

# 石油地球物理勘探用“逆概率”法求中間层密度

近年来，由于在地球物理資料解释的实践中需要发现弱异常，而使“逆概率”方法，或称之为检查假設或然率的方法得到了发展。

用这种方法也能确定中間层密度，实际上，在計算重力异常中，做布格校正引用的某一种中間层密度与真实密度有差別时，所求得的异常将包含有假异常，这是中間层密度估計不准所引起的。我們考慮将重复地形形状的异常当作有用的訊号。則求中間层視密度的任务就归結于引用这样的密度作布格校正計算重力异常，以使在最終結果中不存在有用訊号。

因为在利用“逆概率”法时所加給原始資料的条件和限制，仅是要求訊号存在或不存在的事后概率由貝叶斯公式来决定：

$$\begin{aligned} p(m/f) &= \frac{p(m)p(f/m)}{p(m)p(f/m) + p(0)p(f/0)} \\ &= \frac{P(m)\lambda}{P(0) + P(m)\lambda} \end{aligned} \quad (1)$$

其中  $P(f/m)$ —在函数  $f$  中有用訊号  $m$  存在的事后概率；  $p(m)$ —訊号存在的事先概率；  $P(0)$ —訊号不存在的事先概率；  $P(f/m)$ —或然函数或者当在  $f$  函数中有用訊号  $m$  存在时觀測的条件概率；  $P(f/0)$ —或然函数或者当在  $f$  函数中有用訊号  $m$  不存在时觀測的条件概率；  $\lambda$ —或然系数：

$$\lambda = \frac{P(f/m)}{P(f/0)}$$

因为計算前訊号存在或不存在的概率是未知的，因而認為他們相等比較合理，令其  $p(m) = P(0) = 0.5$ 。这时 (1) 式簡化成：

$$p(m/f) = \frac{\lambda}{1 + \lambda} \quad (2)$$

且最后可得，

$$\lambda = \exp \left\{ -\frac{1}{2\delta^2} \sum_{i=1}^n a^2(x_i) \right\} \exp \left\{ \frac{1}{\delta^2} \sum_{i=1}^n f_i a(x_i) \right\} \quad (3)$$

其中  $f_i$ —地球物理場觀測值；  $a(x_i)$ —取异常点的座标；  $\delta^2$ —干扰的离散度；  $n$ —取异常的点数。

公式 (3) 是計算在函数  $f$  中訊号存在的事后概率的基本公式。

因为使用“逆概率”法要求：干扰是正态分布的，是均匀的，非相关的，且有零平均，所以  $\Delta g$  原始曲綫要經過微分，并将其整理到零平均。

# 石油地球物理勘探

用此法求中間层密度  $\sigma$  由于訊号位置及形状已知（根据地形校正資料）而簡化，因而就归結于求这样的中間层密度，以使做了布格校正的重力异常与地形形状的相关性的条件概率小于某一边界值。

利用（3）式采用手算是非常繁重的。因此已拟定使用 БЭСМ—2 型电子計算机的方案。

原始資料就是  $\Delta g_h$  重力觀測值和地形校正  $h$  的資料。

按計算程序預先編制訊号，将其整理到零平均，再将結果付諸印刷。而后計算經過用初始中間层密度（1.60克 / 厘米<sup>3</sup>）做了布格校正的重力值。經過上述的一系列整理后，确定函数的离散度，并将所得資料和有用訊号規格化。后者是需要的，因为重力場和地形校正結果經過整理后，得出不同比例尺的数值。将他們規格化就是为了可取得同一級的数据。

計算或然系数及在  $f$  函数中訊号  $m$  存在的事后概率就完成了計算的第一个阶段。所得出的  $P(m/f)$  和  $\sigma$  值要放入相应的单元里去。

将所得的事后概率  $P(m/f)$  与某一边界值比較就說明是否要繼續計算中間层密度。数字計算的方法是：如果  $P(m/f)$  大于边界值，则对前一个  $\sigma$  值增加0.10克/厘米<sup>3</sup>，再重复計算。

当所取的  $\sigma$  正好使  $P(m/f)$  小于边界值，则将  $\sigma$  值进行印刷，而后从此  $\sigma$  值減去0.10克/厘米<sup>3</sup>，并繼續用类似方法計算，但每次密度变化为0.02克/厘米<sup>3</sup>。

在得出低于边界值的  $P(m/f)$  之后，重新将  $\sigma$  和  $P(m/f)$  付諸印刷，而后自动地計算剖面上应求  $\sigma$  值的下一地段。

由此可見，中間层密度值很大程度上依賴于  $P(m/f)$  边界值的选择。有些工作者取边界值为0.68，即認為如  $P(m/f) \geq 0.68$ ，則訊号存在，如  $P(m/f) < 0.68$ ，則訊号不存在。

我們做过許多計算說明，甚至取边界值等于0.5，所得到的中間层密度也显著的低。这很明显，因为我們无论如何不知道有用訊号在給定函数中存在与否，所以一般用逆概率法时边界值选为0.50。可以認為， $p(m/f)$  边界值愈高，则划分的訊号就愈可靠。

在一般情况下訊号位置是已知的，任务归結于要高度确信中間层密度选择的正确，以及布格校正的重力曲綫与地形曲綫不存在相关性。但是实际上不可能正确的指出这种界限，以及断定訊号出現概率小于这个边界值而可忽略。小概率是否可以忽略，决定各种不同情况，首先是具体条件。因此在选择边界值时采用經驗的方法。我們以降低边界值时中間层密度变化不大作为选择的标准。

在其中一个工作地段曾做过計算，边界值相繼地定为0.5；0.05；0.02；0.01。下表是被利用的一部分結果。

我們認為选择  $P(m/f)=0.01$  作为边界值完全正确，因此用这个值做下一步工作。

下图是求中間层密度的一段剖面，引来做为例子。图中将地形  $h$  曲綫进行微分并整理到零平均做为訊号的形状。

# 石油地球物理勘探

表

$P$ (m/f)	中間层密度 $\sigma$ 克/厘米 <sup>3</sup>					
	1	2	3	4	5	6
0.5	2.04	2.10	1.92	1.98	1.88	1.84
0.05	2.10	2.16	2.00	2.04	1.98	2.10
0.02	2.10	2.18	2.04	2.06	2.00	2.16
0.01	2.12	2.20	2.06	2.06	2.02	2.18

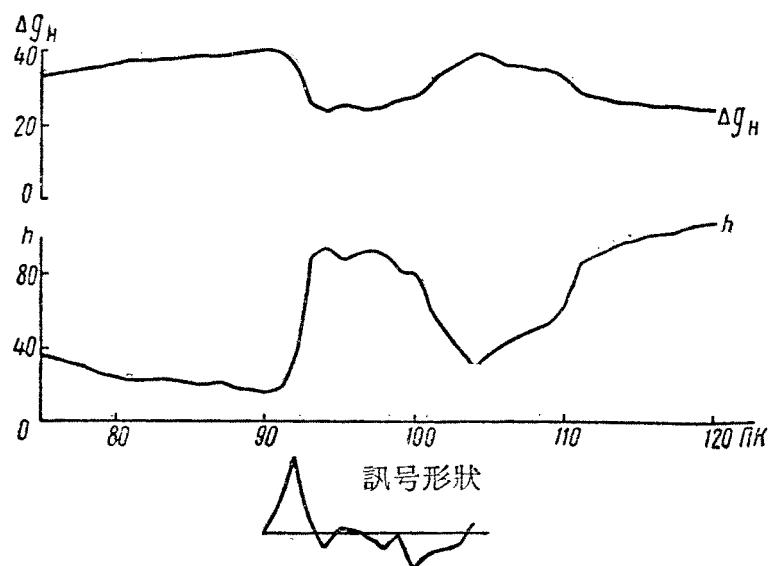


图 用逆概率法求中間层密度的一例

計算結果，此地段  $\sigma$  等于2.18克/厘米<sup>3</sup>。这里根据三个点上重力值确定的中間层密度等于2.22克/厘米<sup>3</sup>。

在同一剖面上的浅鑽井（达140米）中做过重力测井。用“逆概率”法得到的近地表的岩石密度值为2.14克/厘米<sup>3</sup>。用重力测井测得为2.16克/厘米<sup>3</sup>。

整理觀測成果时必須对相应的 $\Delta g_H$ 值引入地形影响校正。否則，最終成果将产生畸变。在一段剖面上用“逆概率”法得  $\sigma$  等于2.12克/厘米<sup>3</sup>，而通过作地形校正得  $\sigma$  等于2.04克/厘米<sup>3</sup>。在另一段所得相应結果为2.26和2.14克/厘米<sup>3</sup>，亦即当地形校正值为0.5—0.9毫伽，由地形影响計算不准发生的計算誤差可达5—6%。

上述的用“逆概率”法計算中間层密度說明，求密度的精度常常可达1—2%，亦即在很大程度上滿足了高精度重力測量的要求。

譯自苏修《勘探地球物理》，12期，1967年。