

重力资料反演中一种确定起算深度的新方法

A NEW METHOD USED TO DETERMINE THE START DEPTH IN THE GRAVITY ANOMALY MATERIAL INVERSION

栾锡武

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

应用重力资料进行密度界面反演时,先要给出 D 值,即起算深度。它是深部地质体引起的重力异常为零处的地壳厚度,或对应某一重力值的起始点处的密度质面的厚度,计算得到的各密度质面的起伏都是相对于起始点的起伏。当起算点取得较小时,得到的结果整体埋深较浅,当起算点取得较大时,得到的结果整体埋深较大,因此在进行重力资料反演时,起算点的选择是很重要的,起算深度一般根据地壳地震测深资料来确定,或根据天然地震确定的地壳厚度来确定。但往往在对某一地区进行密度质面反演计算时,这两者都是未知的,计算时只能给出一个大致估计值,由此很难得到满意的计算结果。本文用一种实验比较的方法来确定起算深度。

1 方法

设地下存在一密度界面,在地表某一观测剖面上有 M 个观测点, i 点处观测到的重力异常为 OG_i' , 经滤波处理后得到反映该密度界面起伏的重力异常为

OG_i , 该密度界面在 i 点引起的理论重力异常为 CG_i , 它是起算深度和各点相对于起算深度起伏及界面上下密度差异的函数,表示为:

$$CG_i = f\{h_1, h_2, \dots, h_n, D, \Delta \rho\},$$

D 为起算深度, $\{H\} = \{h_1, \dots, h_i, \dots, h_n\}$ 为密度界面的埋深,为待求解, $\Delta \rho$ 是上下两层介质的密度差。

一般用寻优求解方法来反演密度界面首先要给定 D 值(或根据地震资料,或根据钻孔资料,或是估计值),一般取:

$$\delta_D = \frac{\sum_{i=1}^m (OG_i - CG_i)^2}{m}$$

通过不断调整 $\{H\}$ 并使得 δ_D 达到某一精度,此时 $\{H\}$ 为问题的解。

如果已知问题的解 $\{H\}$, 当 D 取不同的值时,计算重力异常也会不同,从而 δ_D 取得不同的值,很显然,

收稿日期:1996年8月21日

当 D 和实际起算深度相符时, δ_p 会取得极小值。所以, 给定一组问题的解 $\{H\}$, 让 D 在某一范围内取值, 使得 δ_p 取得极小值的 D 值, 最接近实际的起算深度。但在实际计算时, 并不首先知道问题的解, 而只能首先给出一个模型解, 并用寻优的方法, 不断迭代来取得最优解。同一个模型解, 对不同的 D 值也会有不同的 δ_p 值, 认为使得 δ_p 取得最小值的一个 D 值为起算深度。

将遗传算法引入到该问题中来, 因为遗传算法对初始模型要求很低^[1], 从而很容易给出初始模型, 给定一个初始模型, 并给出 D 值的范围, 在这个范围内, 每隔一定间隔取一个值, 得到一组 D 值, 令 δ_p 为遗传算法的目标函数, 取一个 D 值进行一次计算, 得到一个 δ_p 值, 最后同样得到一组 δ_p 值, δ_p 值最小的一个对应的 D 值, 即为该问题的解。

表 1 设计背斜和向斜两个模型的界面埋深和理论重力异常值

点号	背斜		向斜	
	埋深 (km)	重力异常值 (mGal)	埋深 (km)	重力异常值 (mGal)
1	34	3.0	34	- 3.0
2	34	5.0	34	- 5.0
3	34	8.0	34	- 10.0
4	33.5	20.0	35	- 34.0
5	30	60.0	38.5	- 70.0
6	27	105.0	41.3	- 105.0
7	25	125.0	43	- 122.0
8	25	125.0	43	- 122.0
9	27	105.0	41.3	- 105.0
10	30	60.0	38.5	- 70.0
11	33.5	20.0	35	- 34.0
12	34	8.0	34	- 10.0
13	34	5.0	34	- 5.0
14	34	3.0	34	- 3.0

2 结果

设计了单一界面的两个模型来检验该方法的可行性。界面上下两种介质密度分别为 2840 kg/m^3 和 270 kg/m^3 , 两个模型分别是中间有一凸起的背斜构造和中间有一凹陷的向斜构造, 界面埋深和对应的理论重力异常值^[2]如表 1, 起算深度都是 34 km 。

令 D 取值范围为 $0 \sim 50 \text{ km}$, 每隔 2 km 取一个 D 值度计算 δ_p 值, 结果 $D = 34 \text{ km}$ 时取得极小值 0 , 这是容易理解的, 因为表 1 中的重力异常是计算得到的理论重力异常值, 公式中 D 取值为 34 km , 所以当 $D =$

34 km 时, $OG_i - CG_i = 0$, 则 $\delta_p = 0$, 而 $\delta_p \geq 0$, 所以 $\delta_p = 0$ 时为极小值。将该问题作为一个实际问题, 以向斜模型为例, 即首先并不确切知道密度界面埋深。令 D 在 $0 \sim 50 \text{ km}$ 范围内取值, 每隔 1 km 取一个 D 值, 用遗传算法随机地给出一个起算模型, 并计算 δ_p 值, 在此基础上进行 3 次迭代, 并计算 3 个 δ_p 值, 图 1 为 δ_p 的计算结果。a, b, c, d 分别为 1, 2, 3, 4 次迭代结果。

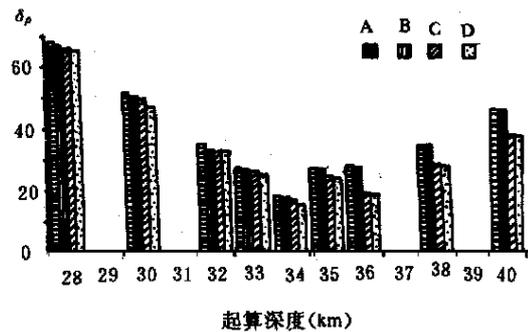


图 δ_p 的计算结果

a, b, c, d 分别为一、二、三、四次迭代计算结果

从图上可以看出, 对每一 D 值, 随迭代次数的增加, δ_p 都有减少的趋势, 即模型都能趋向优化, 不同的 D 值 δ_p 值不同, 整体来看 δ_p 曲线类似于一条开口向上的抛物线, 当 $D = 34 \text{ km}$ 时, δ_p 取极小值。

起算深度的取值在重力资料反演计算中是很重要的, 当起算深度值取得较小时, 计算的密度界面整体埋深较浅, 在没有地震资料和钻孔资料可以确定起算深度时, 本文给出的方法是行之有效的。

参考文献

- [1] 王兴泰等, 1996. 地球物理学报 39(2): 279~ 285.
- [2] 刘元龙等, 1977. 地球物理学报 20(1): 69~ 80.