

讨 论

对“用压缩质面法反演重力资料以估算地壳构造”一文的讨论

钟 东 余

(山西地质科学研究所)

“用压缩质面法反演重力资料以估算地壳构造”^[1]一文发表在 1977 年第一期《地球物理学报》上。在应用过程中,我们发现一些问题,在此提出讨论。

1. 平均密度问题

假定“深部重力异常”是由康腊界面与莫霍界面的起伏引起的(为了便于讨论,其它界面从略)。我们根据文献[1]作者常用的参数,做了两个起伏界面与对应的重力异常图(见图 1)。从图中可以看到:由于康腊界面两侧岩层的密度差大,还由于埋深浅,它的起伏要比莫霍界面相同规模的起伏所引起的重力异常大得多。由此我们可以说:如果康腊界面的起伏不是大大小于莫霍界面的起伏,它对“深部重力异常”的影响是不可忽视的。

文[1]首先把地壳视为均匀的一层以反演莫霍界面。此时,康腊界面的起伏变成干

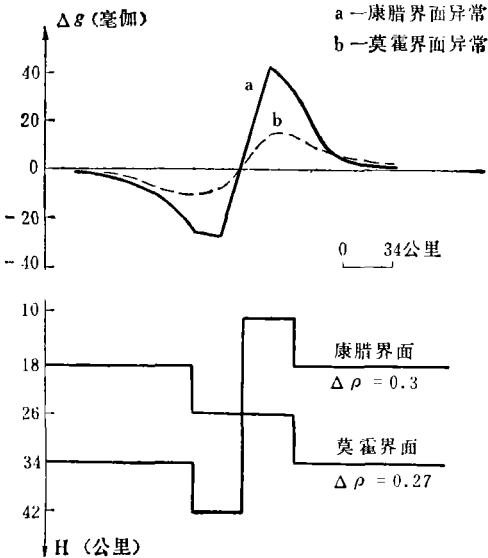


图 1 两个界面与重力异常对应关系

本文 1979 年 9 月 29 日收到, 1980 年 11 月 14 日收到修改稿。

扰因素。面时这种可能非常强大的干扰,作者在计算中采用了地壳的平均密度。这里的问题是:当康腊界面起伏大时,这种算法不能排除干扰,因为地壳的平均密度只取决于地壳各岩层的平均厚度和密度,与任何界面的起伏都没有关系;当康腊界面近于水平时,这种算法反而带来不必要的误差,因为此时重力异常只取决于莫霍界面的起伏及玄武岩与上地幔的密度差,而花岗岩的密度和厚度是不会起作用的。所以,我们可以说:此时采用平均密度会带来人为误差。而且,只有当康腊界面的干扰所引起的误差与改变莫霍界面上下岩层实际密度差所引起的误差恰好大小相同、符号相反时,反演出的莫霍界面才能与实际形态吻合。这种拟合方法是不妥当的。

2. 异常的分解问题

文[1]的主要问题还在于对“深部重力异常”的分解过程。

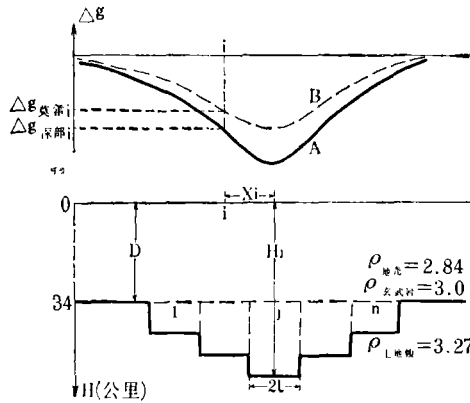


图2 分解“深部重力异常”计算模式

A 为“深部重力异常”曲线 B 为“莫霍界面正演”曲线

假设已反演出的莫霍界面如图2所示,根据文[1]中的计算过程,此时应有

$$\begin{aligned} \Delta g_{\text{深部}i} = & (\rho_{\text{地壳}} - \rho_{\text{上地幔}}) \sum_{j=1}^n f \cdot \left[(x_i + l) \cdot \ln \frac{(x_i + l)^2 + H_j^2}{(x_i + l)^2 + D^2} \right. \\ & - (x_i - l) \cdot \ln \frac{(x_i - l)^2 + H_j^2}{(x_i - l)^2 + D^2} + \left(\arctg \frac{x_i + l}{H_j} - \arctg \frac{x_i - l}{H_j} \right) \cdot 2H_j \\ & \left. - \left(\arctg \frac{x_i + l}{D} - \arctg \frac{x_i - l}{D} \right) \cdot 2D \right]. \end{aligned}$$

其中 $\Delta g_{\text{深部}i}$ 为 i 点的深部重力异常, $\rho_{\text{地壳}}$ 是地壳的加权平均密度, $\rho_{\text{上地幔}}$ 是上地幔的平均密度, f 为万有引力常数,其它参数的意义见图2。

令 f 与中括号内算式的乘积为 $F(H_j)$,则上式可写成

$$\Delta g_{\text{深部}i} = (\rho_{\text{地壳}} - \rho_{\text{上地幔}}) \sum_{j=1}^n F(H_j). \quad (1)$$

分解出的莫霍界面重力异常 ($\Delta g_{\text{莫霍}i}$) 由下式确定:

$$\Delta g_{\text{莫霍}i} = (\rho_{\text{玄武岩}} - \rho_{\text{上地幔}}) \sum_{j=1}^n F(H_j). \quad (2)$$

将(1)、(2)两式相除可得

$$\frac{\Delta g_{\text{莫霍}i}}{\Delta g_{\text{深部}i}} = \frac{(\rho_{\text{玄武岩}} - \rho_{\text{上地幔}}) \sum_{j=1}^n F(H_j)}{(\rho_{\text{地壳}} - \rho_{\text{上地幔}}) \sum_{j=1}^n F(H_j)} = \frac{\rho_{\text{玄武岩}} - \rho_{\text{上地幔}}}{\rho_{\text{地壳}} - \rho_{\text{上地幔}}}$$

在此沿用一下文[1]作者经常采用的华北区岩层密度值,则有

$$\frac{\Delta g_{\text{莫霍}i}}{\Delta g_{\text{深部}i}} = \frac{3.00 - 3.27}{2.84 - 3.27},$$

由此可得

$$\Delta g_{\text{莫霍}i} = \Delta g_{\text{深部}i} \cdot 63\%;$$

又根据

$$\Delta g_{\text{康腊}i} = \Delta g_{\text{深部}i} - \Delta g_{\text{莫霍}i},$$

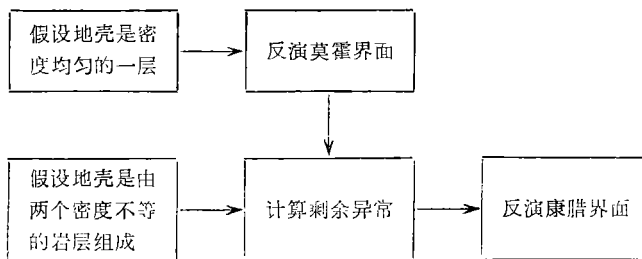
所以

$$\Delta g_{\text{康腊}i} = \Delta g_{\text{深部}i} \cdot 37\%.$$

由此可见,文[1]分解异常的最终结果便是对于每一点的“深部重力异常”,康腊面“分得”大约 37%;莫霍面“分得”大约 63% (在反演莫霍面时,残差调整得越小,这个百分比就越精确)。这也就是作者运用压缩质面法在对辽南、喜马拉雅山、京津等地区的地壳估算结果中,为什么出现康腊界面永远与莫霍界面“同步”,而且前者的起伏永远小于后者的原因。这种分解异常的方法是值得商榷的。

3. 数学及多解性问题

以上问题的出现可以追究到数学运算过程,其过程可作如下示意图:



从中可以看到,对于始终连续的同一计算过程,文[1]作者则用了两个截然相反的假设前提,这是不符合数学的严密逻辑性的。诚然,在数学推导过程中,可以假设两个相反的前提,对其结果可作如下的分析:如果两种结果相同,就可以说这个结果是必然的;如果两种结果不同,那只能说一种前提可导致一种结果,此时,不可再以这两个不同的结果作为同一个出发点去进行新的推导,因为这会导致错误的结论。

也许有人会认为:无论如何文[1]方法的最终结果与“深部重力异常”吻合了,那它就应该是一组解。尽管我们不应否认这一点,但是应看到:基于文[1]作者给出的条件,从纯数学计算出发,其解是多组的。我们不能仅仅满足于一组解的求得,更主要的是还要看解的合理性,而解的合理性往往取决于求解过程的合理性。

4. 检验问题

文[1]为了检验其效果,做了假定的地壳构造模型的反演。该文的目的是为了估算

地壳构造。作者又认为大陆地壳一般应存在两个上下岩层密度差异较大的界面。在文章摘要和引言中也介绍该文解决的是两个甚至多个界面问题。可是,文[1]作者为检验而假定的地壳构造模型全是一个界面。唯一与两个界面有关的反演实例,却又不能给出界面的实际形态。这样的检验方法是达不到检验目的的。为此,我们假定了四种地壳构造模型,按照文[1]的方法对其理论重力异常曲线进行了反演,其结果见图3。从图中可以看到:这种反演结果往往要歪曲地壳构造,其中d例是个例外。这是因为勾划这个构造模型时遵循了下述原则:即让康腊界面所引起的异常与莫霍界面引起的异常之比大致等于37%比63%(此时正好符合了前面所说的误差补偿情况)。

综上所述,我们认为文[1]根据重力场的特征,从特定的条件出发,用“压缩质面”来

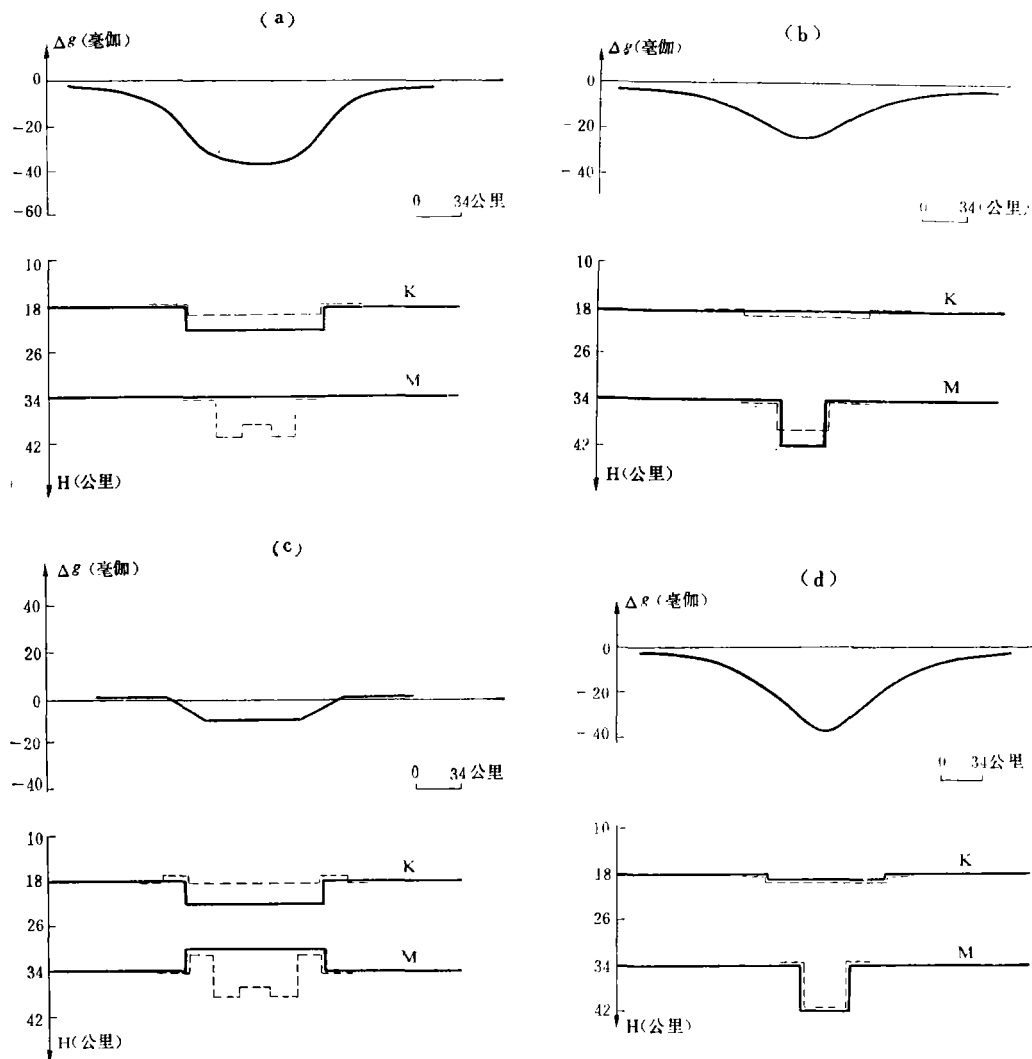


图3 假定的地壳构造的反演

Δg 为假定的地壳构造所产生的理论重力异常 K 为康腊界面 M 为莫霍界面
实线为假定的构造线 虚线为反演结果
 $\rho_{\text{花岗岩}} = 2.70$; $\rho_{\text{玄武岩}} = 3.00$; $\rho_{\text{地壳}} = 2.84$; $\rho_{\text{上地幔}} = 3.27$

勾划和修改拟求的和求得场源的形态,使正演曲线较快地与实测异常曲线拟合,这是可取的。但是,它在反演两个界面的地壳构造问题时,却违反了物理场的一些基本原则,所以,计算的结果和基于这种结果的地质解释是难以利用的。

A DISCUSSION ON THE PAPER "INVERSION OF GRAVITY DATA BY USE OF A METHOD OF 'COMPRESSED MASS PLANE' TO ESTIMATE CRUSTAL STRUCTURE"

ZHUNG DONG-YU

(Institute of Geology, Shanxi Province)

Abstract

This paper sets forth an adverse view on the calculation method expounded in the paper "Inversion of Gravity Data by Use of a Method of 'Compressed Mass Plane' to estimate Crustal Structure", published in No. 1, 1977 of *Acta Geophysica Sinica*. We believe that the author of the above-mentioned paper has adopted self-contradictory hypotheses on the distribution of crustal density in the process of continuous calculations, thus leading to an irrational decomposition of anomalies, forcing an unified solution upon problems which can be solved in many different ways. This is not in conformity with the principles of inferential interpretation of physical field, but also runs counter to the unrelenting logic in mathematics. The inversed computation of the assumed crustal structure models done by us testify to the fact that the results are irrational if we use the method introduced in the said paper to estimate the undulations of crustal interfaces.