

直接解释地表地质构造的重力异常剖面的近似方法

前言

关于求解引起重力异常的地质体形状的问题,在一般情况下还没有直接的解法。对这种问题,为了求得严格的解必须求助于尝试法(迭代法)。对于二度地质体,博特(1960)、福尔尼埃和克鲁皮卡(1973)等人曾较详细地讨论过这一问题。对某些理想化的物体,斯基尔斯(1963)还提出了估计最大深度的方法。

对于异常地质体的一般形状和密度差作某种简化的假定后,可以设想出某些近似的直接推断解释方法。我们现在来研究充填有密度较小的沉积物的沉积槽地。可以这样来构制一种合理的模型,使地质体具有的形状是倒过来的高斯分布曲线的形态。我们称这种模型为“钟形”地质体。

图1表示这种地质体的一般形状,它所产生的重力异常曲线也示于图上。异常是利用塔尔沃尼的计算方法(1959)求得的。地质体的形状可用数学公式表示如下:

$$Z = C_1 e^{-\frac{1}{2}(C_2 X)^2} \quad (1)$$

式中: Z = 深度变量,

X = 宽度变量,

C_1 = 最大深度,

C_2 = 宽度比例因数。

地质体的宽度定为它深度一半处量得的宽度的二倍(如图1所示)。同样,异常的半宽度是在异常幅度一半的点上量得的异常宽度。

重力异常参数与地质体参数之间的关系

对所设想的地质体采用一套深度和宽度数值,计算了相应的重力异常幅度和宽度值。利用这些资料可以导出这些不同参数之间的经验关系式,并用来帮助我们制定推断解释方法。

由此得出的地质体宽度和深度的比值(R_b)与重力异常宽度和归一化幅度(A_n)的比值(R_a)之间的关系示于图2。归一化幅度 A_n 等于异常幅度(毫伽)除以密度差(克/厘米³)。由图2可看出 R_b 与 R_a 近于线性关系。利用回归分析, R_b 可以近似地表示成下面的

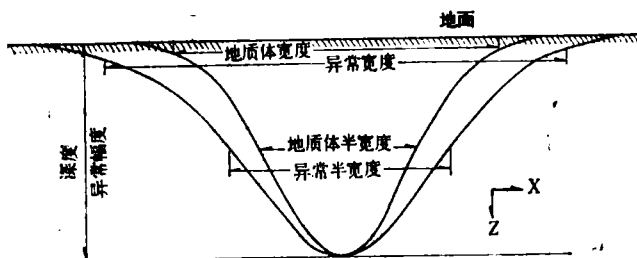


图1 简化的地质构造及其重力异常

线性关系式:

$$R_b = 41.2 R_a - 4.6 \quad (2)$$

标绘的点和拟合的直线表明,与其用关系式带来的误差,倒不如直接用所绘的数据。如果地质体的宽度与深度的比值小于1的情况除外,那末,这种拟合是很不错的。

在不同的地质体宽度(W_b)的情况下,绘出重力异常宽度(W_a ,单位为公里)与“归一化”异常幅度(A_n)的关系,得到下面的线性关系:

$$W_b = W_a - 0.66 A_n \quad (3)$$

此关系构成图 3 所示的一组平行线。

现在我们来研究图 1 中理想化的异常地质体和它所引起的重力异常。如果对地质

体上的每个点来确定其相应的重力值，我们可以绘出地质体深度与重力异常值的关系。对地质体的深度和异常幅度的比例尺作重新

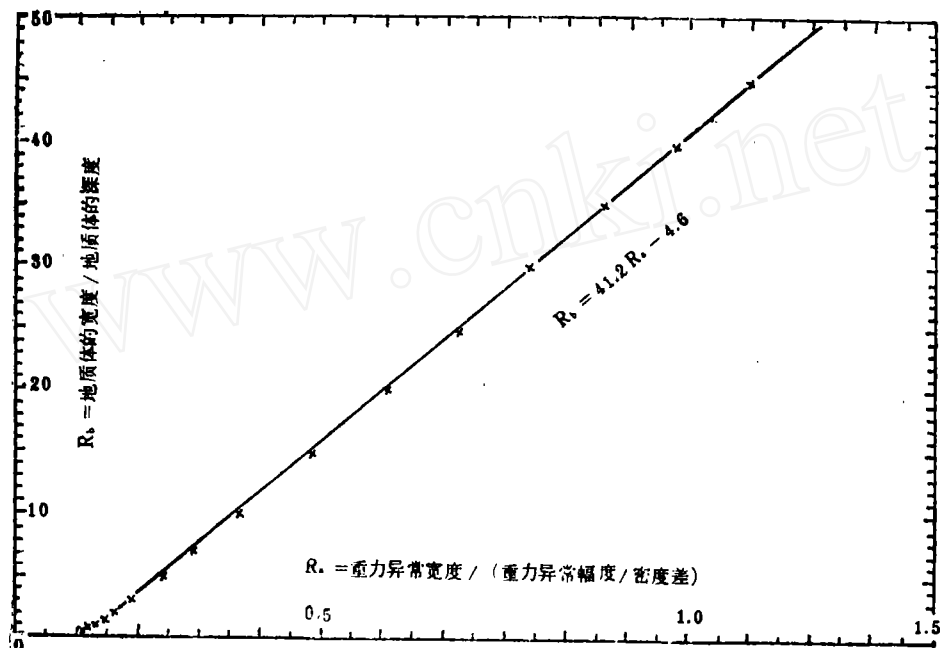


图2 “钟形”地质体的 R_0 与 R_1 的关系

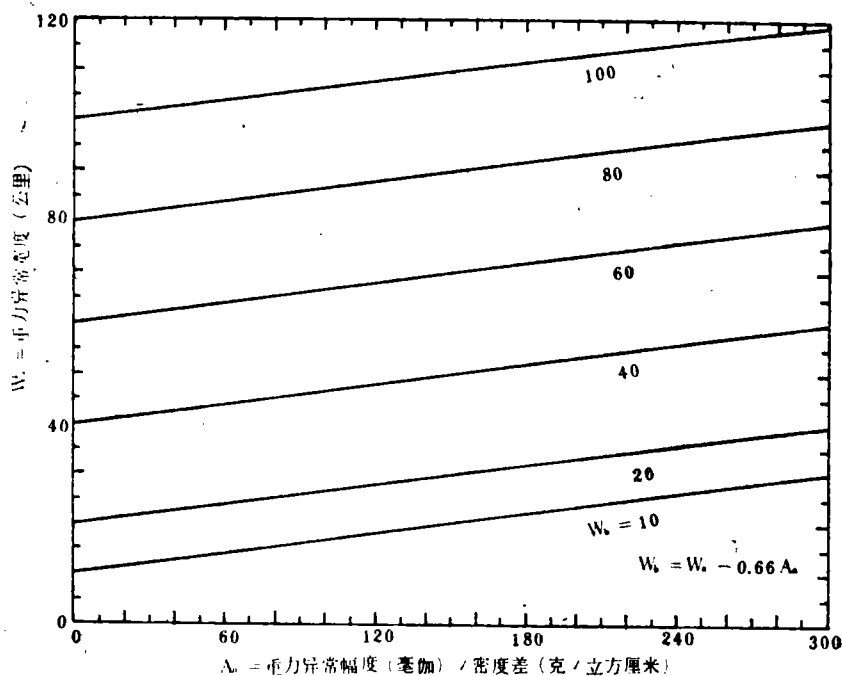


图3 “钟形地质体”的 W_0 与 A_0 的关系曲线

的规定,可以构制一种关系,在这种关系中纵横座标的变动范围都是从0到1。对一组物体参数和与此对应所产生的重力异常都这样进行处理,发现这样的一些关系对于宽度和深度之比相同的物体都是相同的。因此,利用归一化的座标,可以构制一套地质体宽度和深度之比 R_b 为各种值的曲线。图4就是这样的一套曲线, R_b 值的变化范围是从0.5到50。对角直线与用平板公式计算的结果相对应。

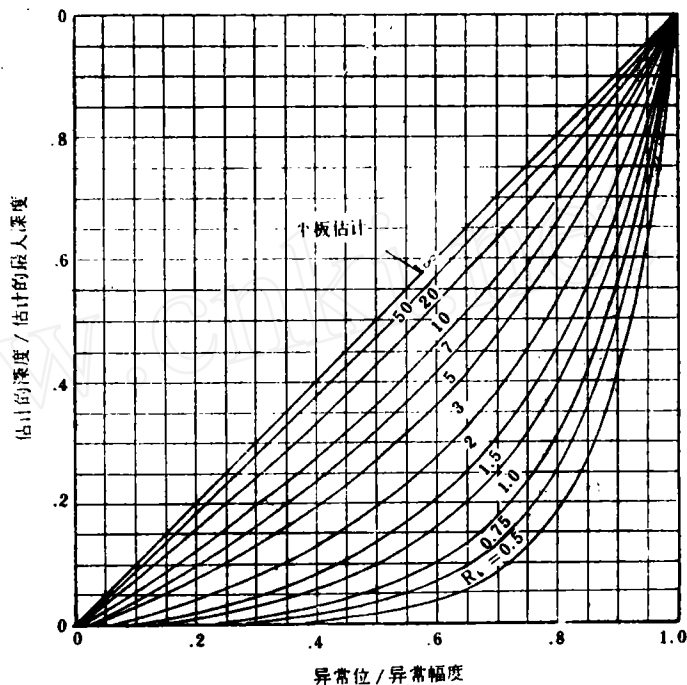


图4 在 R_b 不同的情况下地质体深度与异常值的关系

所推荐的计算方法的概要

图2、3、4提出一种根据重力异常利用手算的方式解释地表地质体的方法。根据以下的规定来使用这种方法:

1. 经过区域改正和地形改正后,从通过重力异常中心(与其走向垂直)的剖面上确定布格重力异常的幅度 A (以毫伽为单位)。

2. 在异常半幅度的点上,量得异常的半宽度,并计算出异常宽度 W_a (以公里为单位)。

3. 利用测得的或计算得的地质体的密度差 $\Delta\rho$ (以克/厘米³为单位),计算出“归一化”异常幅度 $A_n = A/\Delta\rho$ 和异常宽度与幅度比值 $R_b = W_a/A_n$ 。

4. 借助图2,确定地质体宽度与深度比值: $R_b = W_b/D$ 。另一种方法是按下面的直线回归方程来计算此比值:

$$R_b = 41.2R_a - 4.6 \quad (2)$$

$$W_b = W_a - 0.006A_n \quad (3)$$

计算地质体的宽度 W_b (以公里为单位)。

6. 已知 W_b 与 R_b 以后, 计算地质体最大

深度 D (以公里计):

$$D = W_b/R_b。$$

7. 对确定的 R_b (地质体宽度与深度比), 在图4中找出地质体深度与异常幅度的关系。

8. 将已求得的地质体最大深度和异常幅度值, 分别取作图4中的最大纵、横座标。计算并挑出相对应的异常值和地质体深度。

9. 利用图4的曲线进行内插, 并沿重力异常剖面选出横座标上标出的数值, 标绘出所估计的与之对应的地质体的深度。

用假定的模型对方法进行检验

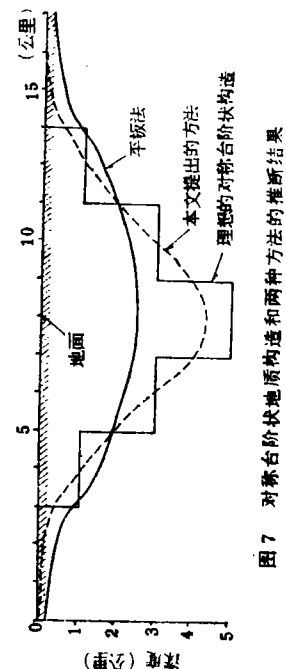
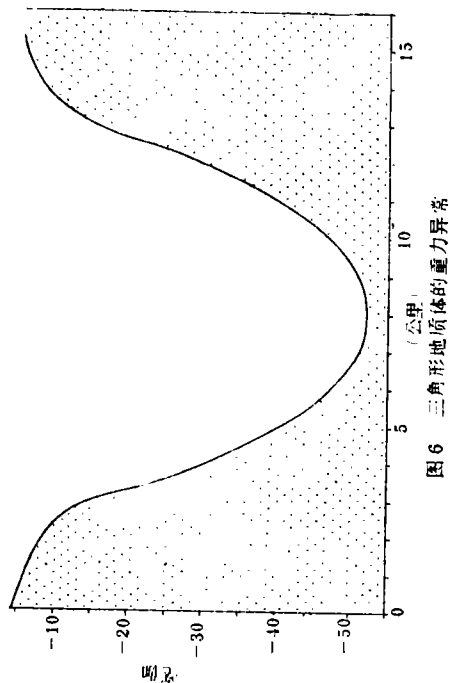
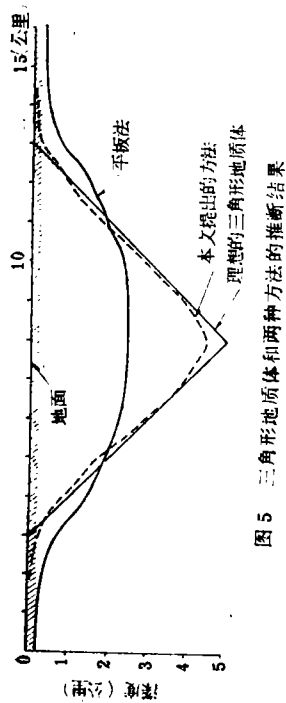
为了检验所提出的方法的有效性和估计地质体形状为所假设的“钟状体”之间的差别所带来的误差, 采用了三种理想的物体对方法进行检验。图5到图10表示三种物体(其中有两个是对称的, 一个是不对称的)和它们所计算的重力异常剖面。在这些图上还表示有用平板公式估计的深度和用本文介绍的方

法确定的深度。表 1 列出计算中所用的地质体的参数和相应的重力异常参数。在用对称模型(三角形的和台阶形的)检验的情况下,可以看出用本文所介绍的方法圈出异常

体的形状比用平板公式圈定的要好得多。对于不对称模型效果也很好,不过比对称模型的情况稍逊一筹。但是不论那种方法,均不能推断出该物体最深处的狭窄部分。

假想的例子和野外实际例子中所用的参数 表 1

	三角形物体	对称台阶	不对称台阶	内华达河谷	洛杉矶盆地
重力异常					
W_s = 宽度	1.72公里	18.3	18.0	10.4	43.9
Λ = 幅度	-52.5毫伽	-52.5	-40.5	-19.0	-45.0
$\Delta\rho$	-0.5克/厘米 ³	-0.5	-0.5	-0.5	-0.2
$\Lambda_s = \Lambda/\Delta\rho$	105	105	81	38	225
$R_s = W_s/\Lambda_s$	0.164	0.174	0.222	0.273	0.195
被估计的地质体					
W_b = 宽度	10.3公里	11.4	12.7	7.6	29.0
D = 深度	4.8公里	4.5	2.8	1.4	3.42
$R_b = W_b/D$	2.15	2.55	4.52	5.36	8.5



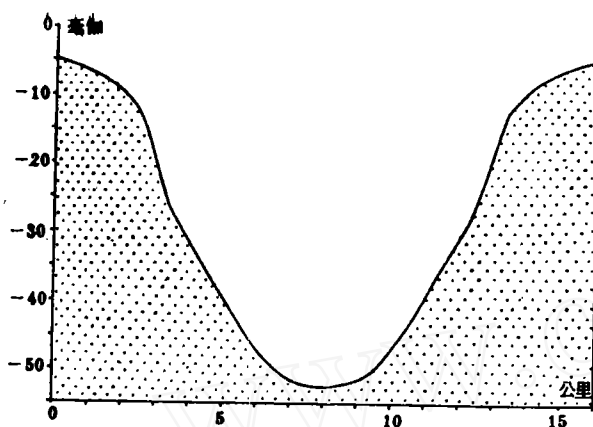


图8 对称台阶状地质构造的重力异常

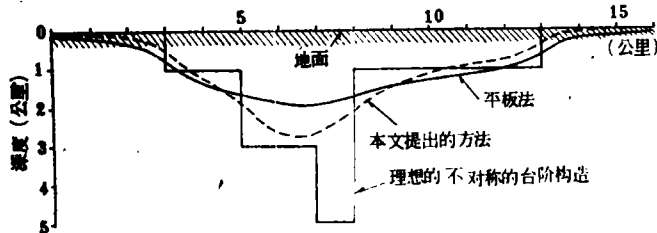


图9 不对称台阶状地质构造和两种方法推断结果

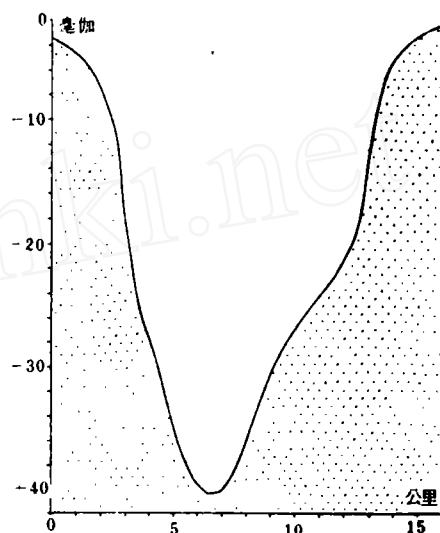


图10 不对称台阶状地质构造的重力异常

野外实例

为了进一步检验这一方法,找了两个野外实测重力异常的例子。第一个是在美国内华达州涅瓦克河谷测的重力剖面(图11),用本文描述的方法进行解释。异常的幅度为19毫伽,用半宽度法估计的异常宽度为10.4公里。令密度差为0.5克/厘米³,从图2求得地质体宽度与深度的比值为5.36;再从图3求得地质体的宽度为7.6公里。图12表示用三种不同方法确定的重力值与深度的关系。根据平板公式采用一般的手工计算方法得到的重力值与深度关系是一条直线。众所周知,这在重力异常相当窄的情况下,高估了地质体上部的深度,而低估了其下部的深度。用迭代法(博特1960,或福尔尼埃与克鲁皮卡1973)经过30次迭代所得的结果用圈点示于图12。由于输入异常不对称,致使结果出现一些离散的现象。图12中的曲线是从图4内插得的

参数曲线,它是根据图11的重力异常所估计的重力值-深度关系重绘的。

在图13中表示出应用图12中的关系所得的结果。正如所料,利用平板公式估计的曲线,在构造两翼所给出的深度过大,在中心部分的深度则过小,图12中所表示的经过30次迭代后得的结果很不规则,可能在地质上不完全有意义,但是都得到了满意的收敛,也就是说,此不规则的地质体的重力计算结果与观测的重力结果吻合比较好。用虚线描出的地质构造轮廓是用图12中参数曲线作出的,居于平板法和迭代法之间,结果是令人满意的。因为此方法使用简便,虽多少比平板公式稍费点劲,但还是值得的。

第二个例子示于图14、15、16。图14所表示的是穿过洛杉矶盆地异常中心和多明格齐油田的一条北东-南西的重力剖面(区域异常已去掉)。重力异常的幅度为45毫伽,异常宽度为43.9公里。采用的沉积断面与基岩的密度差为-0.2克/厘米³,求得的地质体的

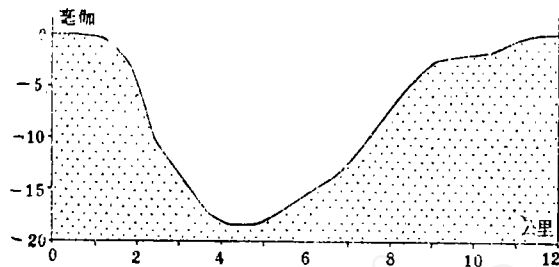


图 11 内华达州湿瓦克河谷的重力剖面

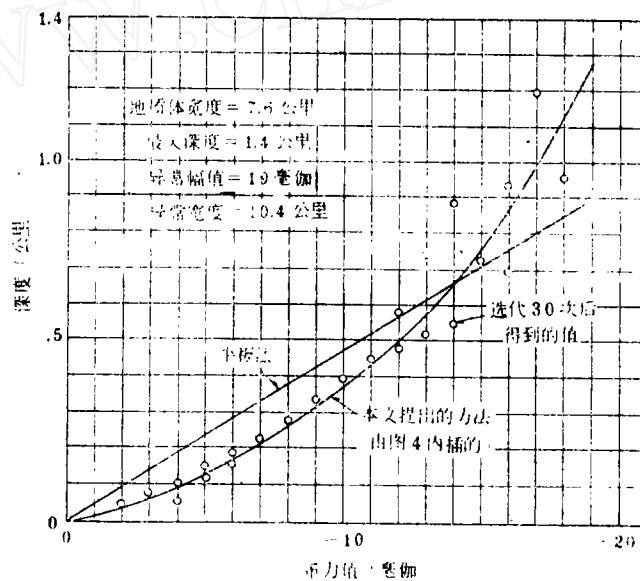


图 12 例 1 中剖面上重力值与用三种方法所估计的深度之间的关系

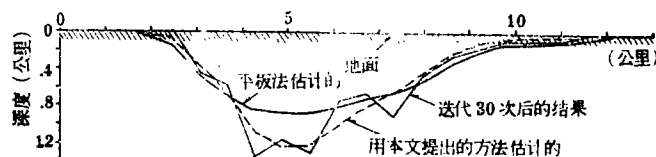


图 13 用三种方法估计的湿瓦克河谷重力剖面的估计深度

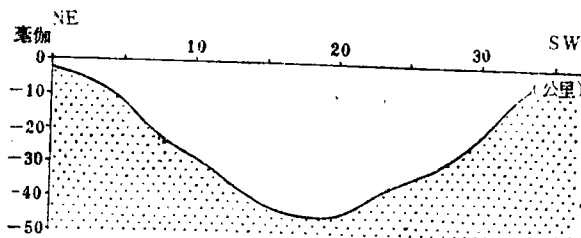


图 14 穿过部分洛杉矶盆地的重力剖面

深度为8.5公里,地质体宽度与深度比值为3.42。图15中的曲线和图16中的虚线是根据图4内插得出的。与前一实例类似,图15中的直线和图16中“用平板法估计的”曲线给出了平板的结果。而且在图15、16中还分别用圆点和不规则线表示出迭代法的结果,给出了更精确的解释。

值得注意的是,在异常相当宽的情况下,采用经常使用的平板公式计算,所得的结果误差很大,而在这种情况下,这里所描述的新方法使结果得到改善。

结 论

本文提出了一种简单而相当有效的、根据实测重力异常估计地表地质体外形的方法。虽然所设想的地质体是经过理想化了的,但应用于三个假想的例子和两个实际例子的结果证明,即使地质体的形状与所假定的形状差别较大,本方法与严格的迭代法相比,所得到的解释还是很满意的。

但必须指出,此方法具有很明显的缺点。需要假定地质体出露地表,而且异常是由处于地下一单一的密度分界面引起的。而且异常体本身的密度必须是均匀的。在某些情况下,这种假定显得过于粗略。对于地质体的形状或密度分布更复杂的情况,手工计算的方法是不实用的。对于这样的情况,为了得到满意的解,必须依靠计算机计算的方法来解决。

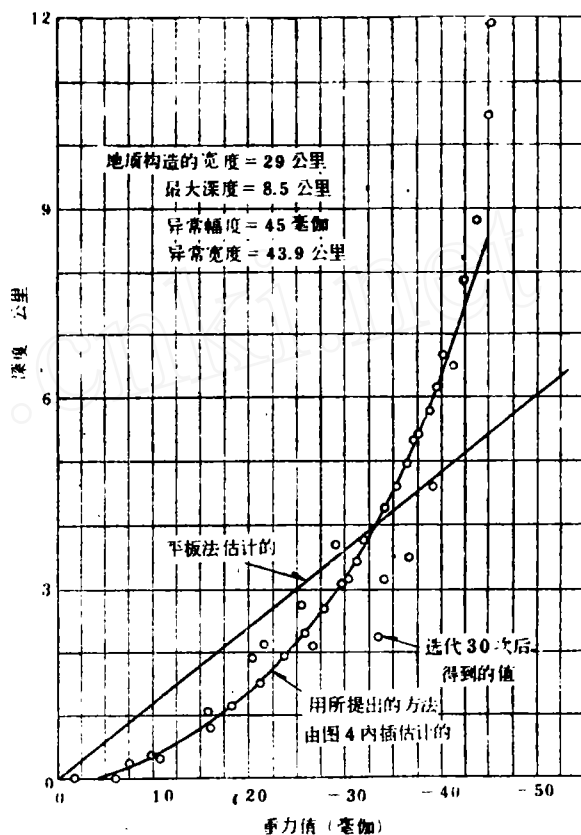


图15 例2的重力剖面值与用三种方法估计的深度之间的关系

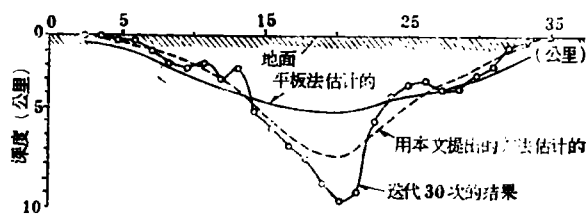


图16 用三种方法估计落杉矶盆地的深度

译自:《Geophysical Prospecting》, 1975.

Vol.23, No.1, p.80~92

作者: K.P.福尔尼埃, S.F.克鲁皮卡

华佳译, 邵梦林校