

Tilt 梯度在区域重力资料解释中的应用*

赵牧华

(南京地质矿产研究所, 南京 210016)

摘要:线性构造识别是区域重力资料解释中的重要一步。本文介绍了用于探测重力异常边界和场源深度的 Tilt 梯度法;同时,应用 T_{dr} 零值线及 $\pm\pi/4$ 曲线距离半值或零值与 $+\pi/4$ (或 $-\pi/4$) 曲线距离对研究区重力异常源的位置和埋深进行了推断,并把推断结果与区内大地电磁测深剖面解释成果进行了对比。结果表明,应用 Tilt 梯度对区域重力资料进行线性构造识别是可行的。

关键词:重力异常;Tilt 梯度;线性构造

中图分类号:P631.2

文献标识码:A

在划分大地构造单元、进行构造分区、确定断裂构造带的位置、区分不同时代岩性与地层的分布及进行物性填图等工作时,均需确定其边界位置。而梯度通常是重力场中变化最剧烈的地方。Bhattacharya 提出了应用垂向二阶导数法来探测物体的垂直边界^[1]。Grauch、Cordell 提出了用最大水平梯度模法探测倾斜台阶的倾斜边界^[2]。余钦范、楼海进一步探讨了水平梯度极大值法确定密度和磁性体边界的方法,指出当物体边界不垂直时,水平梯度模的极大值会偏离边界位置,且对于很薄的地质体,水平梯度极大值也不能反映它们的位置^[3]。由此可见,这些方法都很难分辨出埋深不同深层源的边界,因为深层源受到浅层源的影响后异常则不明显,其水平梯度模及垂向二阶导数振幅同样会受影响。

为了解决埋深不同多场源物体边界的问题,Miller、Singh 首次提出了 Tilt 梯度的定义^[4]。这种方法求得的梯度值对于场源的深度是不敏感的,不受场源埋深的限制,因此能很好的探测出埋深不同的多场源物体的边界。同时,在区域重力资料解释中,地质体相对于所选用数据网格大小来说,一般可以认为垂直或者近似垂直,这也为应用 Tilt 梯度法提供了前提条件。

1 基本理论

Tilt 梯度(Tilt Derivative)是一种新的定义方法(图 1),为场的垂向一阶导数 $\frac{\partial T}{\partial z}$ 比上场的水平梯

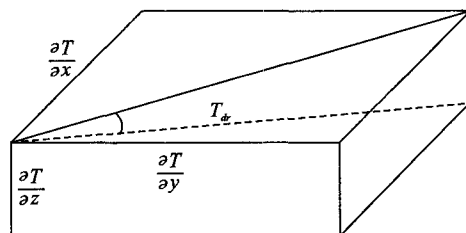


图 1 Tilt 梯度的几何定义

Fig. 1 Geometric definition of Tilt Derivatives

度模 $\frac{\partial T}{\partial h}$ 的 arctan 角度值^[4]。

$$T_{dr} = \arctan \frac{\frac{\partial T}{\partial z}}{\frac{\partial T}{\partial y}} \quad (1)$$

式中:

$$\frac{\partial T}{\partial h} = \sqrt{(\frac{\partial T}{\partial x})^2 + (\frac{\partial T}{\partial y})^2} \quad (2)$$

T 为场源总场强度(TMI)大小, z 和 h 指垂直

* 收稿日期:2011-07-25

基金项目:中国地质调查局地质调查项目(1212011120914)资助。

第一作者简介:赵牧华(1981~),男,工程师,主要从事应用地球物理方面的工作。

方向和水平方向, x 和 y 是水平方向相互垂直的两个方向。

一般来说, $\partial T/\partial z$ 是 TMI 垂向一阶导数, 可能为正也可能为负。在物体上 $\partial T/\partial z$ 为正, 在物体外为负, 在边界位置为零(图 2)。 $\partial T/\partial h$ 是 TMI 水平导数

模, 总为正, 在物体边界位置处取最大值; T_{dr} 为两者比值的 $\arctan$ 值, 在物体上为正值, 在边界处为零值, 在物体外为负值。所以对于深部场源, 即使它的垂向一阶导数和水平导数模都很小(图 2), 两者的比值仍然会很大。

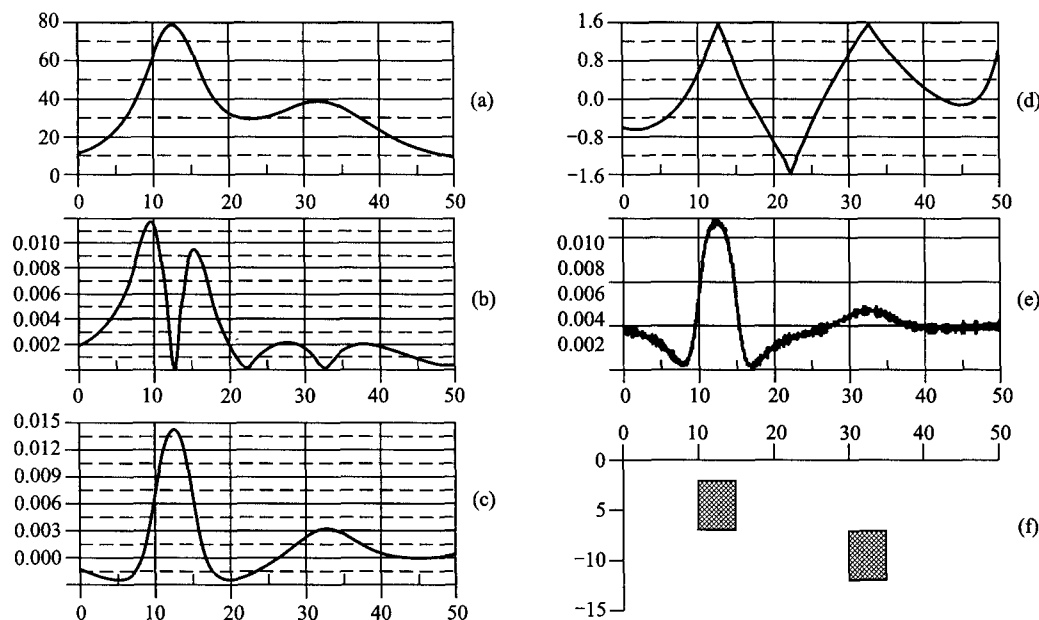


图 2 多体模型

Fig. 2 Multitmodels

(a)-由模型(f)正演计算重力异常;(b)-由(a)计算出的水平导数模;(c)-由(a)计算出的垂向一阶导数;(d)-由(b)、(c)计算出的 Tilt 梯度 T_{dr} ;(e)-由(a)计算出的垂向二阶导数;(f)-理论模型, 两个宽 5 km、厚 5 km、无限延伸的厚板, $\rho=1 \text{ g/cm}^3$, 左板顶板埋深 2 km、横坐标位于 10~15 km, 右板顶板埋深 7 km、横坐标位于 30~35 km

从式(1)中可以看出, 无论 $\partial T/\partial z$ 、 $\partial T/\partial h$ 的振幅为多大, T_{dr} 振幅均被限制在 $-\pi/2$ 至 $+\pi/2$ [5]。 T_{dr} 的运行效果像自动增益控制滤波器一样, 均衡化强、弱异常的输出振幅 [5]。 Salem 等指出 T_{dr} 响应 $\pm\pi/4$ 曲线距离半值或零值与 $+\pi/4$ (或 $-\pi/4$) 曲线距离可以用来估算场源深度 [6]。

2 应用实例

研究区为正方形区域, 区域大小为 $100 \text{ km} \times 100 \text{ km}$, 布格重力异常数据为区域地球物理调查成果集成与方法技术研究所使用的全国潜力资料评价 1:20 万重力资料, 数据网格大小为 $2000 \text{ m} \times 2000 \text{ m}$, 资料精度约为 $\pm 250 \times 10^{-8} \text{ ms}^{-2}$ 。

图 3 为研究区 T_{dr} 异常图。从图中可以看出, 该研究区布格重力异常数据的 T_{dr} 振幅取值范围为 $-1.6 \sim 1.6 \text{ Radian}$ 。 T_{dr} 图的 0 Radian 等值线能够方便、快捷的识别出近似垂直接触型重力异常源的水

平位置及延展情况。由图 3 可知, 研究区线性断裂构

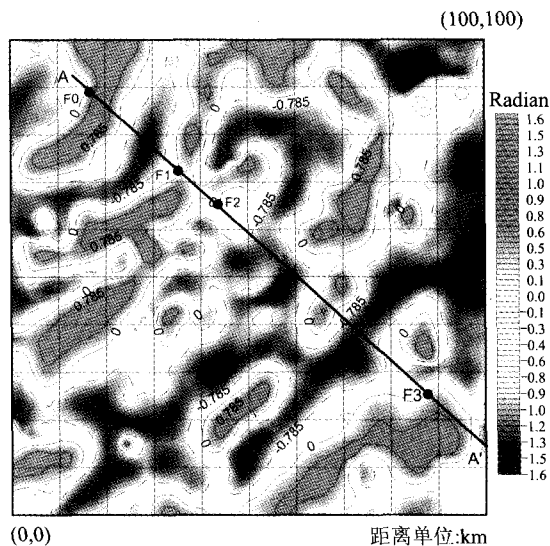


图 3 研究区 T_{dr} 异常图

Fig. 3 T_{dr} anomaly map of the studied area

造大多呈 NE、NNE 向。同时,我们也可以利用 T_{dr} 响应的 $\pm\pi/4$ Radian 曲线距离的半值,或 0 值与 $\pm\pi/4$ (或 $-\pi/4$) 曲线距离来估算重力源边界位置埋深。对于图 3 中 F0、F1 及 F2 为地表或近地表露(相对于数据网格大小来说)断裂,根据图 3 T_{dr} 异常图显示 0 值与 $\pm\pi/4$ (或 $-\pi/4$) 的距离为 4.4 km (或 6.2 km), $\pm\pi/4$ Radian 曲线距离的半值为 5.3 km, 由此可知 F3 断裂的场平均深度大致在 5 km 左右。

图 4 为图 3 中 AA' 剖面所对应的 T_{dr} 异常曲线 a 与其所对应的大地电磁测深剖面解释图 b^[7], 对比分析可以看出,对于两图中的 F0、F1、F2 及 F3 断裂水平位置具有良好的一致性,但 F3 断裂的埋深两种方法解释精度相差较大,还有待于进一步查证其原因。

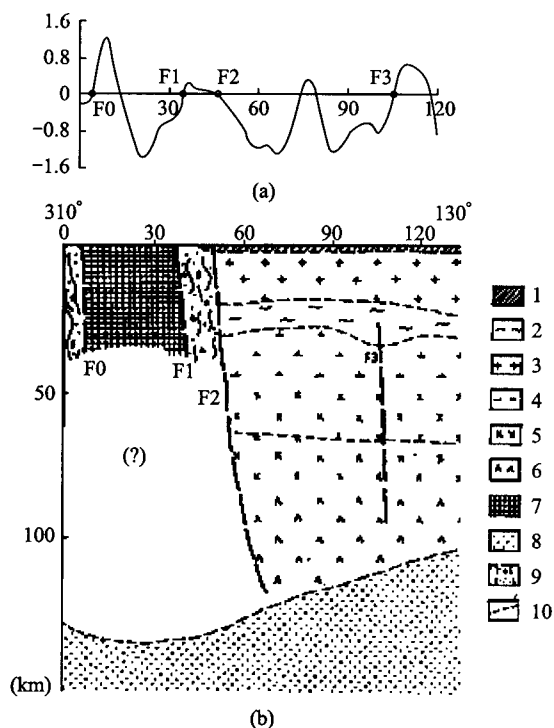


图 4 研究区 T_{dr} 异常曲线(a)与其所对应的大地电磁测深剖面解释图(b)

Fig. 4 Comparison map of T_{dr} anomaly (a) and interpretation map of magnetotelluric vertical sounding profile (b) of the studied area

1-中生界;2-变质岩类;3-酸性岩类;4-中性岩类;5-基性岩类;6-超基性岩类;7-古老基底;8-软流层(?);9-深断裂带;10-界面

3 结论

垂向导数、水平导数的振幅均与 TMI 异常的振幅是紧密相关的,所以假如存在埋深不同的多场源,因深层源振幅不明显,很难探测出深层源的边界。而 Tilt 梯度与 TMI 异常的振幅无关,其值对场源的深度不敏感,能够很好的探测出深层场源的边界。

将 Tilt 梯度用于 100 km×100 km 的区域重力资料解释,应用结果表明利用 Tilt 梯度法能够快速、便捷的识别出近似垂直接触型重力异常源的水平位置及延展情况,利用 T_{dr} 响应的 $\pm\pi/4$ 曲线距离的半值或 0 值与 $\pm\pi/4$ (或 $-\pi/4$) 曲线距离能够进行重力源边界位置埋深估算。同时,与研究区内已有大地电磁测深剖面解释结果相比较,Tilt 梯度法解释的断裂位置与之具有良好的一致性,也在一定程度上证明了该方法的有效性。

参考文献

- [1] Bhattacharya B K. Two dimensional harmonic analysis as a tool for magnetic interpretation (vertical derivative polarization vector)[J]. Geophysics, 1965, 30:829-857.
- [2] Grouch V J S. Cordell... Limitations of determining density or magnetic boundaries from the horizontal derivative of gravity or pseudo gravity data[J]. Geophysics, 1987, 52:118-121.
- [3] 余钦范,楼海. 水平梯度法提取重磁边界位置[J]. 物探化探计算技术, 1994, 16:363-367.
- [4] Hung G. Miller, Vijay Singh. Potential field tilt—a new concept for location of potential field sources[J]. Journal of Applied Geophysics, 1994, 32:213-217.
- [5] Verduzco B, Fairhead J D, Green C M, et al. New insights into magnetic derivatives for structural mapping[J]. The Leading Edge, 2004, 23:116-119.
- [6] Salem A, Williams S, Fairhead J D, et al. Interpretation of magnetic data using tilt-angle derivatives[J]. 2008, Geophysics, 73:1-10.
- [7] 孔祥儒,熊绍伯,周文星,等. 浙江省深部地球物理研究新进展-屯溪-温州、诸暨-临海地学断面及区域重力研究成果[J]. 浙江地质, 1995, 11(1):50-62.

Application of Tilt-angle derivatives in interpretation of regional gravimetric data

ZHAO Mu-hua

(*Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing 210016, China*)

Abstract

The identification of linear structures is an important step in interpretation of regional gravimetric data. In this paper, we introduce the method of Tilt-angle derivatives for detecting of boundaries of gravity anomalies and depths of gravity field sources; besides, the location and depths of gravity field sources are inferred using zero T_{dr} contours, and half distances between $+\pi/4$ contours or distances between zero and $+\pi/4$ or $-\pi/4$ contours of T_{dr} , and the results are compared with the interpretation of the magnetotelluric vertical sounding profile of the studied area. The results show that the identification of linear structure in interpretation of regional gravimetric data by using of method of Tilt-angle derivatives is feasible.

Key words: gravity anomaly; Tilt-angle derivatives; linear structure