

推断解释薄板重力异常的特征曲线法

根据理论模型对剩余异常进行直接推断解释的问题,在于选择模型的大小和密度差,以使它的重力效应尽可能地与剩余异常图形吻合。这基本上是一种实行曲线或曲面拟合的方法,然而,它绝不是一种简单的方法。由于即使用公式来描述最简单模型的位场都过于繁杂,因此,给任何一种直接拟合法都带来了困难。

为了说明曲线直接拟合方法的困难,让我们来研究一个经常用来表示岩脉或矿脉的模型。一般认为,岩脉或矿脉是一种宽度远小于其长度的地质体,通常用薄板模型来表示这种地质体,其图形如图1所示。因为重力效应有可能比其他类型的位场观测结果对这种地质体的走向长度更为敏感,所

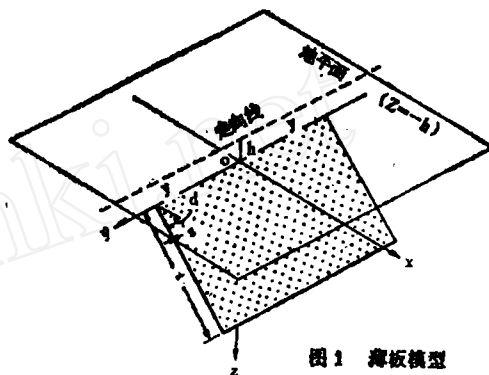


图1 薄板模型

以不能假定薄板为无限长。因此,假定其走向长度为 $2y$ 。采用图1中的符号,并假定密度差为 $\Delta \rho$,那么,通过薄板中心横剖面的重力效应公式就为:

$$\Delta g(x) = 2G\Delta \rho s \left[\frac{1}{2} \text{sind} \left(\ln \frac{A-Y}{A+Y} - \ln \frac{B-Y}{B+Y} \right) + \text{cosd} \left(\tan^{-1} \frac{Y(1+h\text{sind}-x\text{cosd})}{A(x\text{sind}+h\text{cosd})} - \tan^{-1} \frac{Y(h\text{sind}-x\text{cosd})}{B(x\text{sind}+h\text{cosd})} \right) \right] \quad (1)$$

其中

$$A = [(x-l\text{cosd})^2 + (h+l\text{sind})^2 + Y^2]^{1/2}$$

$$B = (x^2 + h^2 + Y^2)^{1/2}$$

仅当 Y 比 l 或 h (两者中较大的)大10倍以上时,该式才能以实际的观测精度在数值上与无限薄板公式相一致。

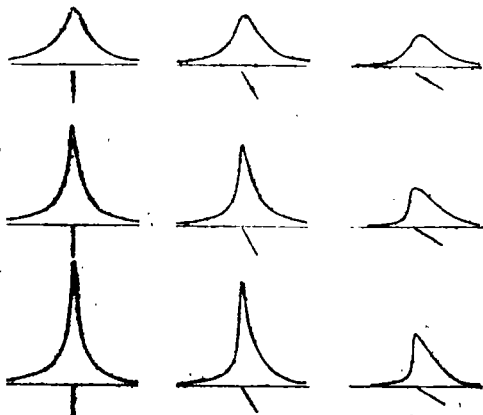


图2 按比例作出的垂直于无限长薄板的重力剖面

我们可以想像,在对 Y 、 l 、 h 或 d 应取何种值毫无概念时,试图把式(1)这样的公式与一组观测数据拟合,所要遇到的种种困难。如果事前不对这些参数作出估算,那么,类似的各种尝试法的计算将无法着手进行。图2给出了关于如何来探讨此问题的一种线索,该图是九种不同情况的无限长薄板重力效应的横剖面。因为长度是任意的,所以,可以将 l 取作长度单位,而且所有的距离都用 l 来量度。于是,公式中只剩下两个独立的参数,即倾角 d 和比值 h/l 。在这些图中, d 和 h/l 各给三种不同的值。显然,改变倾角影响剖面的对称性,而改变埋深则影响异常剖面的陡度。如果我们能找到一种办法来定量地确定异常的这样两种特性,那么,

就可以用这两种量来指示薄板的倾向和埋深。

为此,我们引进了在实践中不难得到的这样两个量(图3所示):(1)剖面两翼的最大水平梯度之比,此比值用于估算薄板的倾角,(2) $\frac{S_2}{S_1}$ 和 $\Delta g_{\max}$ 极大值处剖面宽度之比,用该值来估算 h/l 。我们就把这两个特征值称为倾角和埋深的估计量,当分别来讨论它们时,我们就把斜率之比称为重力剖面的偏斜度,而把宽度之比称为重力剖面的陡度。

如果现在固定 Y 值并在偏斜度对陡度的关系图上作 d 和 h/l 的等值线,就得到两组相交的曲线,即薄板模型的特征曲线。图4和图5分别为 $Y=0.5$ 和 $Y=1$ 的特征曲线。一个重力剖面在不同的特征曲线图上都有一个

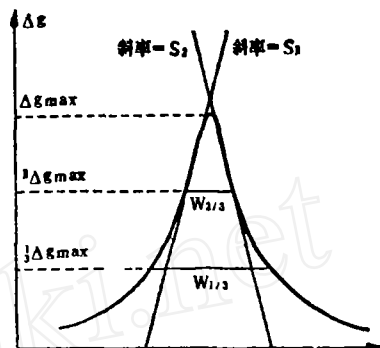


图3 薄板模型的特征值

相应的点。通过对最接近的一对特征曲线的内插,就直接求得 d 和 h/l 值。可是,必须记住,偏斜度和陡度实际上总是不能完全准确地测量到的,而都存在不大的误差。于是,

一个实测剖面将对应着特征曲线上的一个“误差矩形”,这就意味着求得的 d 和 h/l 不是精确的值,而存在着一定的误差。如果能找到这样的特征值,而使两组曲线彼此尽可能地接近于正交,那么,就可以把引起的误差减少到最小。

一旦知道了 d 和 h/l ,或者求得了它们的范围以后,我们还需要另外的一组曲线来确定薄板的宽度和密度与厚度的乘积 $\Delta \rho s$ (常用单位)。这种必不可少的资料,是以 d 和 h/l 为参数的 $\Delta g_{\max}/2G\Delta \rho s$ 对 $w_{1/3}/l$ 的关系曲线图,其中 $\Delta g_{\max}$ 为剩余异常的幅值, $w_{1/3}$ 为 $1/3$ 幅值处的剖面宽度。 $Y=0.5$ 和 $Y=1$ 的这对曲线图分别如图6和7所示。这两组曲线就是图4和5所示特征曲线的“辅助曲线组”。因为乘积 $\Delta \rho s$ 在(1)式中是作为一个因子出现的,因此,不能把它分解开来。此乘积就称为薄板的面密度,其一般的量度单位是克/厘米

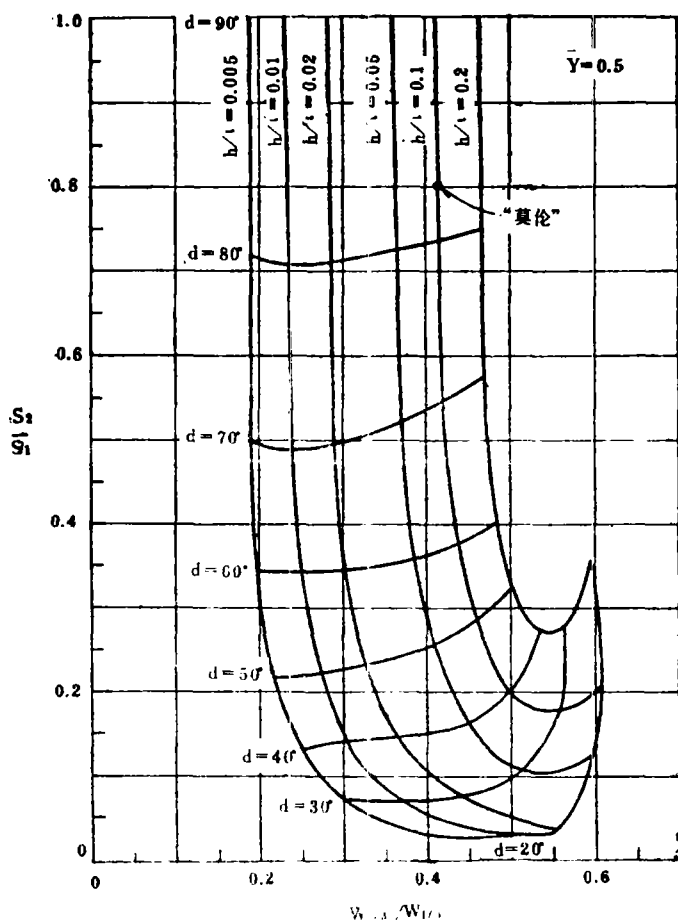


图4 $Y=0.5$ 的薄板模型特征曲线

米³。为了求出 s ，我们必须先假定 $\Delta \rho$ ，反之亦然。由此而出现在薄板推断解释问题中的密度和大小的多解性，也正是所有的位场反问题解的多解性中最基本的。

为了找到在某种特定情况下使用的一组正确的特征曲线，我们必须知道 Y/l 值。此参数可用图8来估计。该图的纵坐标是 $w_{1/3}$ ，与异常走向方向上半宽度（即 $\frac{1}{2}$ 幅值处的宽度）的比值。该比值叫做异常的椭圆度，它是专门估算 Y/l 的特征值。横坐标是垂直于走向方面剖面的陡度。图8中的阴影区域代表在任何 d 和在 $0.01 \leq h/l \leq 0.2$ 的条件下，与所给定的陡度对应的椭圆度的全部变化。

现在给出一个应用特征曲线的实例。在某一异常平面图上，从等值线形态看出，异常体是一三度体。如果我们通过异常中心并垂直于走向作一剖面（图9），从剖面上求得：

$S_1 = 0.0083$ 毫伽/英尺 $S_2 = 0.0066$ 毫伽/英尺

$W_{2/3} = 185$ 英尺 $W_{1/3} = 445$ 英尺
和 $\Delta g_{\max} = 1.72$ 毫伽

除了这些量以外，我们还在异常轴方向剖面上求得 $(W_{1/2}) Y = 670$ 英尺。于是，各种估计量的值就为：

偏斜度 $= |S_2/S_1| = 0.80$

陡度 $= W_{2/3}/W_{1/2} = 0.415$

椭圆度 $= W_{1/3}/(W_{1/2}) Y = 0.66$

根据图8求得 $Y/l = 0.6$ 。因此，我们必须从 $Y/l = 0.5$ 和 $Y/l =$ 特征曲线求得的两组 h 、 l 和 d 值之间进行内插。

$Y/l = 0.5$ 的特征曲线（图4）表明， $d = 83^\circ N$ ， $h/l = 0.10$ 。从辅助曲线组（图6）得出：

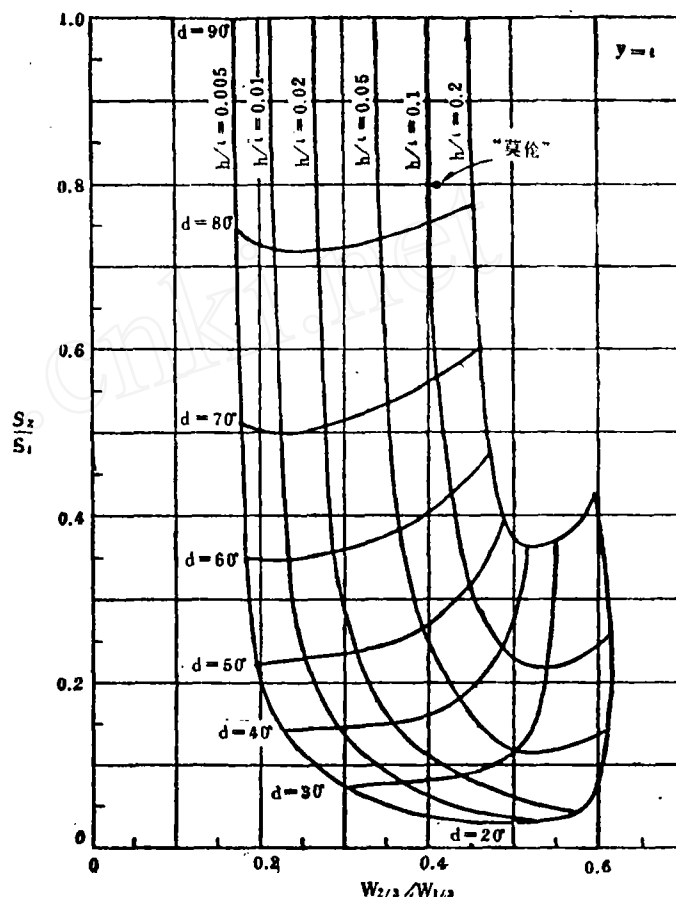


图5 $Y=1$ 的薄板模型特征曲线

$\Delta g_{\max}/2G\Delta\rho s = 1.88$ 、 $w_{1/3}/l = 0.78$ 。根据这些数值，我们推算得到 $\Delta\rho s = 6.9 \times 10^3$ 克/厘米²、 $l = 570$ 英尺。于是，最后计算得到 $h = 0.1l = 57$ 英尺。如果我们假定 $\Delta\rho = 1.9$ 克/厘米³，则求得 $s = 118$ 英尺。

$Y/l = 1$ 特征曲线（图5）表明， $d = 82^\circ N$ 、 $h/l = 0.12$ 。根据辅助曲线组（图7）求得：

$\Delta g_{\max}/2G\Delta\rho s = 2.05$ 和 $w_{1/3}/l = 0.99$ 从而得到 $\Delta\rho s = 6.3 \times 10^3$ 克/厘米²， $l = 450$ 英尺和 $h = 52$ 英尺。因此，通过这两组结果之间的内插，我们最后推算得到： $d = 83^\circ N$ 、 $l = 550$ 英尺、 $h = 56$ 英尺、 $s = 116$ 英尺和 $2Y = 660$ 英尺。

除非有工程控制，否则，我们对推断解释结果所能进行的唯一检验仍是由重力资料本身来确定。当我们把上述的值代入到(1)

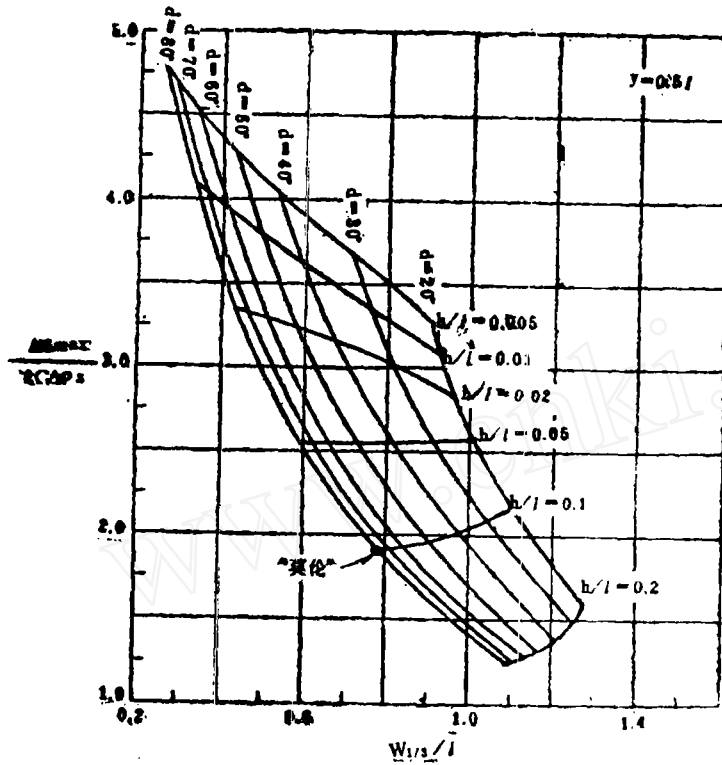


图6 配合图5的辅助曲线

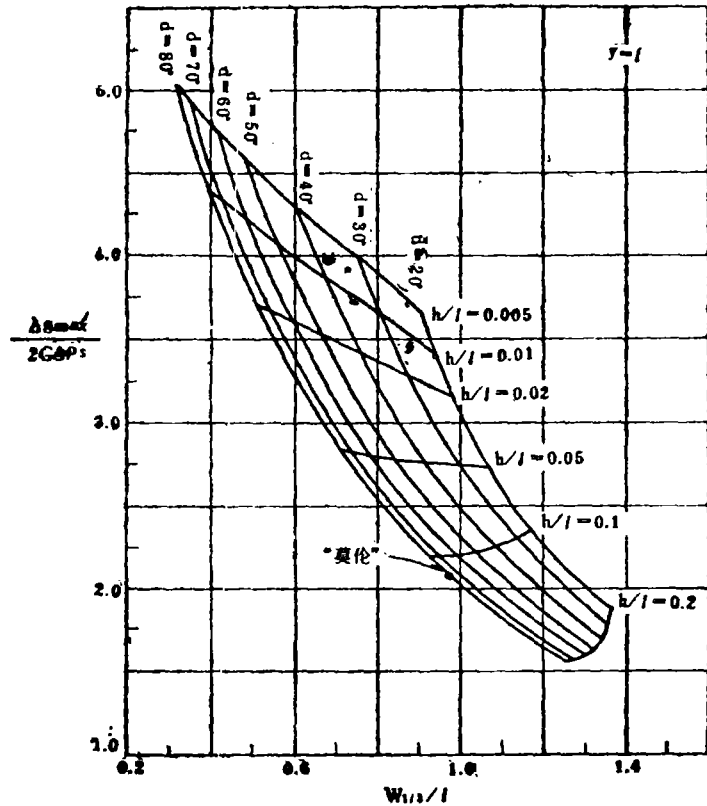


图7 配合图6的辅助曲线

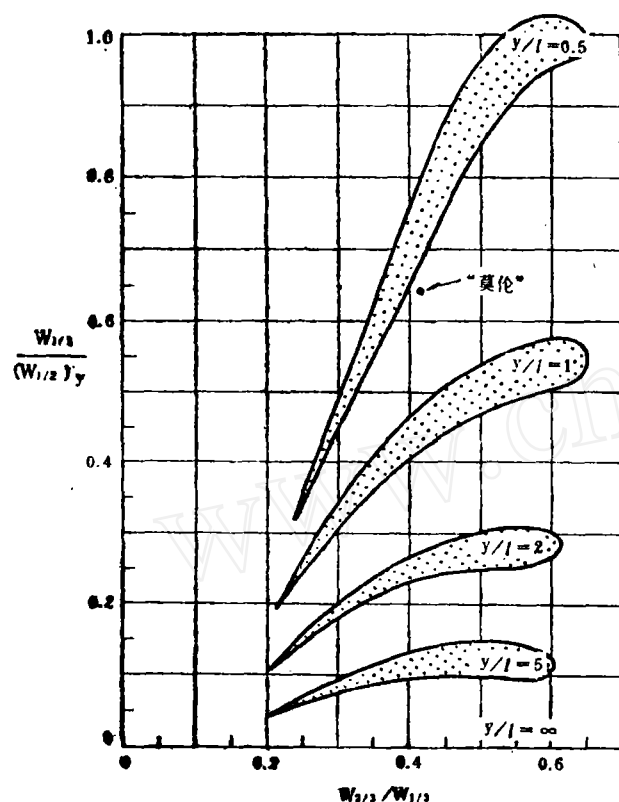


图8 计算薄板模型 y/l 值的曲线

式中计算出理论剖面后,就得到如图9所示的与观测结果几乎完全吻合的曲线。然而,在所举的这个例子中,已经投入了大量的勘探钻孔,得到如图10所示的结果。现已查明,该异常是由黄铁矿及少量的黄铜矿和其

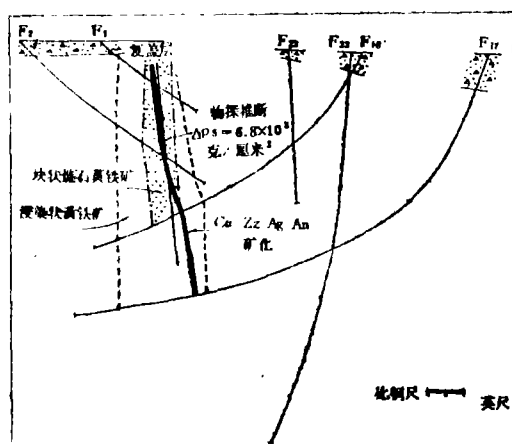


图10 其他矿化矿体的中心剖面

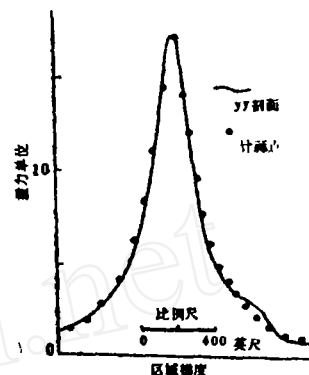


图9 垂直于莫伦矿体的实测和理论的 Δg 剖面

他矿物所组成的致密的矿床所引起。

钻孔在100英尺多一点的深度上打到硫化矿体,根据 $\Delta \rho_s$ 求得的矿化矿体的平均密度差很接近于岩心标本测定的数值。我们可以看到已被钻探所证实了的地球物理推断解释的其他结果。矿体的倾角、延深和复盖层厚度看来都得到了正确地推断。地质体的剩余质量 $2\Delta \rho_s Y$ 的计算结果为 2.45×10^6 吨,该数值与我们原先根据高斯定理计算得到的数值(可能是更精确的)比较一致。

于是,可以提出两点看法。第一,尽管该地质体的平均厚度大约为它埋深的二倍,可是,利用薄板模型仍可以得到与它重力效应吻合得很好的结果。这就表明,重力方法对于这种板状地质体的厚度是很不灵敏的,除非用钻探,否则没有其它办法可以解决这种多解性问题。第二,正如图8所示的那样,只有当薄板模型的走向长度比它的宽度大20倍以上时才能在计算中忽略走向两端的影响。这个事实的含义是很明显的:对于重力工作中使用的以二度模型为依据的推断解释方法,要有许多限制,并且要经常记住二度体解释方法的局限性。

摘译自:《Interpretation Theory in Applied Geophysics, 1965》

韦志洪 译 邵梦林 校

作者: F.S.格兰特、G.F.威斯特