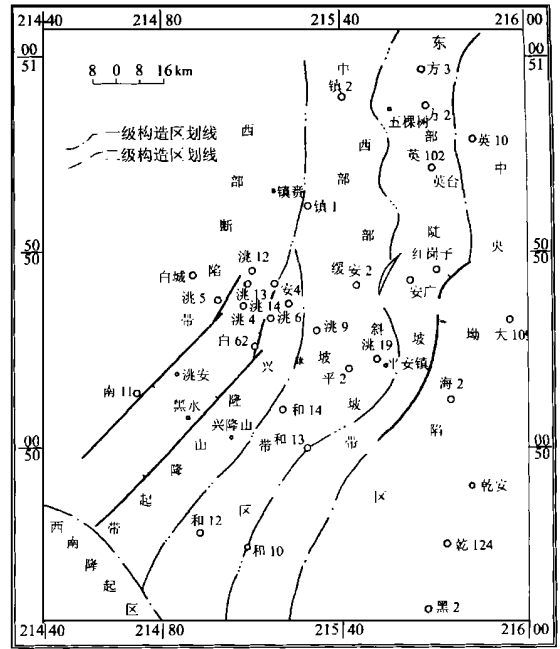


图 2 西部斜坡区构造区划图

(据吉林油田勘探开发研究院, 1988)

Fig. 2 The tectonic region of study area

三系主要分布于盆地西部,为陆相碎屑岩建造,盖层中与油气关系密切的主要是中生代地层。区内中生代地层发育有中侏罗统白城子组( $J_{2b}$ ),上侏罗统洮南组( $J_{3n}$ )和高平山组( $J_{3g}$ )等地层单元。

在松辽盆地西部斜坡带洮南地区,应用欧拉反褶积对该区重力进行反演,由此揭示了研究区内断裂构造的位置、走向及深度。我们按照深度划分为不同的层次。分别是: 100 m 以上, 100—500 m, 500—1000 m, 1000 m 以上。然后把把这些不同深度的构造标志叠加在研究区内 TM5 波段图像(对构造特征反映明显)上。从图版 I 图 1 叠加图像的解译图上可以看出, (1) 1000 m 以下深度断裂分布较少,以点源为主,在研究区西北和东南部,相对集中,主要表现为  $NE30^\circ$ ,  $NE60^\circ$  和  $NW330^\circ$ , 并且延伸短; (2) 500—1000 m 之间深度断裂比 1000 m 以下深度断裂分布相对较密,位置类似,研究区内次生盆地的西边界( $NE30^\circ$ ) 清楚,  $NW330^\circ$  方向断裂分布相对较多。另外, SN 向断裂也有分布; (3) 研究区内以 100—500 m 之间断裂分布最多,尤以  $NE30^\circ$  最多,次生盆地的东边界( $NE30^\circ$ ) 形成,  $NE60^\circ$  仍有分布,次生盆地的南边界( $NW330^\circ$ ) 已形成; (4) 研究区内以 100—500 m 之间断裂分布次多,尤以  $NW330^\circ$  分布最广泛,多表现为第四纪以来的地貌特征。另外,  $NE30^\circ$ ,

NE60°和SN向断裂也有分布。总之,研究区内NW330°断裂切割相对较浅,NE30°切割相对较深,NE60°和SN向断裂次之,这与整个松辽盆地的形成历史是一致的。因此,利用欧拉反褶皱的结果,可以反映遥感信息深部的层次信息。

## 4 结 论

遥感深部层次信息的反映,对于利用遥感解决地质构造问题有着十分重要的意义。利用遥感解译地质构造,能把不同深度的构造在图像上分别表示出来,常规的方法是将反演地下深部信息的重磁等值线图叠加到遥感图像上,定性分析构造的深浅;或者将重磁反演的结果与遥感数据进行合成。但這些方法只能定性、间接地分析遥感构造的深度。通过对重磁网格数据的欧拉反褶皱,可以揭示构造的位置、走向和深度,将其叠加到遥感图像上,进而反映图像上构造的不同深度信息。即遥感图像的深

部层次信息。显然,该方法与通常将重磁反演结果叠加到遥感图像上定性描述线性构造的不同深度,前进了一大步。松辽盆地西部斜坡带洮南地区重力欧拉反褶皱的结果说明了这一问题。

## 参 考 文 献 (References)

- [1] Changchun College of Geology. Regional geological exploration by non-seismic geophysical methods in Taonan area. Western Slopes of Songliao Basin [R]. 1996. [长春地质学院. 松辽盆地西部斜坡带洮南地区非震地球物理方法区域地质勘探[R]. 1996.]
- [2] Thompson D T. A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data [J]. *Geophysics*, 1982, **47**: 31-37.
- [3] Reid, A. B., Allsop, J. M., Granser, H., Millett, A. J. and Somerton, I. W., Magnetic interpretation in three dimensions using Euler Deconvolution, 1990, **55**: 81-91.
- [4] Baochi Xu, Chunhua Li. The theory and problem of fields data processing [M]. Changchun: Jilin University Press, 1995. [徐宝慈, 李春华. 位场数据处理理论与问题[M]. 长春: 吉林大学出版社, 1995.]

## A New Method to Estimate the Depth of Remote Sensing Information

CHEN Sheng-bo<sup>1,2</sup>, ZHOU Yun-xuan<sup>1</sup>, LIU Wan-song<sup>1</sup>

(1. Department of RS and GIS, Jilin University, Changchun 130026, 2. Institute of Geography Science and Natural Resource, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** The penetrability of electromagnetic radiation is limited, generally the penetrability depth of the microwave is less than 5m, which is called 'skin depth'. However it is very important for us to know the depth of structure in remote sensing images. Generally it can be acquired by overlying the continuous contour of gravity and magnetic data on to remotely sensed images or integrating remotely sensed and gravitational and magnetic data. But this is qualitative and indirect method. A new method, Euler Deconvolution is introduced in the paper. The structure location, stretch and depth could be estimated by using Euler Deconvolution of geophysical data. And the depth of structure in remotely sensed images could be displayed by overlying the Euler Deconvolution results on to the remotely sensed images. The method was applied in the western slope of Songliao Basin, which is quantitative and more efficient than other geophysical methods. And the depth of structure in remotely sensed images cannot be estimated except geophysical methods.

**Key words:** remote sensing information; Euler deconvolution; structure; geophysics

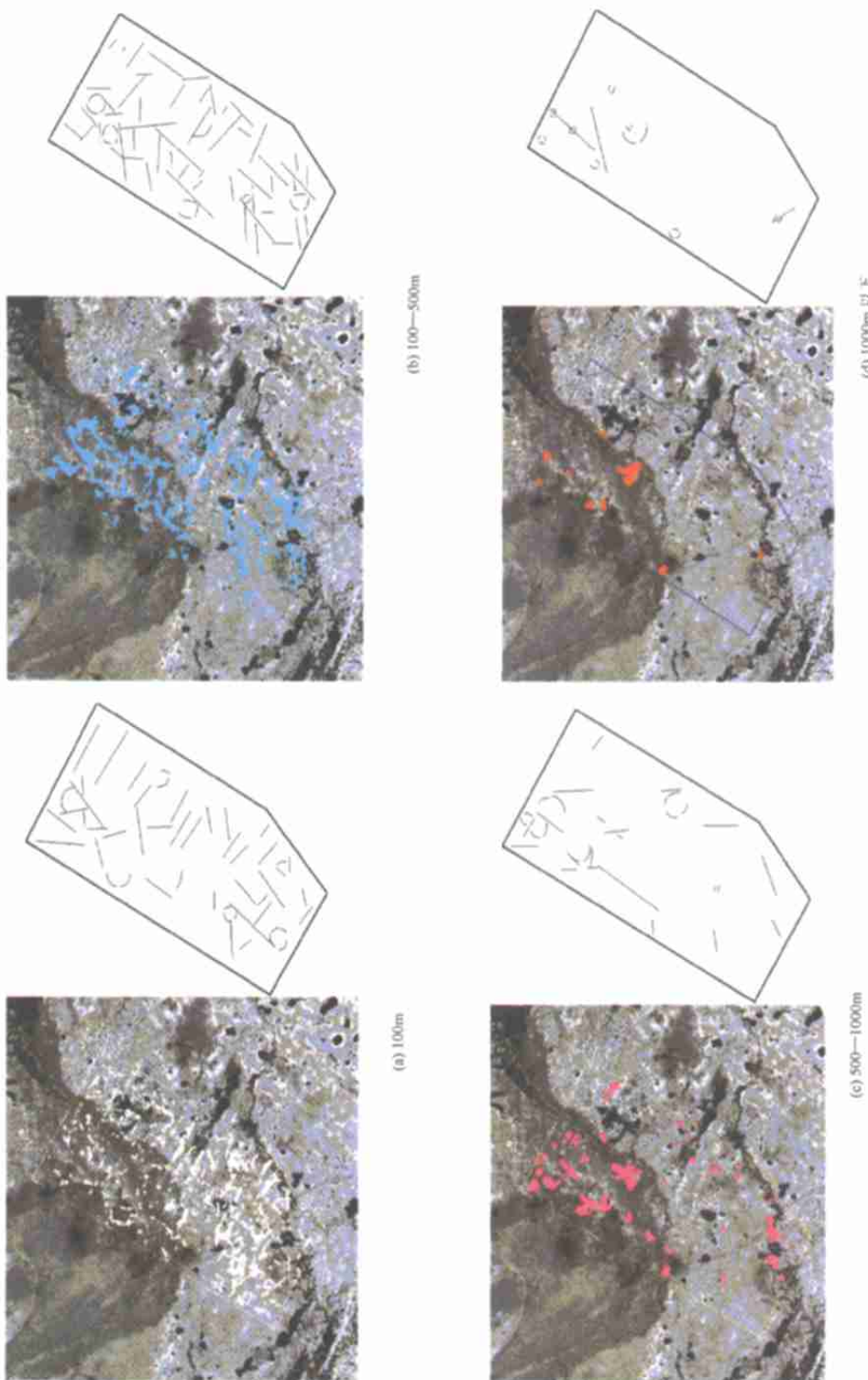


图 1 研究区内叠加不同深度信息的遥感图像及其地物构造解译图